

DICTIONNAIRE
DES
ARTS ET MANUFACTURES
DE L'AGRICULTURE, DES MINES, ETC.

TOME PREMIER

Paris. — Imprimerie de GUSTAVE GRATIOT, rue Mazarine, 30.

ENCYCLOPÉDIE TECHNOLOGIQUE



DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES

DE L'AGRICULTURE, DES MINES, ETC.

DESCRIPTION DES PROCÉDÉS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR MESSIEURS

ALCAN, Ingénieur, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.
BARRAL, Répétiteur à l'École Polytechnique. — BARRAULT, Ingénieur civil. — BRÉQUET, du Bureau des Longitudes.
V. BOIS, Ingénieur. — BRUN, ancien Imprimeur. — D'ARCET, de l'Institut (Académie des Sciences).
P. DESORMEAUX, auteur de plusieurs ouvrages de Technologie. — DEBETTE, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur des Mines.
DÉGLIN, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées. — DUBIED, ancien Élève de l'École centrale, Ingénieur-Constructeur.
EBELMEN, Professeur à l'École des Mines, Directeur de la Manufacture de Sévres.
FAURE, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures.
GIBON, ancien Élève de l'École centrale, Directeur d'usines métallurgiques. — GROUVELLE, Ingénieur civil.
HANNIOT, Directeur de Papeterie. — JOHARD, Directeur du Musée de l'Industrie belge.
KNAB, Ingénieur. — M. LABOULAYE, ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Officier d'Artillerie, Fondeur en caractères.
H. MAGNE, Professeur à l'École d'Alfort. — MALLET, Chimiste. — MANGON, Ingénieur des Ponts-et-Chaussées.
ROUGET DE LISLE, Ingénieur-Manufacturier. — SALLANDROUZE, Membre du Conseil des Manufactures.
P. TOURNEUX, Chef du Bureau des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics.
VINCENDON-DUMOULIN, Ingénieur Hydrographe de la Marine,
et un grand nombre d'Ingénieurs et de Fabricants.

PUBLIÉ PAR M. C. LABOULAYE

Deuxième Édition

A-F

PARIS

Bureau de la Publication

LIBRAIRIE DE L. COMON

QUAI MALAQUAIS, 45

PRÉFACE

Bacon, cet homme qui a entrevu tant de vérités, dit dans son *Novum Organum Scientiarum* : « Il est trois genres comme trois degrés d'ambition. La « première est celle des hommes qui veulent jouir d'une supériorité exclusive : c'est la plus vulgaire et la plus lâche. La seconde est l'ambition des « hommes qui veulent rendre leur patrie dominante au milieu de l'espèce « humaine : elle est sans doute plus élevée, mais elle n'est pas moins injuste. « Enfin celle qui s'efforce d'agrandir la domination de l'homme sur la nature (si c'est là de l'ambition) est la plus saine et la plus auguste de toutes. « Or, l'empire de l'homme sur les choses a pour base unique les sciences et « les arts ; car ce n'est qu'en étudiant les lois de la nature que l'on peut parvenir à s'en rendre maître. »

C'est aux personnes animées de cette dernière ambition, à tous ceux qui ont compris la grandeur du travail industriel, gloire et honneur de notre époque, que le **DICIONNAIRE DES ARTS ET MANUFACTURES** est destiné. On peut dire qu'il est leur œuvre, car les paroles de Bacon indiquent l'esprit qui soutenait et les auteurs qui y travaillaient avec tant de dévouement et nos premiers souscripteurs qui sont venus à nous dès que notre publication a été annoncée. C'est grâce à leur concours empressé que l'on a pu faire tous les sacrifices nécessaires pour présenter un tableau satisfaisant des procédés des diverses industries.

Il est inutile d'expliquer à nos lecteurs combien il importait de remplir convenablement notre tâche ; il nous suffira de dire qu'une œuvre de la nature

PRÉFACE.

de celle-ci doit fournir le point de départ de tout nouveau progrès, indiquer à l'inventeur toutes les ressources dont l'industrie dispose, et en même temps faire apprécier la méthode, l'esprit de l'industrie moderne pour enfanter sans cesse de nouvelles améliorations.

Nous croyons pouvoir, au nom de tous les amis du véritable progrès, remercier nos collaborateurs de la part qu'ils ont prise à l'exécution de notre œuvre. Leur concours ne nous a pas fait défaut pour refondre cette seconde édition et combler les lacunes qui nous avaient échappé dans un premier travail. Nous avons été heureux de profiter, pour les reconnaître, du grand spectacle de l'Exposition universelle de Londres qui nous a mis sous les yeux les productions les plus parfaites des ateliers du monde entier.

Puisse cet ouvrage contribuer autant que nous le désirons à maintenir notre patrie dans les voies du travail, et l'aider à se placer en tête du progrès industriel où l'appellent les grands travaux de ses savants, le goût de ses artistes, la science de ses fabricants ! C'est dans cette voie seulement que se rencontrent aujourd'hui pour les nations la prospérité et la véritable grandeur.

CH. LABOULAYE.



INTRODUCTION.

L'importance du travail industriel, et par suite des connaissances qui permettent de le rendre le plus profitable qu'il est possible, est trop grande, trop vivement sentie de nos jours, surtout par les personnes qui ouvriront ce livre le plus souvent pour y chercher des renseignements sur quelque fabrication, pour que nous croyions utile de chercher à la faire apprécier. Disons seulement, comme le rendent évident tous les faits dont nous sommes les témoins, que c'est sur lui que repose toute la civilisation moderne, avec ses accroissements si rapides de richesses, sa diffusion de bien-être et d'indépendance à des populations chaque jour plus considérables.

Il y a bien des siècles qu'Aristote, comme s'il eût voulu, par prévision de l'avenir, justifier aux yeux des générations futures l'esclavage sans lequel les riches cités grecques ne pouvaient subsister, disait : *Que l'esclavage ne serait détruit que le jour où le fuseau et la navette marcheraient seuls*; et en effet, à cette époque, aucune partie de la société ne pouvait arriver à une existence libérale qu'autant que les autres classes dont elle était composée, réduites à l'état d'instruments de production, étaient contraintes à créer par un pénible travail une grande quantité de produits, et à n'en consommer qu'une faible partie.

La richesse et la civilisation, qui, au jugement d'Aristote, étaient intimement liées à l'esclavage, reposent aujourd'hui sur l'accumulation des instruments de travail, des machines notamment, qui opèrent une partie chaque jour plus grande du rude labeur imposé autrefois aux classes malheureuses. Admirable résultat qui ne peut se comprendre que si l'on remarque que ce n'est pas seulement à l'aide de sa force physique que l'homme agit sur la nature, que c'est surtout à l'aide de son intelligence; à l'aide des découvertes qui s'accumulent dans les diverses sciences, dans les méthodes perfectionnées que les générations successives se transmettent.

Ce sont ces connaissances qui constituent la *Technologie*, c'est-à-dire la science des procédés suivant lesquels l'homme emploie les forces et agit sur les matières premières fournies par la nature pour utiliser ces forces et obtenir de ces matières premières ce qui convient à la satisfaction de ses besoins et de ses désirs.

De cette définition il résulte clairement que la Technologie peut être considérée de deux points de vue distincts : soit quant au but qu'elle se propose, c'est-à-dire la satisfaction des besoins et des désirs de l'homme, excitation et condition du travail; soit quant aux moyens de production, aux connaissances qui permettent de diriger le travail de la manière la plus utile.

Le premier point de vue, qui, comme nous allons le voir, est celui auquel on s'est le plus souvent placé jusqu'ici lorsqu'on a considéré l'ensemble du travail industriel, en confondant le but de la science avec la science elle-même, peut être convenable pour une science fort importante aujourd'hui et dont les progrès ont accompagné ceux de l'industrie, l'économie politique ou au moins la partie la plus positive de cette science, l'économie

industrielle. Étudier le travail dans ses résultats par rapport à l'homme et à la société, analyser comment l'homme est excité à produire et récompensé de ses efforts, l'influence des machines, etc., tel est le principal objet de cette science considérée en général et dont les applications se rapportent à toute question de travail spécial pour en compléter l'étude technologique. Celle-ci, en effet, n'est pas complète dès qu'elle donne un moyen de produire un objet, partie évidemment capitale de la science, mais elle doit encore indiquer le procédé le plus avantageux à adopter entre tous les autres, ce qui rentre dans la partie économique d'une fabrication. Aussi reviendrons-nous sur ce point de vue à la fin de cet ouvrage comme en traitant des principales industries; il fournit le complément naturel de toute étude de moyens de production.

Le second point de vue est celui que nous venons déjà d'indiquer et sur lequel nous avons beaucoup à insister, car il est d'une extrême importance, il se rapporte à l'étude des méthodes à employer, à la direction du travail nécessaire pour créer un produit. Or, d'où peuvent provenir de semblables méthodes, sinon de la connaissance des objets sur lesquels s'exerce le travail, des lois qui permettent d'employer les forces naturelles, lois qui sont l'objet des sciences physiques; autrement dit, chaque étude particulière de Technologie nécessite la connaissance de certaines lois naturelles, offre l'application de certaines parties des sciences physiques.

En suivant cette idée, nous atteindrons un résultat fort important, principal but que nous nous soyons proposé dans cette Introduction, celui de la classification de la Technologie, c'est-à-dire de l'ordre et de la succession, des relations mutuelles des vérités qui constituent cette science, et qui isolées ne constituent qu'une réunion de matériaux, mais non un édifice.

Auparavant, voyons ce qui a été fait dans cette voie.

CLASSIFICATION DE LA TECHNOLOGIE.

L'immense quantité de faits et de théories que comprend le travail industriel a fait nier par beaucoup de personnes la possibilité de parvenir à les renfermer dans une classification satisfaisante. Les rédacteurs de l'ancien *Dictionnaire Technologique* en vingt-deux volumes ont paru reculer devant les difficultés d'un semblable travail, en ne tenant pas la promesse qu'ils avaient faite de terminer leur publication par une classification qui corrigéât les inconvénients qui résultent de l'ordre alphabétique; c'est ce but que dans la même position nous voulons atteindre.

CLASSIFICATION FAITE SUR LA BASE DES MATIÈRES PREMIÈRES.

Dans l'*Encyclopédie* de Diderot et de d'Alembert, les arts, métiers et manufactures sont classés comme une dépendance de l'histoire naturelle. (Voir dans cet ouvrage le *Tableau raisonné des connaissances humaines*.)

Leur énumération comprend :

1^o Travail et usage de l'or et de l'argent, d'où les états de *monnayeur, batteur d'or, de tireur d'or, d'orfèvre, etc.*, etc.

2^o Travail et usage des *pierres fines et précieuses*, d'où *lapidaire, diamantaire, joaillier*, etc.

3^o Travail et usage du fer, d'où *grosses forges, serrurerie, taillanderie, armurerie, arquebuserie*, etc.

4^o Travail et usage du verre, d'où *verrerie, glaces, miroitier, lunetier, vitrier*, etc.

.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur cette énumération des professions pour reconnaître que l'on y rapproche des procédés complètement différents, et qu'on en sépare d'autres qui ont la plus grande analogie. De quelle valeur est le rapprochement fait entre le travail du verrier qui produit le verre, le métier du vitrier qui garnit de vitres les croisées des appartements, et l'art de l'opticien qui taille les lentilles des lunettes astronomiques. La matière première employée dans ces professions est à peu près la même ; mais les professions sont tout à fait différentes. Cette classification peut donc servir à former un catalogue des produits, mais ne saurait offrir aucune autre utilité véritable.

CLASSIFICATION FAITE SUR LA BASE DES USAGES.

Cette méthode, qui est celle que M. Charles Dupin a développée dans ses cours du Conservatoire, réunit les divers arts et métiers selon les besoins de l'homme, le but et l'origine du travail industriel. Les arts se trouvent ainsi groupés de la manière la plus conforme au rôle qu'ils sont destinés à jouer à l'égard de l'individu et de la société. Dans ce système, on établit sept groupes qui embrassent :

- 1° La préparation des matières premières.
- 2° La nourriture de l'homme, en y comprenant ce qui a rapport aux médicaments intérieurs, ou arts alimentaires.
- 3° Les vêtements ou arts vestiaires.
- 4° Les changements dans l'extérieur du globe pour le rendre conforme à nos desseins.
- 5° Le mobilier, les ustensiles, les outils et les machines.
- 6° Les modifications dans la nature et l'apparence des objets, pour les approprier à différentes destinations.
- 7° Les instruments et les procédés employés dans la pratique des sciences et des beaux-arts.

Cette classification empirique est présentée comme la moins mauvaise qu'il soit possible d'établir, dans un remarquable article sur la technologie de M. Lalanne inséré dans l'*Encyclopédie nouvelle* de MM. Leroux et Reynaud. Comme la précédente pourtant, elle ne peut servir qu'à dresser un catalogue des professions, sans pouvoir être d'une grande utilité. Elle se rapporte au premier point de vue de la technologie dont nous avons déjà parlé, c'est ce qui lui donne une certaine valeur ; mais elle est bien inférieure à celle qui découle de la classification des procédés du travail. Ne se rapportant qu'aux besoins physiques de l'homme, elle laisse pour ainsi dire à l'écart l'action de son intelligence, et ne saurait contribuer au moindre progrès.

A quels besoins physiques de l'homme correspondent les plus belles découvertes des temps modernes, la machine à vapeur, la pile voltaïque, etc. ? Le besoin peut bien causer un désir, mais il ne donne pas les moyens de le satisfaire ; il ne peut au plus qu'exciter aux recherches. L'invention est essentiellement un produit de l'intelligence qui trouve chaque jour des ressources nouvelles dans les progrès des sciences qui ne dépendent en rien des besoins physiques de l'homme. Aussi bien souvent c'est l'invention qui crée le besoin lui-même en offrant moyen de le satisfaire. Cette classification est donc fautive et présente le grand inconvénient de paraître nier la plus noble tendance du travail industriel de devenir de plus en plus une œuvre d'intelligence, en obtenant de la combinaison des forces physiques, des machines, etc., la majeure partie du travail nécessaire pour convertir les matières premières en produits utiles.

Ces classifications, les premières qui se présentent à l'esprit, et qui ne peuvent servir qu'à embrasser l'ensemble des produits et procédés de l'industrie, sont comparables aux premières classifications faites en botanique, dans lesquelles on rangeait les plantes suivant les ressemblances de quelques-unes de leurs parties. Ces classifications n'étaient que d'une utilité secondaire pour l'étude de l'histoire naturelle, parce que des plantes réunies dans une même division pouvaient être cependant de nature fort différente, et

par suite la connaissance de la classe à laquelle elles appartenaient ne les faisait que fort peu connaître.

Mais quand de Jussieu classa les plantes en partant de la similitude de la graine, ou de celle du végétal à sa sortie de la graine, les divisions générales se trouvèrent alors renfermer des plantes dont la nature intime était de même ordre. La classification ne servit plus alors à dresser seulement un catalogue, elle devint un moyen d'étude, en permettant de connaître les propriétés générales d'un végétal, quand on a découvert la classe à laquelle il appartient.

CLASSIFICATION FAITE SUR LA BASE DES PROCÉDÉS INDUSTRIELS, CONSIDÉRÉS COMME APPLICATIONS DES SCIENCES.

Le caractère fondamental d'une classification est d'être utile comme moyen d'étude, et ce n'est certes pas celui des divers systèmes qui précèdent, qui ne donnent que des catalogues ne pouvant offrir qu'un intérêt de curiosité.

Ce caractère appartient bien clairement au système que nous avons déjà fait pressentir et qui consiste à considérer les procédés technologiques comme des applications des sciences physiques, à ne pas séparer la *connaissance* des lois de la nature qui constitue la science, de l'*utilisation* de ces lois qui constitue les méthodes technologiques. C'est ce qu'a parfaitement expliqué M. Ampère dans son travail sur la classification des sciences.

« On distingue, dit-il, ordinairement les arts des sciences. Cette distinction est fondée « sur ce que dans les sciences l'homme *connait* seulement, et que dans les arts il connaît « et exécute ; mais si le physicien connaît les propriétés de l'or, telles que sa fusibilité, sa « malléabilité, etc., il faut que l'orfèvre, de son côté, connaisse les moyens à employer pour « le fondre, le battre en feuilles, ou le tirer en fils, etc. ; et, dans les deux cas, il y a éga- « lement *connaissance*. Il n'y a donc réellement, quand il s'agit de classer toutes les vérités « accessibles à l'esprit humain, aucune distinction à faire entre les arts et les sciences : les « premières doivent, comme les secondes, entrer dans cette classification ; seulement les « arts n'y entrent que relativement à la connaissance des procédés et des moyens qu'ils « emploient, abstraction faite de la dextérité de l'artiste, et non de l'instruction plus ou « moins complète qu'il a acquise, suivant qu'il est plus ou moins *savant* dans son art.

« Sous le rapport de la connaissance, tout art, comme toute science, est un groupe de « vérités démontrées par la raison, reconnues par l'observation, que réunit un caractère « commun ; caractère qui consiste soit en ce que ces vérités se rapportent à des objets de « même nature, soit en ce que les objets qu'on y étudie y sont considérés sous le même « point de vue. »

Rien de plus précis et de plus vrai que ce passage de l'ouvrage de M. Ampère ; au reste, la liaison intime et l'influence réciproque des sciences sur les arts et des arts sur les sciences ne sauraient être douteuses pour personne ; trop d'exemples l'ont démontré. Rappelons un exemple souvent cité des utiles applications qu'y trouvent souvent les spéculations les plus abstraites.

Quand Platon et les géomètres de son école étudiaient les propriétés des courbes que l'on obtient en coupant un cône par un plan, on ne prévoyait pas que, deux mille ans plus tard, Képler découvrirait l'identité de l'ellipse, une de ces courbes, avec les orbites décrites par les planètes autour du soleil, ni que Newton en déduirait la loi de l'attraction universelle, et donnerait les preuves les plus certaines de la liaison qui existe entre l'expression de cette loi et les mouvements géométriques des astres. Or, la théorie de Newton, en permettant de soumettre au calcul longtemps avant l'époque où ils doivent se produire les phénomènes astronomiques les plus complexes, a fourni à la navigation et à la géographie les moyens d'observation les plus sûrs et les plus exacts. Tellement que Condorcet a pu dire avec raison : « Le matelot, qu'une savante observation de la longitude préserve « du naufrage, doit la vie à une théorie conçue deux mille ans auparavant par des hommes « de génie qui n'avaient en vue que des spéculations géométriques. »

C'est ainsi qu'un procédé technologique se trouve souvent résulter d'une application immédiate des théories scientifiques, que la science a fait prévoir le résultat de ce que l'art, éclairé par cette prévision, effectue. L'étude approfondie des relations intimes de la science et de l'industrie, en rendant sensibles les progrès qui résultent d'un échange réciproque et perpétuel entre les sciences et les arts, offre le grand avantage de détourner les esprits d'un industrialisme grossier et en quelque sorte matériel, de rappeler que ce qui doit être admiré dans le travail matériel, c'est l'intelligence qui dirige bien plus que la main qui obéit.

Pour que l'excellence de la classification que nous indiquons ici fût parfaitement sensible, il faudrait que les sciences et les arts formassent un tout complet, que la théorie existât toujours pour la pratique sous forme scientifique. Malheureusement il n'en est pas encore ainsi, toutes les méthodes applicables à la pratique et qui reposent sur les sciences ne sont pas formulées; mais c'est précisément l'œuvre la plus saillante de notre époque que de faire sortir des ateliers les méthodes reçues, pour les élever à l'état de théories qui souvent viennent augmenter le domaine des sciences; comme de faire dériver de celles-ci, et des découvertes nouvelles, des applications à l'industrie. Chaque jour l'esprit pratique des savants et la science des fabricants tendent à combler les lacunes qui subsistent encore. Depuis soixante ans, les travaux faits dans cette voie sont immenses. Le magnifique travail de Monge sur la *géométrie descriptive* est venu former la théorie générale du *dessin et des arts de construction*. La *chimie* et la *métallurgie* guident aujourd'hui le fabricant de si près, que la science pure et la théorie de la pratique se sont confondues, et que les ateliers ne sont plus que de grands laboratoires. La *mécanique industrielle* a remplacé la routine qui présidait aux constructions mécaniques; les dimensions de chaque pièce qui fait partie d'une machine ont pu être calculées et déterminées théoriquement; la *cinématique* guide les constructeurs dans la disposition des organes mécaniques auxquels doit être imprimé un mouvement voulu.

En réalité, on le voit donc, cette question de classification n'est autre que celle qui a été si souvent discutée de l'alliance des sciences et des arts, de la prédominance de la théorie sur la pratique, question que les progrès de l'industrie moderne ont si complètement résolue.

« On aurait mauvaise grâce, disaient en 1835 les fondateurs de l'École Centrale des arts et manufactures (école qui a produit nombre d'ingénieurs distingués qui ont amplement justifié la vérité de ces assertions), à nier l'heureuse influence des sciences sur les progrès de l'industrie, en face des événements qui se sont accomplis depuis quarante ans, et qui changeront peut-être les rapports commerciaux du monde entier. La soude artificielle, le blanchiment par le chlore et le sucre de betteraves, par d'éclatants exemples, montrent tout ce que renferme un résultat scientifique à qui sait le faire parler.

« Il y a soixante ans, l'industrie avait devancé les sciences; aujourd'hui, les sciences dominant et maîtrisent l'industrie. Les personnes qui se refusent à admettre ce point de vue sont dans l'erreur et se laissent préoccuper par les faits du passé, sans tenir assez compte des événements de l'époque actuelle.

« L'industrie est maintenant une application des sciences, et l'étude de celles-ci, faite au point de vue pratique, rend éminemment propre à devenir industriel. Voilà des faits qu'il est permis de regarder comme certains, et qu'au besoin l'existence de l'École Centrale et le succès de son enseignement mettraient hors de toute espèce de doute.

« S'il en est ainsi, si les connaissances industrielles reposent essentiellement sur des études scientifiques d'un ordre élevé, il devient, jusqu'à un certain temps, possible et même facile de pénétrer dans l'industrie sans passer par la routine des usines. Il suffit qu'on puisse acquérir ces connaissances évidemment indispensables de chimie, de physique ou de mécanique industrielles.

« Ainsi, les jeunes gens étrangers à l'industrie, ajoutaient-ils avec raison, peuvent maintenant aborder cette carrière avec une préparation salutaire, et non plus par la force des choses ou le hasard des événements. Une éducation spéciale et forte leur promet

« des succès dans cette direction ouverte à leur jeune ambition, et leur assure une situation immédiate bien plus favorable que celle qu'ils pourraient rencontrer dans toute autre position sociale analogue. »

Peut-être les savants fondateurs de l'École Centrale ne tiennent-ils pas assez compte dans ce qui précède des difficultés qui se rencontrent dans le passage de la théorie à la pratique; mais il est bien évident, quelque illusion que l'habitude puisse faire naître dans l'esprit de l'homme dont l'habileté est devenue en quelque sorte toute pratique, qui a appris peu à peu et par un long apprentissage ce que quelques explications bien raisonnées lui eussent fait comprendre en un instant, que l'étude d'une industrie est une opération intellectuelle. En laissant de côté l'habileté manuelle qui nécessite un certain apprentissage, les procédés industriels ne peuvent être compris, simplifiés, améliorés qu'à l'aide de la connaissance des lois naturelles qu'ils utilisent, qu'à l'aide d'une méthode qui permette d'analyser tout résultat nouveau, de tirer parti de tous les faits que l'expérience fait connaître.

Or, toute recherche qui a son point de départ dans l'observation, et qui s'élève de l'expérience à la théorie, ne peut être rendue fertile qu'à l'aide de moyens semblables à ceux employés dans les sciences depuis Bacon et Descartes, et qui leur a fait faire de si prodigieux progrès. C'est en réalité la même méthode qui peut seule servir à perfectionner l'industrie, de telle sorte que l'étude des sciences doit précéder celle de l'industrie, non-seulement à cause des matériaux qu'elles fournissent, mais encore parce qu'elles enseignent à analyser tous les phénomènes qui se rencontrent dans l'application.

C'est surtout dans le désir de répandre cet esprit, celui du véritable progrès, que cette Encyclopédie a été rédigée, et si nous nous sommes attachés avec le plus grand soin à y décrire toutes les opérations des ateliers, nous nous sommes efforcés avec un zèle aussi grand à indiquer les théories sur lesquelles elles sont fondées, les méthodes à suivre pour les perfectionner. C'est surtout comme renfermant cet esprit de la nouvelle industrie, si éloigné de la routine, bien qu'essentiellement expérimental, que cet ouvrage a reçu un accueil si favorable, qu'il a obtenu un succès inconnu jusqu'à ce jour pour un ouvrage de cette importance.

Nous rendrons tout à fait palpable la méthode scientifique en poursuivant le but que nous nous sommes proposé de formuler, la classification de la Technologie; ce qui se réduit, d'après ce que nous venons de dire, à formuler la classification des sciences dont les procédés industriels sont des applications. Cela nous permettra d'indiquer l'esprit des sciences dont la connaissance est si avantageuse pour la pratique de l'industrie, et montrera clairement comment les fabrications viennent se rattacher aux diverses sciences et y puiser les théories qui les éclairent et les fécondent. Certes, cet examen ne peut remplacer l'étude de ces sciences mêmes, qui seule peut faire bien saisir les méthodes qu'elles emploient, mais en en présentant l'esprit, et non les démonstrations; en écartant les digressions qui distraient l'esprit, on en apercevra mieux peut-être la philosophie.

DE LA MÉTHODE SCIENTIFIQUE.

...Qu'il est possible de parvenir à des connaissances qui soient fort utiles à la vie, et que, au lieu de cette philosophie spéculative qu'on enseigne dans les écoles, on en peut trouver une pratique, par laquelle, connaissant la force et les actions du feu, de l'eau, de l'air, des astres, des cieux, et de tous les autres corps qui nous environnent, aussi distinctement que nous connaissons les métiers de nos artisans, nous les pourrions employer en même façon à tous ouvrages auxquels ils sont propres, et ainsi nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature.

(DESCARTES. *Discours sur la méthode.*)

Nous ne pouvons aborder l'ensemble des connaissances qui constituent l'édifice scientifique sans entrer dans quelques détails sur la manière de les acquérir, sans traiter de la science des sciences, de la philosophie. Mais pour ne pas nous égarer à la suite de tant de brillants esprits qui, à force de vouloir tirer de leur cerveau les règles de toutes choses, ne sont souvent parvenus à en faire sortir que des chimères, nous dirons de suite que nous ne parlons ici que des connaissances qui peuvent être amenées à l'état de certitude, et dont la géométrie nous présente le type le plus parfait, et nullement de celles classées dans les sciences philosophiques.

Nous ne nions pas, qu'on le remarque bien, la grande importance de ces connaissances, nous disons seulement qu'elles ne sont pas du même ordre que les sciences proprement dites.

Lorsque, au lieu de travailler sur lui-même, et par suite avec la crainte de s'égarer à chaque instant, l'esprit de l'homme se tourne vers la connaissance de la nature, il a bientôt conscience de la manière dont il peut parvenir à la vérité, de la route qu'il doit prendre pour que ses efforts ne soient pas infructueux : cette route c'est la méthode.

Cette méthode va nous apparaître et se développer en passant en revue les principales sciences qui lui fournissent des sujets d'application et par suite de développement. Mais il est quelques règles fondamentales qui la résument et doivent ne jamais abandonner qui veut s'instruire ; ne pouvant songer à les formuler, dépourvus que nous sommes de l'autorité nécessaire en pareille matière, nous préférons renvoyer au grand philosophe français, à Descartes, qui dans son ouvrage, malheureusement inachevé, intitulé : *Règles pour la direction de l'esprit*, les a admirablement décrites.

Le *Discours sur la méthode* de Descartes, bien plus connu dans les écoles, a fait avec raison considérer ce grand philosophe comme le fondateur de l'école rationaliste moderne ; les *Règles*

pour la direction de l'esprit doivent, à aussi juste titre, le faire regarder également comme le fondateur de la philosophie positive qui a pris dans ces derniers temps assez d'importance, grâce aux travaux de son fondateur, M. Auguste Comte, et de son adepte, M. Littré.

Nous ne pouvons résister au désir de citer les passages les plus importants de cette œuvre si remarquable. Ce qui nous y paraît bien digne de remarque, c'est la sagesse avec laquelle Descartes a su se garder des tendances anti-spiritualistes du positivisme, qui a cru réaliser un progrès sur ce grand philosophe en niant la possibilité de formuler aucune loi intellectuelle ou morale, aucun principe du juste et du beau par la seule conscience.

Descartes, sans tomber dans cette erreur, a seulement soin de considérer la méthode qui dirige des sciences exactes comme applicable uniquement aux questions dont nous pouvons avoir une connaissance nette, positive, scientifique, et non aux sentiments qui sont du domaine de l'idéal, de la conscience.

EXTRAIT DE L'OUVRAGE DE DESCARTES INTITULÉ :
RÈGLES POUR LA DIRECTION DE L'ESPRIT.

RÈGLE II. — *Il faut nous occuper seulement des objets dont notre esprit paraît capable d'acquiescer une connaissance certaine et indubitable.*

Toute science est une connaissance certaine et évidente ; l'homme qui doute beaucoup n'est pas plus savant que celui qui n'a jamais pensé ; et même je le regarde comme moins savant s'il s'est formé de fausses idées sur certaines choses.

Il vaut donc mieux ne jamais étudier que de s'occuper d'objets tellement difficiles que, ne pouvant distinguer le vrai du faux, on soit obligé d'admettre pour certain ce qui est douteux, puisque dans cette étude on doit moins espérer d'augmenter son savoir que craindre de le diminuer. Nous rejetons donc, par cette règle, tou-

tes les connaissances qui ne sont que probables, et nous posons en principe qu'on ne doit se fier qu'à celles qui sont certaines, et dont on ne peut douter.

Les savants se persuadent peut-être que ces connaissances sont fort rares, et cela parce que, suivant un travers commun à l'esprit humain, ils les ont négligées comme trop faciles et à la portée de tout le monde. Cependant nous les avertissons qu'elles sont en bien plus grand nombre qu'ils ne le pensent, et qu'elles suffisent pour démontrer solidement une foule de propositions sur lesquelles ils n'ont pu jusqu'à présent émettre que des opinions probables; opinions que bientôt, pensant qu'il était indigne d'un savant d'avouer qu'il ignore quelque chose, ils se sont habitués à parer de fausses raisons, si bien qu'ils ont fini par se les persuader à eux-mêmes, et qu'ils les ont données pour vraies.

Mais si nous observons cette règle, il y aura bien peu de choses à l'étude desquelles nous ne puissions nous livrer; car à peine, dans les sciences, est-il une seule question qui n'ait souvent divisé les hommes d'esprit. Or, toutes les fois que deux hommes sont d'un avis contraire sur la même chose, à coup sûr l'un ou l'autre se trompe; bien plus, aucun d'eux ne me semble posséder la vérité; car si les raisons de l'un étaient certaines et évidentes, il pourrait les exposer à l'autre de telle manière qu'il finirait par le convaincre également.

.....
 Remarquons que l'on arrive à la connaissance des choses par deux voies : l'expérience et la déduction. Remarquons de plus que l'expérience est souvent trompeuse; la déduction, au contraire, ou, en d'autres termes, l'opération par laquelle on infère une chose d'une autre, il se peut qu'on l'omette si on ne l'aperçoit pas; mais l'intelligence la moins propre au raisonnement ne peut la mal faire. Les entraves au moyen desquelles les dialecticiens croient diriger la raison humaine me semblent ici d'une médiocre utilité, quoique je ne nie pas qu'elles ne soient très bonnes pour d'autres usages. En effet, toutes les erreurs dans lesquelles puissent tomber les hommes ne naissent jamais d'une mauvaise induction, mais de ce qu'on pose en principe certaines expériences peu comprises, ou de ce qu'on porte des jugements téméraires et sans fondement.

Ceci nous montre clairement pourquoi l'arithmétique et la géométrie sont beaucoup plus certaines que les autres sciences; c'est que leur objet, à elles seules, est si clair et si simple qu'elles n'ont besoin de rien supposer que l'expérience puisse faire révoquer en doute, et qu'elles ne consistent entièrement que dans des conséquences à déduire par la voie du raisonnement. Elles sont donc les plus faciles et les plus claires de

toutes les sciences, et leur objet est tel que nous le désirons, puisque, à moins d'inadvertance, il semble à peine possible à un homme de s'y égarer.

Concluons de ce qui précède, non pas, il est vrai, qu'il faut apprendre l'arithmétique et la géométrie seulement, mais que ceux qui cherchent le droit chemin de la vérité ne doivent s'occuper d'aucun objet dont ils ne puissent avoir une certitude égale à celle des démonstrations de l'arithmétique et de la géométrie.

RÈGLE III. — Revenant dans la règle troisième sur la méthode que l'esprit humain emploie pour découvrir la vérité, Descartes s'exprime ainsi :

Nous ne pouvons atteindre à la connaissance des choses, sans aucune crainte d'erreur, que par deux sortes d'actes de notre intelligence : L'intuition et la déduction.

J'entends par intuition, non la croyance au témoignage variable des sens, ou les jugements trompeurs de l'imagination, mauvaise régulatrice, mais la conception d'un esprit sain et attentif, si facile et si distincte qu'aucun doute ne reste sur ce que nous comprenons; ou bien, ce qui est la même chose, la conception ferme qui naît dans un esprit sain et attentif des seules lumières de la raison, et qui, plus simple, est conséquemment plus sûre que la déduction elle-même, qui cependant, comme nous l'avons remarqué plus haut, ne peut être mal faite par l'homme. Ainsi chacun peut voir par intuition : qu'il existe, qu'il pense, qu'un triangle se termine par trois lignes, qu'un globe n'a qu'une surface, et d'autres vérités semblables, qui sont plus nombreuses qu'on ne le croit communément parce qu'on dédaigne d'appliquer son esprit à des choses si faciles.

.....
 La déduction est une opération de l'esprit par laquelle nous comprenons toutes les choses qui sont la conséquence nécessaire de toutes les autres dont nous avons une connaissance assurée.

Il est, en effet, beaucoup de choses que l'on peut savoir sûrement, bien qu'elles ne soient pas évidentes par elles-mêmes, pourvu toutefois qu'on les déduise de principes avérés et connus, au moyen d'un mouvement continu et non interrompu de la pensée, avec une intuition claire de chaque chose. C'est ainsi que nous savons que le dernier anneau d'une longue chaîne est uni au premier, bien que nous ne puissions embrasser d'un seul coup d'œil tous les anneaux intermédiaires qui les unissent, et que nous nous rappelions que, depuis le premier jusqu'au dernier, chaque anneau tient à celui qui le précède et à celui qui le suit.

Nous distinguons donc l'intuition de la déduction certaine, parce que dans la déduction on conçoit un mouvement ou une certaine succes-

sion, au lieu que dans l'intuition il n'en est pas de même; et qu'en outre la déduction n'a pas besoin, comme l'intuition, d'une évidence présente, mais qu'elle emprunte plutôt, en quelque sorte, toute sa certitude à la mémoire. D'où il résulte qu'on peut dire que les propositions qui sont la conséquence immédiate d'un premier principe peuvent être connues, tantôt par l'intuition, tantôt par la déduction, suivant la manière de les considérer, tandis que les principes le sont seulement par l'intuition, et que les conséquences éloignées ne peuvent l'être que par la déduction.

Voilà les deux voies les plus sûres pour arriver à la science; l'esprit ne doit pas en admettre davantage; toutes les autres, au contraire, doivent être rejetées comme suspectes et sujettes à l'erreur.

RÈGLE IV. — *La méthode est nécessaire pour la recherche de la vérité.*

Les mortels sont possédés d'une curiosité si aveugle que souvent ils dirigent leur esprit dans des voies inconnues sans aucun motif d'espérance, mais seulement pour voir si par hasard ce qu'ils cherchent n'y serait pas; comme un homme qui serait dévoré par un désir si insensé de découvrir un trésor, qu'il parcourrait sans cesse tous les chemins, cherchant si quelque voyageur n'en aurait pas laissé un. Ainsi étudient presque tous les chimistes, la plupart des géomètres et beaucoup de philosophes. Je ne nie pas qu'au milieu de leurs erreurs ils n'aient parfois le bonheur de rencontrer quelque vérité; cependant je n'accorde pas qu'ils soient pour cela plus habiles; ils sont seulement plus heureux.

Il vaut beaucoup mieux ne jamais songer à chercher la vérité sur aucune chose que de le faire sans méthode; car il est très certain que des études sans ordre et des méditations obscures troublent les lumières naturelles et aveuglent l'esprit, et qui-quoque s'accoutume ainsi à marcher dans les ténèbres s'affaiblit tellement la vue qu'il ne peut plus supporter le grand jour; ce que confirme aussi l'expérience, puisque le plus souvent nous voyons ceux qui n'ont jamais étudié juger beaucoup plus solidement et plus clairement de ce qui se présente que ceux qui ont toujours fréquenté les écoles. Or, par méthode, j'entends des règles certaines et faciles dont la rigoureuse observation empêchera qu'on ne suppose jamais vrai ce qui est faux, et fera que, sans se consumer en efforts inutiles, mais au contraire en augmentant graduellement son savoir, l'esprit arrive à la véritable connaissance des choses qu'il peut atteindre.

RÈGLE V. — *Toute la méthode consiste dans l'ordre et la disposition des choses vers lesquelles il est nécessaire de tourner son esprit pour découvrir quelque vérité. Nous la suivrons de*

point en point si nous ramenons graduellement les propositions obscures et embarrassées à de plus simples; et si, partant de l'intuition des choses les plus faciles, nous tâchons de nous élever par degrés à la connaissance de toutes les autres.

C'est en cela seulement qu'est renfermée la perfection de l'habileté humaine, et l'observation de cette règle n'est pas moins nécessaire à celui qui veut aborder la science, que le fil de Thésée à celui qui voudrait pénétrer dans le labyrinthe. Mais beaucoup de gens ou ne réfléchissent pas à ce qu'elle commande, ou l'ignorent tout à fait, ou présument n'en avoir pas besoin; et souvent ils examinent avec si peu d'ordre les questions les plus difficiles qu'ils me semblent agir comme un homme qui, du pied d'un édifice, voudrait s'élaner d'un saut jusqu'au faite, soit en négligeant l'escalier destiné à cet usage, soit en ne l'apercevant pas.

Ainsi font tous les astrologues, qui, sans connaître la nature des astres, sans même en avoir parfaitement observé tous les mouvements, espèrent pouvoir en indiquer les effets; ainsi font la plupart de ceux qui étudient la mécanique sans savoir la physique, et qui fabriquent au hasard de nouveaux moteurs; ainsi ces philosophes qui, négligeant l'expérience, croient que la vérité sortira de leur propre cerveau, comme Minerve du cerveau de Jupiter.

Or, tous pèchent également contre cette règle; mais comme souvent l'ordre qu'elle prescrit est tellement obscur que tous ne peuvent reconnaître quel il est, on aura de la peine à ne pas s'égarer, à moins qu'on n'observe avec soin ce qui va être exposé dans la règle suivante.

RÈGLE VI. — *Pour distinguer les choses les plus simples des plus complexes, il faut dans chaque série d'objets ou de vérités que nous avons déduites d'autres vérités chercher les rapports qui existent entre eux.*

Notons que toutes les choses, dans le sens où elles peuvent se rattacher au but que nous nous proposons, lorsque nous ne les considérons pas isolément, mais que nous les comparons entre elles pour les connaître les unes par les autres, peuvent être appelées ou *absolues* ou *relatives*.

J'appelle absolu tout ce qui contient en soi la nature pure et simple que l'on cherche; ainsi, par exemple, tout ce qu'on regarde comme indépendant, cause, simple, universel, un, égal, semblable, droit, etc.; et je dis que l'absolu est ce qu'il y a de plus simple et de plus facile, et que nous devons nous en servir pour résoudre les questions.

J'appelle relatif ce qui est de la même nature, ou qui du moins participe de l'absolu en un point par lequel on peut l'y rattacher et l'en déduire en suivant un certain ordre. Le relatif

renferme en outre certaines autres choses que j'appelle des rapports ; tel est ce qu'on nomme dépendant, effet, composé, particulier, multiple, inégal, dissemblable, oblique, etc. Les choses relatives s'éloignent d'autant plus des choses absolues qu'elles contiennent plus de rapports subordonnés l'un à l'autre ; il faut avec le plus grand soin distinguer ces rapports, en observer la connexion et l'ordre naturel, de manière que, partant du dernier et passant par tous les autres, nous puissions arriver à ce qu'il y a de plus absolu.

RÈGLE XII. — *Il faut employer toutes les ressources de l'intelligence, de l'imagination, des sens et de la mémoire, soit pour avoir une intuition distincte des propositions simples, soit pour comparer convenablement ce qu'on cherche*

avec ce qu'on connaît, afin de le découvrir par ce moyen.

Nous renvoyons à l'ouvrage de Descartes pour l'étude d'un ouvrage dont ces extraits donnent l'idée. Ce qui suit va nous servir à développer les règles qu'il formule si nettement, et en même temps chaque science va nous offrir des développements variés de chaque point de la méthode, nous fournir les éléments de cette philosophie utile que Descartes annonce dans le beau passage de son *Discours sur la méthode* qui nous sert d'épigraphe, tout en nous permettant d'indiquer les connaissances spéciales que nous verrons bientôt après se transformer en moyens de forcer la nature à fournir tout ce qui est nécessaire pour la satisfaction des besoins et des désirs de l'homme.

DES SCIENCES EN GÉNÉRAL.

Toutes les fois, dit M. A. Comte¹, que nous parvenons à exercer une grande action, c'est seulement parce que la connaissance des lois naturelles nous permet d'introduire parmi les circonstances déterminées sous l'influence desquelles s'accomplissent les phénomènes, quelques éléments modificateurs, qui, quelque faibles qu'ils soient en eux-mêmes, suffisent, dans certains cas, pour faire tourner à notre satisfaction les résultats définitifs de l'ensemble des causes extérieures.

En résumé *science* d'où *prévoyance* ; *prévoyance* d'où *action* ; telle est la formule qui exprime d'une manière exacte la relation générale de la *science* et de l'*art*.

Ce passage résume parfaitement l'action du travail de l'homme sur la nature ; il ne saurait avoir pour objet la création de la matière, ce qui n'est pas au pouvoir de l'homme, mais seulement sa modification par l'emploi des forces naturelles. Or, comment l'action de ces forces, les modifications de la matière qui résultent leur application sont-elles prévues par la science ? Comment la science peut-elle dispenser, autant que le comportent les divers phénomènes, de toute observation directe ? C'est en permettant de déduire du plus petit nombre possible de données immédiates le plus grand

nombre possible de résultats, ce qui a lieu par la constatation des *lois* que nous parvenons à découvrir entre les phénomènes naturels, c'est-à-dire des rapports constants de similitude, de succession, de dépendance, qui rattachent les uns aux autres tous les phénomènes que présentent les êtres de l'univers.

La conception des lois auxquelles sont soumis les phénomènes de la nature, la combinaison des lois multiples qui régissent un phénomène complexe, constituent un travail de l'intelligence, extérieur et indépendant en quelque sorte de la nature même, qui en offre l'application et en éveille l'idée dans notre esprit.

De cette observation fondamentale se déduit facilement la division principale qui préside à la classification des sciences. Il en résulte clairement que la première étude à faire est évidemment celle des lois comprises dans la science dite mathématique, qui doit être considérée depuis Descartes et Newton comme la base fondamentale de la philosophie naturelle.

Quant à la philosophie naturelle elle-même le plus simple, le plus rationnel, le plus satisfaisant des arrangements qui peuvent être adoptés pour constituer une classification scientifique est celui qui tient le mieux compte de l'enchaînement naturel des phénomènes de leur dépendance mutuelle.

En considérant l'ensemble des phénomènes observables, on reconnaît qu'il est possible de les classer en quelques groupes naturels, disposés de telle façon que l'étude rationnelle de chacun

¹ Nous faisons dans ce qui va suivre de nombreux emprunts pour ce qui se rapporte aux sciences, en général, et surtout aux sciences mathématiques, au grand ouvrage de ce savant, intitulé : *Cours de philosophie positive*, dans lequel la philosophie de ces sciences est admirablement exposée.

soit basée sur la connaissance des lois principales du groupe précédent ; et qu'à son tour la catégorie envisagée devienne le préliminaire indispensable, la base de l'étude de la catégorie suivante.

Cet ordre est déterminé par le degré de simplicité des phénomènes, d'où résulte leur dépendance successive, et par suite la facilité plus ou moins grande de leur étude. On peut reconnaître même, *à priori*, que les phénomènes les plus simples, ceux qui sont le moins compliqués par d'autres, sont nécessairement aussi les plus généraux. En effet, tout phénomène qui se montre dans le plus grand nombre des circonstances est nécessairement celui qui est le plus dégagé, le plus indépendant des conditions propres à chaque phénomène particulier.

Par conséquent, c'est par l'étude des phénomènes les plus généraux ou les moins compliqués qu'il faut commencer, puis arriver graduellement aux phénomènes les plus particuliers, les plus compliqués.

En procédant de la sorte on est amené à établir les sept catégories suivantes de sciences fondamentales et à les ranger ainsi qu'il suit :

- 1^o Mathématique;
- 2^o Géométrie;
- 3^o Mécanique;
- 4^o Physique;
- 5^o Chimie;
- 6^o Biologie.

L'excellence de cet ordre va être facilement reconnue par l'esquisse que nous allons tenter des principaux traits de ces diverses sciences.

I. MATHÉMATIQUE.

ARITHMÉTIQUE.

La notion la plus abstraite, la plus générale que nous inspire la vue de la nature, c'est celle de la grandeur.

La contemplation de la grandeur résulte de la sensation, la connaissance de la grandeur, l'action de l'intelligence, la science en un mot commence lorsqu'on cherche à apprécier les grandeurs, à les comparer, à les mesurer.

De l'action en quelque sorte physique de la mesure, résultent des rapports, des nombres qui constituent la science appelée Arithmétique.

Passons rapidement en revue l'esprit des principales parties de cette science.

Des nombres. — On ne peut pas se faire une idée d'une grandeur qu'en la comparant à une autre grandeur bien connue (l'unité).

Pour la comparer à cette unité on peut dire que la grandeur excède l'unité d'une certaine grandeur; ce qui généralement n'apprend rien puisque l'on ne connaît pas plus cette nouvelle grandeur que la première. Ou bien on peut pousser plus loin l'opération; chercher de combien ce reste surpasse l'unité; agir de même sur le deuxième reste et ainsi de suite; ce qui revient à chercher, pour évaluer la première grandeur, combien de fois l'unité est comprise dans cette grandeur, ce qui constitue le nombre. Donc pour se représenter rigoureusement une grandeur, il faut connaître l'unité à laquelle on la rapporte, et se former une idée exacte des nombres.

C'est la numération qui établit les nombres,

qui fixe les mots qui servent à énoncer, et les signes qui servent à les représenter.

De la numération. — La numération fixe une nomenclature qui limite le nombre des mots et celui des signes au nombre de 10 dans le système décimal.

La série complète des nombres se forme en ajoutant successivement l'unité au nombre antérieur; de la même manière les nombres existants s'ajoutent les uns aux autres en ajoutant à un premier nombre les unités des autres, ou mieux directement des collections d'unités par la méthode abrégée qui constitue l'*addition*.

Les additions successives d'un nombre se remplacent par les méthodes abrégées de la *multiplication*.

Enfin la multiplication conduit aux élévations de puissances qui en forment un cas particulier.

Comparaison des grandeurs. — Il y a deux manières de comparer les grandeurs.

1^o *Par soustraction.* — Deux grandeurs ou plutôt deux nombres qui les représentent étant donnés, nous pouvons aisément déterminer la différence de ces deux nombres, et alors nous avons une relation de différence, qui est un nombre : c'est l'opération de la *soustraction*.

2^o *Par division.* — Deux nombres étant donnés, si nous déterminons le quotient de ces deux nombres, combien de fois un nombre est contenu dans un autre, nous avons une idée exacte de ces nombres, l'un par rapport à l'autre : c'est la *division*. Mais il est possible que la division des deux nombres l'un par l'autre ne se fasse pas

exactement; alors on rentre dans les fractions de toute sorte. De la division résultent les deux théories : *théorie des diviseurs et des fractions*.

L'égalité de deux quotients constitue une *proportion* entre les quatre nombres qui ont fourni ces quotients et qui jouissent de propriétés précieuses, utilisées dans beaucoup de questions où les méthodes de l'arithmétique trouvent à s'employer.

Des fractions décimales. — Lorsqu'on établit de calculer par dizaines et centaines, il est naturel et conforme à la théorie de calculer par dixièmes, centièmes et d'appliquer au calcul des quantités moindres que l'unité les mêmes règles qu'aux quantités plus grandes.

Des puissances et des racines. — L'élevation aux puissances n'est qu'un cas particulier de la multiplication, de même que la multiplication n'est elle-même qu'un cas particulier de l'addition.

Les deux facteurs étant égaux, on doit pouvoir, connaissant le produit, déterminer ces facteurs, opération qui peut évidemment s'effectuer toujours, au moins par tâtonnements successifs.

THÉORIE DES FONCTIONS.

Le point de vue auquel nous nous sommes placés pour poser les bases de l'arithmétique est singulièrement restreint et est bien loin de pouvoir donner idée de la science mathématique. Nous avons supposé que la grandeur sur laquelle nous opérions pour pouvoir la représenter par un nombre, était directement mesurable; que c'était, par exemple, une ligne droite horizontale sur laquelle un mètre peut être porté un certain nombre de fois.

Le nombre qui représente le rapport de cette ligne à l'unité de longueur peut être déterminé de bien d'autres manières, par diverses relations qu'elle peut avoir avec d'autres lignes. Tel est précisément le but de la science mathématique; et c'est grâce à la notion scientifique fondamentale de mesure, sur laquelle on ne saurait trop insister, que la science mathématique devient applicable aux phénomènes et engendre les découvertes les plus précieuses, grâce à la puissance de cette logique supérieure, de cet admirable instrument de déduction que constitue la science mathématique.

Elle est définie habituellement la *science des grandeurs*, ou, ce qui est plus positif, la *science de la mesure des grandeurs*; en ce sens, que cette mesure est *indirecte*, c'est-à-dire qu'on s'y propose constamment de *déterminer les grandeurs les unes par les autres, d'après les relations précises qui existent entre elles*. Pour bien fixer les idées, nous emprunterons encore à M. A. Comte un exemple, celui du phénomène de la chute des corps.

« En observant ce phénomène, dit-il, l'esprit

le plus étranger aux conceptions mathématiques reconnaît sur-le-champ que les deux quantités qu'il présente, savoir : la hauteur d'où un corps est tombé et le temps de sa chute, sont nécessairement liées l'une à l'autre, puisqu'elles varient ensemble, ou, suivant le langage des géomètres, qu'elles sont fonction l'une de l'autre. Le phénomène considéré sous ce point de vue donne donc lieu à une question mathématique qui consiste à suppléer à la mesure directe d'une des grandeurs, lorsqu'elle sera impossible, par la mesure de l'autre. »

La solution complète d'une question consiste donc dans la formule qui indique cette loi, cette relation des deux grandeurs, et qui, pouvant fournir la valeur d'une quantité égale à une combinaison des autres, doit nécessairement être fournie sous la forme d'une équation. Cette équation, qui indique les relations entre les éléments inconnus, ne peut être, dans l'état actuel des connaissances, que d'une des formes qui indiquent les rapports d'ordre mathématique aujourd'hui connus entre deux quantités y et x . Nous pouvons donc résumer, dans le tableau suivant, les fonctions qui, simples ou combinées entre elles, forment presque tout l'objet des mathématiques :

1 ^{re} couple.	$\left\{ \begin{array}{l} y = a + x \text{ fonction somme.} \\ y = a - x \text{ fonction différence.} \end{array} \right.$
2 ^o couple.	$\left\{ \begin{array}{l} y = ax \text{ fonction produit.} \\ y = \frac{a}{x} \text{ fonction quotient.} \end{array} \right.$
3 ^e couple.	$\left\{ \begin{array}{l} y = x^a \text{ fonction puissance.} \\ y = \sqrt{x} \text{ fonction racine.} \end{array} \right.$
4 ^e couple.	$\left\{ \begin{array}{l} y = a^x \text{ fonction exponentielle.} \\ y = \log x \text{ fonction logarithmique.} \end{array} \right.$
5 ^e couple.	$\left\{ \begin{array}{l} y = \sin x \text{ fonction circulaire} \\ \text{directe.} \\ y = \arcsin(\sin x) \text{ fonction cir-} \\ \text{culaire inverse.} \end{array} \right.$

De ce que nous venons de poser résulte la division fondamentale de la science mathématique :

1^o L'*algèbre*, le calcul des fonctions, comprenant comme question principale la résolution des équations pour en tirer les valeurs des inconnues;

2^o L'*arithmétique*, le calcul des valeurs pour utiliser les formules dans chaque cas particulier : c'est l'art qui permet d'appliquer la science du calcul;

3^o Le *calcul infinitésimal*, instrument destiné à permettre la mise en équation des problèmes, mise en équation qui, fort souvent, est inabordable directement.

Passons en revue très brièvement les sciences ci-énoncées, en négligeant l'arithmétique, dont nous avons déjà parlé, et qui ne doit être considérée que comme destinée au calcul des va-

leurs fournies pour les fonctions dans le cas le plus général.

ALGÈBRE.

En algèbre, l'idée des opérations est dans les signes $+$, $-$, \times , $:$, qui représentent les opérations qui peuvent s'effectuer en arithmétique; ce qu'on y appelle addition, soustraction, etc., ne sont que des opérations indicatives, des réductions.

Les chiffres, avec leur valeur déterminée de 5, 6, 8 unités, ne peuvent se mouvoir *sans se confondre ou se morceler*. Ainsi, on ne voit plus dans 32 les facteurs 4 et 8, qui ont donné ce nombre; en 2, moitié de 4, on ne voit pas que 2 soit une moitié; en représentant, au contraire, les nombres, comme on le fait en algèbre, par des lettres, on trouve cet avantage qu'elles ne peuvent *ni se confondre ni se morceler*, et elles montrent constamment leurs éléments primitifs, en mettant en évidence le mode de formation des quantités inconnues. De sorte qu'en $a \times b$, on voit le produit ab des facteurs a et b ; en $\frac{a}{2}$, on voit la cause et l'effet puisqu'une fraction algébrique représente en même temps une division à faire, et le quotient de la même division faite.

On voit aussi que les *formules* auxquelles conduit l'emploi des lettres fournissent la solution de toutes les questions *d'une même espèce*, c'est-à-dire dont les énoncés ne diffèrent que par les valeurs diverses des nombres; on peut, en outre, étudier les liaisons qui existent entre les quantités inconnues et celles connues, et les variations que subissent les premières, quand on donne aux secondes les différentes valeurs que comporte le *phénomène mathématique* que l'on étudie. Telle est l'idée d'immense généralisation que Viète a eue le premier, et qu'il a lui-même appliquée en représentant les quantités connues par des lettres.

Des nombres positifs et négatifs. — Les signes $+$ et $-$, qui indiquent l'addition et la soustraction, prennent en algèbre une signification plus étendue qu'en arithmétique. Soient a et b , deux quantités ou plutôt deux nombres; $a - b$ peut aussi bien être une quantité négative qu'une quantité positive, c'est-à-dire un reste à retrancher, qu'une quantité de même nature que a , c'est ce qui aura lieu si b est plus grand que a . Or, on a souvent à opérer sur ces restes, à les combiner, soit avec d'autres quantités, soit entre eux de toutes les manières possibles; il faut donc, à moins de particulariser l'algèbre, ce qui serait absurde, puisqu'au contraire l'algèbre tend à tout généraliser, savoir opérer aussi bien sur les quantités négatives que sur les quantités positives, tant séparément que simultanément. C'est ainsi que l'idée première de l'algèbre conduit à la théorie

des quantités négatives, et c'est par une généralisation très remarquable que l'on est conduit à considérer deux ordres de grandeur, qui, dans la plupart des cas de la pratique, ont une interprétation concrète.

De leur nature. — La nature essentielle des quantités négatives, c'est d'être des quantités opposées directement aux quantités positives. Ainsi, si $+$ représente une longueur mesurée sur une ligne en partant d'un certain point, $-a$ représentera la même longueur sur la partie de la ligne prolongée de l'autre côté du point d'origine; si $+$ a représente la propriété d'une somme d'argent, $-a$ sera une dette égale à a , directement opposée à la propriété d'une somme d'argent. De telle sorte que l'on doit bien distinguer l'emploi des signes $+$ et $-$, qui ont deux emplois bien distincts, bien qu'équivalents quant à leur emploi dans les opérations :

1^o Comme indicatifs de l'addition et de la soustraction; c'est ainsi qu'ils sont employés en arithmétique;

2^o Comme caractéristiques de quantités opposées.

De leurs avantages. — On peut déjà entrevoir quelques avantages qui résultent de l'introduction des quantités négatives dans le calcul.

En effet, dans une question d'argent, par exemple, on voit que le calcul ne porterait pas seulement sur la quantité dont il est question, ni seulement sur notre bien, mais aussi sur le bien d'autrui par rapport au nôtre.

Nous insistons sur ce point de vue de préférence aux mouvements en sens contraire qu'on emploie habituellement, parce qu'il fournit la véritable théorie des comptes créditeurs et débiteurs de la tenue de livres en partie double, élément indispensable aujourd'hui de la comptabilité commerciale.

De ces considérations se déduisent les règles des signes dans les opérations, ou mieux dans les réductions qu'il est possible d'effectuer en algèbre pour ramener des opérations indiquées à l'expression la plus simple.

Des puissances et des racines des expressions algébriques. — Les opérations de multiplication, de division, etc., qui s'effectuent sur les nombres, s'opèrent également sur les expressions algébriques; mais, d'après la nature même de l'algèbre, ces opérations ne pouvant être qu'indiquées, elles se réduisent en réalité à des simplifications qui sont terminées lorsqu'elles sont ramenées à une suite d'expressions simples, de la forme $ax^m y^n \dots$

Il en est de même des élévations aux puissances et des extractions de racines des expressions algébriques; le problème consiste à convertir en une suite de monômes le polynôme qui doit tout entier être élevé à une certaine puissance.

Les résultats des opérations conduisent donc

à des polynômes que l'on ordonne, en général, suivant les puissances décroissantes de la variable, c'est-à-dire sous la forme $ax^m + bx^{m-1} + cx^{m-2} \dots$, a, b, c, \dots étant des coefficients numériques d'une valeur déterminée dans chaque cas particulier.

Nous n'entrerons pas ici dans des détails qu'on doit chercher dans les traités d'algèbre, sur la forme du polynôme formé par les multiplications successives d'un premier polynôme; nous citerons seulement le cas de l'élévation à une puissance quelconque d'un binôme, d'un polynôme composé de deux termes. C'est sur la découverte de la loi de ce développement, due à Newton, que sont fondés des résultats importants pour la théorie des équations.

D'après cette loi, un terme de rang n du développement du binôme $x + h$ à la puissance m sera $h^n x^{m-n}$ multiplié par le produit :

$$\frac{m(m-1)(m-2)\dots(m-n)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots n}$$

fraction dont le numérateur correspond à toutes les permutations possibles, de m lettres prises n à n , qu'il faut diviser par le nombre de fois que ces permutations se répètent pour former des produits équivalents, afin d'obtenir seulement le nombre des combinaisons distinctes.

Equations. — Nous arrivons présentement au grand problème que l'algèbre se propose, celui de la résolution des équations; et d'abord entrons dans quelques détails sur le premier degré. — Dans cette théorie on se propose de trouver les valeurs de m quantités inconnues, connaissant m relations ou équations du premier degré qui lient entre elles ces quantités. Le cas le plus simple, celui d'une équation à une inconnue, se résout immédiatement; l'équation étant ramenée à la forme $ax = k$, on en déduit $x = \frac{k}{a}$, valeur qui est dite racine de l'équation; il est à remarquer que cette valeur satisfait à la proposée, quels que soient les signes de a et de k , pourvu qu'on se conforme aux règles des signes. Considérons présentement les deux équations :

$$ax + by = k \quad ax + b'y = k'$$

Les valeurs de x et y , susceptibles de satisfaire à ces équations, satisferont aussi à la suivante :

$$(a - \lambda a')x + (b + \lambda b')y = k - \lambda k'$$

que l'on obtient en retranchant de la première des proposées la deuxième préalablement multipliée par λ , et cela quel que soit le facteur λ ; cela posé, si l'on donne à λ les deux valeurs $\frac{a}{a'}$, $\frac{b}{b'}$, on aura les deux nouvelles relations

$$\begin{aligned} \left(b - \frac{ab'}{a'}\right)y &= k - \frac{ak'}{a'}, \\ a - \frac{ba'}{b'} \quad x &= k - \frac{bk'}{b'} \end{aligned}$$

qui sont équivalentes aux proposées, et qui fournissent les valeurs suivantes de x et y

$$x = \frac{kb' - bk'}{ab' - ba'}, \quad y = \frac{ak' - ka'}{ab' - ba'}$$

La même méthode, due à Bezout, ramène la résolution d'un système de m équations à m inconnues à celle de $m - 1$ équations à $m - 1$ inconnues, et conduit par suite aux racines cherchées.

Equations du deuxième degré. L'équation du deuxième degré peut toujours être ramenée à la forme $x^2 + px + q = 0$, ou

$$\left(x + \frac{p}{2}\right)^2 - \left(\frac{p^2}{4} - q\right) = 0.$$

Si $\frac{p^2}{4} - q$ est positif, le polynôme du premier membre se décomposera en deux facteurs, et l'équation deviendra :

$$\left(x + \frac{p}{2} + \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}\right)\left(x + \frac{p}{2} - \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}\right) = 0$$

Elle sera donc satisfaite par la valeur de x , qui annulera l'un ou l'autre de ces facteurs. Soient x' et x'' ces deux valeurs de x qu'on appelle racines de l'équation proposée, l'équation prendra la forme $(x - x')(x - x'') = 0$. On en déduit aisément les deux relations suivantes entre les coefficients et les racines : $x' + x'' = -p$, $x'x'' = q$. Il résulte de là que si l'on demandait deux quantités dont le produit fût q et la somme $-p$, il suffirait de résoudre l'équation $x^2 + px + q = 0$, dont les racines feraient connaître les quantités cherchées.

Si la quantité $\frac{p^2}{4} - q$ est négative, l'équation proposée prend la forme $(x - \alpha)^2 + \beta^2 = 0$, et l'on voit qu'elle ne peut être satisfaite pour aucune valeur de x ; mais si, au lieu de β^2 , on met $-i^2\beta^2$, elle devient $(x - \alpha)^2 - i^2\beta^2 = 0$, d'où l'on déduit $x = \alpha \pm i\beta$. Les deux valeurs de x que nous venons de trouver satisferont encore à l'équation proposée, si après les calculs effectués on multiplie i^2 par -1 . Il n'existe aucun nombre dont le carré soit -1 , la racine carrée d'une quantité négative qui ne peut exister est dite une expression *imaginaire*, et il en est de même des valeurs précédentes de x , qui ne sont susceptibles d'aucune représentation. Quoi qu'il en soit, on dit encore que l'équation du deuxième degré a deux racines $\alpha + i\beta$, et $\alpha - i\beta$. L'emploi logique de ces expressions imaginaires est d'une immense utilité dans l'analyse.

La résolution des équations littérales du troisième et du quatrième degré a été indiquée pour la première fois par *Cardan*. La formule à laquelle il a été conduit n'a guère d'utilité dans la pratique, mais elle est fort remarquable en ce sens qu'elle fait connaître les racines en fonction des coefficients, ce qui n'a été fait jusqu'ici en

général que pour les équations des quatre premiers degrés.

Théorie générale des équations. — Dans l'impossibilité de trouver d'une manière générale les expressions des racines des équations de tous les degrés en fonction des coefficients, les géomètres ont dû y suppléer par l'étude des propriétés générales des équations. Les travaux faits dans cette direction comprennent des recherches admirables qu'il n'est certes pas possible d'exposer ici ; néanmoins nous indiquerons quelques-uns des résultats les plus remarquables, ne pouvant passer sous silence les travaux qui comprennent le point le plus élevé peut-être auquel l'esprit humain ait porté la déduction.

On démontre d'abord, ce que nous avons déjà vérifié pour l'équation du deuxième degré, que :

Le premier terme d'une équation ayant un coefficient égal à l'unité, ou tous les termes étant divisés par le coefficient qui pouvait l'affecter, ce qui est toujours possible,

1° Une équation qui a pour racine une valeur de x égale à a est divisible par $x - a$;

2° Le coefficient du second terme est égal à la somme des valeurs des racines ;

3° Le coefficient du troisième terme est égal à la somme des produits (différents) deux à deux des racines ;

4° Le coefficient du quatrième terme est égal à la somme des produits (différents) trois à trois des racines et ainsi de suite.

On démontre encore qu'une équation a autant de racines réelles ou imaginaires qu'il y a d'unités dans la puissance la plus élevée de l'inconnue qui entre dans l'équation.

La théorie générale des équations repose surtout sur l'emploi des dérivées et sur la formule de Taylor qui indique les relations de celles-ci avec l'équation fondamentale $f(x) = 0$.

Pour indiquer comment on arrive à cette formule fondamentale il faut remplacer dans l'équation x par $x + h$, h étant un accroissement de la variable. Tous les termes viendront se développer suivant la loi que nous avons indiquée sous le nom de binôme de Newton, et si nous appelons $f'(x)$ la dérivée $f(x)$ d'une fonction, $f''(x)$ la dérivée de $f'(x)$ ou la seconde dérivée de $f(x)$, on trouve, en effectuant les opérations, la célèbre formule de Taylor qui s'écrit ainsi :

$$f(x+h) = f(x) + \frac{h}{1} f'(x) + \frac{h^2}{2} f''(x) + \dots$$

Lorsque l'accroissement h de la variable est très petit, le rapport de l'accroissement de la fonction à celui de la variable ou $\frac{f(x+h) - f(x)}{h}$ tend à devenir égal à $f'(x)$, à la dérivée, seul terme qui ne renferme pas h supposé très petit. Elle représente la limite de ce rapport.

Cette interprétation de la dérivée fait pressentir le parti qu'on en tire pour la théorie des équations lorsqu'on étudie les variations de valeur de la fonction, au lieu de considérer seulement celles qui la rendent égale à zéro, c'est-à-dire, en réalité, si on y introduit l'étude de la continuité de la fonction lorsqu'on fait croître d'une manière continue la valeur de la variable. Nous verrons bientôt, en traitant du calcul infinitésimal, combien cette méthode est féconde.

Nous verrons aussi bientôt, en exposant la géométrie de Descartes, comment les équations à deux variables facilitent l'étude et la découverte des propriétés des courbes, précisément en permettant de les considérer comme engendrées par l'accroissement continu de la variable ; inversement on peut se servir soit du théorème de Taylor, soit de la propriété équivalente des courbes de permettre de suivre la loi de continuité de la variation des valeurs d'une équation à une seule inconnue pour établir quelques théorèmes de la théorie générale des équations.

Si, au lieu de considérer seulement les racines, c'est-à-dire les valeurs de la variable qui rendent l'équation égale à zéro, on considère toutes les valeurs que celle-ci peut prendre, qu'on la regarde comme une autre variable y , on aura l'équation

$$y = x^m + px^{m-1} + qx^{m-2} \dots + v$$

qui représentera une courbe du degré m , et les points de rencontre de cette courbe avec l'axe des x fourniront les racines réelles, positives ou négatives de l'équation.

Cette courbe du premier degré en y aura deux branches infinies. En effet, on peut toujours supposer à x une valeur assez grande pour qu'on ait

$$x^m > px^{m-1} + qx^{m-2} \dots + v$$

on en divisant par x^{m-1} les deux termes

$$x > p + \frac{q}{x} \dots + \frac{v}{x^{m-1}}$$

puisque, hors le premier terme du second membre dont la valeur est finie, tous les autres décroissent à mesure que x augmente.

On tire facilement de l'inspection des formes générales de ces courbes ainsi étudiées un certain nombre de théorèmes principaux que nous nous contenterons d'énoncer ici.

Ils résultent en général des rapports des courbes avec l'axe de x , puisque les points de rencontre fournissent précisément des valeurs des racines.

1° Dans toute équation de degré impair, il y a toujours au moins une racine réelle.

2° Lorsque deux nombres substitués successivement dans le premier membre d'une équation donnent deux résultats de signes contraires, ces deux nombres comprennent au moins une racine réelle.

3° Toute équation de degré pair dont le der-

nier terme est négatif a au moins deux racines réelles, l'une positive et l'autre négative.

4° Entre deux racines réelles et inégales d'une équation, il se trouve au moins une racine réelle de sa dérivée.

Il nous resterait à montrer le parti que M. Sturm a tiré de la considération des dérivées et de la division successive de l'équation par la dérivée et de celle-ci par le reste obtenu. Ne pouvant entrer dans ces détails nous dirons seulement que le théorème qui porte son nom permet, pour la détermination du nombre de racines d'une équation, de fournir des résultats plus précis, mais de même ordre, que ceux que fournit la règle des signes de Descartes, remarquable théorème qui s'énonce ainsi.

Une équation ne peut avoir plus de racines positives qu'elle n'a de variations (différence de signes de deux termes consécutifs), ni plus de racines négatives qu'il ne se trouve de variations dans l'équation obtenue en changeant x en $-x$; et si toutes ses racines sont réelles, elle a précisément autant de racines positives que de variations et autant de racines négatives qu'il y a de variations dans sa transformée en $-x$.

Ce théorème est fondé sur ce que dans le produit d'un polyôme par un facteur $x - a$, dans lequel a est positif, le produit a toujours au moins une variation de plus que le multiplicande.

De l'élimination. — Dans tout ce qui précède, sauf le cas des équations du premier degré, nous ne nous sommes occupés que des équations à une seule inconnue.

Examinons maintenant le cas de deux équations d'un degré quelconque à deux inconnues.

S'il était toujours possible de résoudre une des équations par rapport à l'une des inconnues qu'elles renferme, en substituant la valeur ainsi trouvée dans l'autre équation, on obtiendrait une équation qui ne contiendrait plus qu'une inconnue qui servirait à en déterminer les valeurs. Mais la résolution d'une équation par rapport à l'une des inconnues est le plus souvent impossible. Il est en effet démontré, depuis les belles recherches d'Abel, qu'à partir du cinquième degré les racines des équations ne peuvent plus être exprimées par une fonction algébrique des coefficients (1), et jusqu'à ce jour rien n'indique qu'aucune fonction transcendante ait été trouvée qui pût fournir une solution de ce problème.

On a alors cherché une méthode à l'aide de laquelle on pût, sans avoir besoin de résoudre aucune équation, effectuer l'élimination de l'une des inconnues entre les deux équations proposées et obtenir ainsi une équation à une seule inconnue dont les racines fussent toutes les valeurs, et les seules valeurs de cette inconnue. Tel est le but de la méthode dite d'Élimination.

(1) Voir le Cours d'Algèbre supérieure de M. A. Serret. Paris, Bachelier.

Cette méthode est fondée sur la recherche du plus grand commun diviseur entre les deux équations. Elle est trop spéciale pour que nous puissions l'exposer ici avec détail; nous voulions seulement indiquer comment on surmontait une difficulté capitale.

Résolution des équations numériques. — L'impossibilité de trouver sous forme algébrique la valeur des racines des équations en fonction des coefficients pour des degrés supérieurs au quatrième, a fait reporter les recherches sur les méthodes les plus expéditives pour trouver les valeurs numériques des équations dont les coefficients sont de valeur connue. Cette solution, dont il faut bien se contenter, est malheureusement fort insuffisante; car c'est souvent moins la valeur numérique d'une inconnue qu'il importe de connaître que la formule, la manière dont elle se forme des quantités inconnues. Toutefois, il est juste d'observer quand les lois sont représentées par des équations d'un ordre élevé, on peut dire que leur compréhension échappe presque aux forces de l'esprit humain; aussi la solution des équations des premiers degrés comprend-elle la très majeure partie des lois de la nature que nous avons pu soumettre au calcul.

La méthode employée est essentiellement une méthode de tâtonnements que l'on abrège toutefois considérablement par la détermination des limites entre lesquelles peuvent être comprises les racines; elle est l'équivalent de la méthode géométrique que nous avons indiquée, c'est-à-dire de celle qui consiste à déterminer assez de valeurs de la fonction pour en saisir les variations, et approcher de plus en plus de la valeur de la variable qui la rend égale à zéro.

Des équations exponentielles, des logarithmes. — Dans ce qui précède, nous avons supposé que l'inconnue x était élevée à certaine puissance, mais jamais qu'elle était l'exposant de la puissance d'une quantité connue. La considération de termes semblables conduit aux logarithmes. Le logarithme d'un nombre est l'exposant de la puissance à laquelle il faut élever un nombre invariable, positif et autre que l'unité pour reproduire le premier. On appelle système de logarithmes la série des logarithmes de tous les nombres possibles pour une valeur particulière de ce nombre invariable que l'on nomme la base de ce système. Pour les tables habituellement employées, la base est 10.

On voit x étant le logarithme d'un nombre quelconque b , dans un système dont la base est a , $a^x = b$. Pour $b = a$, x ou $\log. a = 1$, c'est-à-dire que le logarithme de la base est égal à l'unité.

Les propriétés des logarithmes résultent clairement de leur définition.

Soient b , b' , b'' ... des nombres quelconques,

et x, x', x'', \dots , leurs logarithmes respectifs, nous aurons :

$$ax = b \quad ax' = b' \quad ax'' = b'' \dots$$

et en multipliant membre à membre :

$$ax+x'+x'' \dots = b b' b'' \dots$$

Mais, d'après la définition, $x+x'+x'' \dots$ est le logarithme du produit $b b' b'' \dots$; donc le logarithme d'un produit de plusieurs facteurs est égal à la somme des logarithmes de ces facteurs.

Si on divise membre à membre les équations $ax = b \quad ax' = b'$, on trouvera :

$$a^{x-x'} = \frac{b}{b'}$$

Ainsi $x-x'$ est le logarithme de $\frac{b}{b'}$; donc le logarithme du quotient de la division de deux nombres est égal au logarithme du dividende, moins le logarithme du diviseur.

Si on élève à la puissance m les deux membres de l'équation $ax = b$, il viendra $a^{mx} = b^m$; donc le logarithme d'une puissance quelconque d'un nombre est égal au logarithme de ce nombre multiplié par l'exposant de cette puissance.

On verra de même que $a^{\frac{x}{m}} = \sqrt[m]{b}$, c'est-à-dire que le logarithme d'une racine quelconque d'un nombre est égal au logarithme de ce nombre divisé par l'indice de la racine.

On voit, d'après cela, de quelle ressource sont les logarithmes pour simplifier les calculs les plus compliqués à l'aide d'une table de logarithmes, c'est-à-dire d'une suite de tableaux renfermant dans une colonne la suite des nombres entiers 1, 2, 3, ..., et en regard leurs logarithmes calculés d'avance. En reportant sur les logarithmes les opérations à effectuer sur les nombres, pour remonter ensuite à ceux-ci à l'aide des tables, on voit que les multiplications deviennent des additions, les divisions des soustractions, les élévations aux puissances de simples multiplications par les exposants, les extractions de racines des divisions par les indices.

Revenons aux équations exponentielles. Tant qu'elles sont de la forme $ax = b$, elles sont facilement résolues numériquement à l'aide des tables de logarithmes, puisque, prenant le logarithme de chacun des membres de cette équation, on a l'équation nouvelle $x \log. a = \log. b$ ou $x = \frac{\log. b}{\log. a}$, qui fournit la valeur de x .

Fonctions circulaires. — Les fonctions circulaires correspondent aux relations qui existent entre un arc de cercle et certaines lignes qui varient avec lui. L'étude de ces fonctions, dont l'origine est toute géométrique, mais le calcul une partie essentielle de l'algèbre, constitue la

trigonométrie. L'introduction dans le calcul de ces fonctions transcendantes en synthétisant des relations extrêmement complexes a ouvert la voie aux derniers progrès des sciences mathématiques qui ont cherché à s'enrichir de quelques autres fonctions transcendantes, des fonctions elliptiques notamment.

De la combinaison algébrique de ces lignes résulte, dans nombre de problèmes, le moyen de mesurer des arcs, ou plutôt les angles mesurés par ceux-ci, par voie indirecte. Nous nous contenterons de dire que les principales fonctions circulaires à considérer sont le sinus, le cosinus et la tangente, liées intimement à l'arc de cercle auquel elles appartiennent. Ces fonctions sont liées entre elles par les relations :

$$\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \quad \tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$$

CALCUL INFINITÉSIMAL.

La difficulté la plus grande qui s'oppose en général à l'étude d'une question est la mise en équation du problème, l'expression sous forme algébrique d'un phénomène. C'est pour résoudre cette difficulté que le calcul infinitésimal fournit un élément d'une merveilleuse fécondité, comme le prouvent les grandes découvertes dont il a été la source.

Pour en comprendre l'esprit, il faut le considérer comme se proposant d'étudier la continuité, caractère qui peut toujours être considéré comme appartenir au mode de génération de l'objet considéré, puisque c'est avec ce caractère que tout se produit dans la nature, et que la loi de continuité d'une fonction quand la variable varie a un rapport intime avec cette fonction, dont on comprend bien qu'on puisse la déduire.

Ainsi une courbe peut toujours être considérée comme engendrée par un certain mouvement d'un point qui la parcourt. On comprend donc comment on peut parvenir à la notion de la courbe par celle des positions successives du point, par les conditions auxquelles doivent satisfaire successivement les éléments infiniment petits de cette courbe. Telle est précisément la donnée fondamentale de la conception de Leibnitz.

La méthode consiste, dit M. Aug. Comte, à introduire dans le calcul les éléments infiniment petits dont on considère comme composées les quantités entre lesquelles on cherche les relations. Ces éléments ou *différentielles* auront entre eux des relations constamment et nécessairement plus simples et plus faciles à découvrir que celles des quantités primitives, d'après lesquelles on peut ensuite, par un calcul spécial ayant pour destination propre l'élimination de ces infinitésimales auxiliaires, remonter aux équations cherchées, qu'il eût été le plus souvent impossible d'obtenir directement.

Il peut paraître que les accroissements infiniment petits des grandeurs proposées étant de même espèce qu'elles, leurs relations ne devaient pas s'obtenir plus aisément. Mais il est aisé de s'expliquer d'une manière tout à fait générale à quel point, par un tel artifice, la question doit se trouver simplifiée. Il faut, pour cela, commencer par distinguer les différents ordres d'infiniment petits, dont on peut se faire une idée fort précise, en considérant que ce sont ou les puissances successives d'un même infiniment petit primitif, ou des quantités qu'on peut présenter comme ayant avec ces puissances des rapports finis, en sorte que, par exemple, les différentielles seconde, troisième, etc., d'une même variable, sont classées comme infiniment petit du second ordre, du troisième, etc.

Ces notions préliminaires étant posées, l'esprit de l'analyse infinitésimale consiste à négliger constamment les quantités infiniment petites à l'égard des quantités finies, à considérer que, lors de la continuité, l'infiniment petit s'évanouit devant une quantité finie, et généralement les infiniment petits d'un ordre quelconque vis-à-vis de ceux d'un ordre supérieur. On conçoit immédiatement combien une telle faculté doit faciliter la formation des équations entre les différentielles des quantités, puisqu'à ces quantités on pourra substituer tels autres éléments qu'on voudra, et qui seraient plus simples à considérer, en se conformant à cette seule condition, que les nouveaux éléments ne diffèrent des précédents que de quantités infiniment petites par rapport à eux. C'est ainsi qu'il sera possible, en géométrie, de traiter les lignes courbes comme composées d'une infinité d'éléments rectilignes, les surfaces courbes comme formées d'éléments plans; et en mécanique, les mouvements variés comme une suite infinie de mouvements uniformes, se succédant à des intervalles de temps infiniment petits.

Essayons par quelques exemples d'éclaircir le caractère fondamental de la méthode infinitésimale.

Qu'il s'agisse, par exemple, de déterminer la longueur de l'arc d'une courbe quelconque, considéré comme une fonction des coordonnées de ses extrémités. Il serait impossible d'établir immédiatement l'équation entre cet arc s et ces coordonnées, tandis qu'il est aisé de trouver la relation correspondante entre les accroissements, les différentielles de ces diverses grandeurs. Les plus simples théorèmes de la géométrie élémentaire donneront, en effet, sur-le-champ en considérant l'arc infiniment petit ds comme une ligne droite, les équations :

$$ds^2 = dx^2 + dy^2, \text{ ou } ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

suivant que la courbe sera plane ou à double courbure. Dans l'un et l'autre cas, la question est

maintenant tout entière du domaine de l'analyse, qui introduira dans ces relations celles propres à la nature de la courbe considérée dont on a l'équation, puis finalement à la relation qui existe entre les quantités finies elles-mêmes que l'on considère, par l'élimination des différentielles qui est l'objet propre du calcul intégral.

Il en serait de même pour la quadrature des aires curvilignes. Si la courbe est plane et rapportée à des coordonnées rectilignes, on concevra l'aire A comprise entre elle l'axe des x et deux ordonnées extrêmes, comme augmentant d'une quantité infiniment petite dA , en résultat d'un accroissement analogue de l'abscisse. Alors la relation entre ces deux différentielles pourra s'obtenir immédiatement avec la plus grande facilité, en substituant à l'élément curviligne de l'aire proposée le rectangle formé par l'ordonnée extrême et l'élément de l'abscisse, dont il ne diffère évidemment que d'une quantité infiniment petite du second ordre, ce qui fournira aussitôt, quelle que soit la courbe, l'équation différentielle très simple :

$$dA = y dx$$

d'où le calcul intégral, quand la courbe sera définie par son équation, apprendra à déduire l'équation finie, objet immédiat du problème.

Ce qui précède montre bien clairement les immenses avantages qu'offre le calcul infinitésimal dans nombre de cas pour mettre un problème en équation; on voit aussi qu'il est fondé sur un artifice logique d'une grande finesse et que des intelligences supérieures telles que celles de Newton et de Leibniz pouvaient seules concevoir.

Voyons maintenant les méthodes de calcul qui permettent de passer des fonctions aux différentielles et inversement.

Si nous considérons, par exemple, l'équation $y = ax^2$, si l'on fait croître x d'une quantité très petite Δx , y croîtra d'une quantité Δy telle que l'on ait :

$$y + \Delta y = a(x + \Delta x)^2 = ax^2 + 2ax\Delta x + \Delta x^2$$

Or, plus l'on prendra Δx petit, plus le terme Δx^2 deviendra petit par rapport à $2ax\Delta x$, et il sera rigoureusement nul si nous passons de la notion de ses valeurs diverses à la notion de continuité, c'est-à-dire si l'accroissement peut être considéré comme d'un tout autre ordre que celui de toute quantité appréciable, ce que nous appelons infiniment petit, et n'est qu'une autre manière de nous représenter ce que nous appelons la continuité.

En raisonnant de la sorte, c'est-à-dire en négligeant les différentielles du second ordre en présence de celles du premier, on aura pour les diverses fonctions simples les différentielles contenues dans le tableau suivant :

$$\begin{array}{ll}
 y = a + x & dy = dx \\
 y = a - x & dy = -dx \\
 y = ax & dy = a dx \\
 y = \frac{a}{x} & dy = -\frac{a dx}{x^2} \\
 y = x^m & dy = m x^{m-1} dx \\
 y = a^x & dy = \log. a a^x dx \\
 y = \log. x & dy = \log. e \frac{dx}{x} \\
 y = \sin. x & dy = \cos x dx \\
 y = \cos x & dy = -\sin. x dx \\
 y = \text{arc. sin.} = x & dy = \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} \\
 y = \text{arc. cos.} = x & dy = -\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}}
 \end{array}$$

Nous ne pouvons entrer ici dans le calcul des fonctions composées, non plus que dans les artifices du calcul intégral, inverse du calcul différentiel dont nous venons d'indiquer l'esprit. Il est clair seulement que l'intégrale de la seconde colonne du tableau ci-dessus est la fonction

donnée dans la première, ainsi $\int \frac{adx}{x^2} = \frac{a}{x} + C$,

C représentant une constante à déterminer pour chaque cas et qui ne change pas la forme de la différentielle. On voit déjà par cet exemple en quoi consiste l'intégration des fonctions simples. et comment on peut remonter des relations entre les différentielles aux équations entre les quantités.

II. GÉOMÉTRIE.

La géométrie est la science de l'étendue ou, pour parler avec plus de précision, la science de la mesure de l'étendue.

On voit que cette science emprunte à la nature, à la connaissance des corps, son idée fondamentale, la notion d'étendue, et paraît en quelque sorte une science naturelle; mais cette notion générale à tous les corps est réduite par l'esprit à une abstraction qui fait de la géométrie une véritable science mathématique.

Bien qu'il soit évidemment impossible de concevoir aucune étendue privée de l'une quelconque de ses trois dimensions fondamentales : longueur, largeur et hauteur, il y a grand avantage pour l'esprit à considérer l'étendue dans deux sens ou dans un seul à la fois, ce qui constitue des *surfaces*, des *lignes*. Il suffit pour cela de concevoir la dimension que l'on veut éliminer comme décroissant indéfiniment, et parvenant à un tel degré de ténuité, que l'esprit conçoive clairement l'abstraction qu'il imagine lorsque cette quantité disparaît, abstraction sur laquelle repose la science mathématique rigoureusement exacte pour la conception de notre esprit, et non d'approximation, comme les sciences d'observation, que nous appelons la *géométrie*.

Ainsi, la *surface* est l'étendue à deux dimensions, la *ligne* l'étendue à une seule dimension, et enfin le *point* est l'étendue considérée uniquement par rapport à son lieu, abstraction faite de toute grandeur, et destinée par conséquent à préciser les positions. Les surfaces ont d'ailleurs évidemment la propriété générale de

circonscrire exactement les volumes, de même que les lignes, à leur tour, circonscrivent les surfaces, et sont limitées par les points.

Ces préliminaires étant posés (1), revenons à la définition de la géométrie, au but final que nous lui avons assigné, la *mesure* de l'étendue.

Si l'on prend le mot *mesure* dans son acception mathématique directe et générale, qui signifie simplement l'évaluation des *rappports* qu'ont entre elles des grandeurs homogènes quelconques, on doit considérer, en géométrie, que la mesure des surfaces et des volumes, par opposition à celle des lignes, ne s'effectue jamais immédiatement. En effet, on conçoit que deux lignes peuvent être superposées; mais la superposition de deux surfaces, et à plus forte raison de deux volumes, est évidemment impossible à établir dans la plupart des cas.

Mais quelle que puisse être la forme d'un corps, il existe toujours un certain nombre de lignes, plus ou moins faciles à assigner, dont la longueur suffit pour déterminer exactement la grandeur de sa surface ou de son volume. La géométrie regardant ces lignes comme seules susceptibles d'être mesurées immédiatement, se propose de déduire de leur simple détermination le rapport de la surface ou du volume cherchés à l'unité de surface ou de volume. Il résulte de cela la possibilité de réduire à des questions de lignes toutes les questions relatives aux volumes et aux surfaces, envisagées quant à leur grandeur.

(1) A. Comte, tome I, page 358.

De la même manière, la géométrie des lignes a pour objet général de ramener constamment la mesure des lignes courbes à celle des lignes droites; et par suite, sous un point de vue plus étendu, de réduire à de simples questions de lignes droites toutes les questions relatives à la grandeur de courbes quelconques. Pour comprendre la possibilité d'une telle transformation, il faut remarquer que, dans toute courbe quelconque, il existe constamment certaines droites dont la longueur est intimement liée à celle de la courbe. Ainsi, dans un cercle, il est évident que de la longueur du rayon on doit pouvoir déduire celle de la circonférence; de même la longueur d'une ellipse dépend de celle de ses deux axes. Découvrir la relation qui existe entre la longueur d'une ligne courbe et celle de semblables lignes droites, tel est le problème qu'on a essentiellement en vue dans la partie de la géométrie relative à l'étude des lignes.

Ainsi, comme des formes diverses peuvent être déterminées par des conditions fort éloignées de tout moyen direct de mesure, on doit considérer comme rentrant dans le but assigné à la géométrie toutes les recherches relatives aux propriétés des formes étudiées. Ces recherches, qui constituaient une part si considérable de la géométrie des anciens, et qui sont si propres à développer l'esprit et à préparer aux recherches scientifiques en faisant résulter des données d'une question une foule de déterminations nouvelles, permettent d'atteindre les éléments d'où résulte la mesure obtenue ainsi indirectement, but de la science géométrique.

GÉOMÉTRIE PRÉLIMINAIRE.

D'après ce qui précède, la géométrie préliminaire pourrait être restreinte à la seule étude de la ligne droite pour ce qui concerne la géométrie des lignes, à la quadrature des aires planes rectilignes, et enfin à la cubature des corps terminés par des surfaces planes.

Les propositions élémentaires relatives à ces trois questions fondamentales constituent, en effet, le point de départ nécessaire de toutes les recherches géométriques; elles seules ne peuvent être obtenues que par une étude directe du sujet; tandis qu'au contraire la théorie complète de toutes les autres formes quelconques, même celle du cercle, dont on introduit l'étude dans les préliminaires surtout en vue d'arriver promptement à la mesure des angles, peut aujourd'hui rentrer dans la géométrie générale ou analytique.

Ce n'est, au contraire, que par une aberration étrange qu'on a pu essayer de présenter, sous un point de vue purement algébrique, l'établissement des principaux théorèmes de la géométrie élémentaire qui résultent de la nature de la ligne droite, ou qui servent à constituer les unités de

surface, de volume comme la relation constante qui existe entre les trois angles d'un triangle rectiligne, la proposition fondamentale de la théorie des triangles semblables, la mesure des rectangles, des parallépipèdes, etc., en un mot les seules propositions qui ne puissent être obtenues que pour des considérations directes relatives à l'étendue, qui ne peuvent ressortir que de la nature propre de celle-ci, sans que le calcul puisse y avoir la moindre part.

Passons en revue l'énoncé des principales théories de la géométrie.

Ligne droite. — Se définit du plus court chemin d'un point à un autre. — Intersection de deux droites. — Angles. — Angle droit. — Lignes parallèles. — Propriétés de ces lignes.

Triangles. — Conditions d'égalité de deux triangles, démontrées par superposition. — La somme des angles d'un triangle est égale à deux angles droits.

Du cercle. — Ligne courbe la plus simple, celle dont tous les points sont également distants du centre. — Mesure des angles au centre par des arcs de cercle, ou les cordes ou autres lignes intimement liées avec l'arc (fonctions circulaires). — Mesure de la circonférence en raison du rayon.

Mesure des surfaces. — Mesure du rectangle. — Du triangle, du trapèze, du parallélogramme. — D'un polygone quelconque. — Théorème du carré de l'hypothénuse. — Mesure de la surface du cercle.

Similitude des figures. — Triangles semblables. — Intersection des plans dans l'espace. — Angles dièdres. — Angles trièdres.

Mesure des volumes. — Des parallépipèdes, du prisme, de la pyramide.

Sphère. — *Cylindre*. — *Cône*. — Mesure des volumes. — Des surfaces.

GÉOMÉTRIE GÉNÉRALE OU ANALYTIQUE.

La géométrie générale étant entièrement fondée sur la transformation des considérations géométriques en considérations analytiques équivalentes, nous devons d'abord étudier cette conception due au génie de Descartes, sur laquelle il fonda la géométrie analytique, établit un rapport intime entre les sciences du calcul et celles de l'étendue, entre les deux premières sciences mathématiques. La grandeur géométrique, considérée jusqu'à lui au point de vue de la forme, il l'envisagea au point de vue du nombre par lequel il montra qu'on pouvait la représenter; il indiqua comment les relations de quantité pouvaient être substituées à des relations de qualité. Ce fut grâce à cette vue féconde que tous les progrès des sciences de calcul vinrent s'appliquer aux recherches de la géométrie, et donner à cette science une impulsion admirable.

Rappelons le principe fondamental de cette belle conception. Soit un cercle du rayon a par le centre duquel on a mené deux lignes à angle droit ox , oy , divisées à l'infini en fractions de l'unité de longueur. D'un point quelconque de la circonférence de ce cercle, abaissons sur ces lignes deux perpendiculaires; appelons x le nombre de divisions intercepté à partir de o sur ox (longueur égale à celle de l'une des perpendiculaires), et y le nombre de ces divisions sur l'autre axe, on aura évidemment l'équation $x^2 + y^2 = a^2$, qui s'appliquera à tous les points de la circonférence du cercle, et ne s'appliquera à aucun autre point du plan, de telle sorte qu'elle représentera ce cercle aussi bien que le tracé lui-même. Il n'est pas besoin de dire qu'une semblable transformation, en permettant d'appliquer le calcul à la recherche de toutes les propriétés d'une courbe, sera d'une grande utilité; mais la proposition réciproque est également vraie, comme nous l'avons vu en parlant des équations. Ainsi, pour l'équation $x^2 + y^2 = a^2$, on comprendra infiniment mieux les relations qui existent entre les deux variables, en sachant qu'elle représente un cercle, qu'en ne l'envisageant que sous sa forme purement algébrique.

Prenons un exemple encore plus simple :

Pour une droite passant par le point o , on aurait de même pour le rapport constant de deux perpendiculaires abaissées d'un point quelconque de la droite sur deux axes ox , oy , $\frac{y}{x} = a$; le rapport constant entre deux quantités serait ainsi représenté par une ligne droite, comme la valeur constante de la somme de deux carrés par un cercle.

Ainsi donc, grâce au génie de Descartes, la science des grandeurs et la science de l'étendue étant venues se confondre et se prêter un mutuel appui, une loi peut se traduire par une courbe, ou réciproquement une courbe représenter une relation entre des quantités.

Remarquons que le système d'éléments que nous venons d'indiquer comme propres à indiquer la situation d'un point, n'est pas le seul qui puisse être adopté. En général il faut rapporter tout objet dont on veut assigner la position à d'autres objets connus, en fixant la grandeur des éléments géométriques quelconques par lesquels on le conçoit lié à ceux-ci. Ces éléments, qu'on appelle les *coordonnées* de chaque point considéré, sont nécessairement au nombre de deux si l'on sait d'avance dans quel plan le point est situé, et au nombre de trois s'il peut se trouver indifféremment dans une région quelconque de l'espace. Autant de constructions différentes on pourra imaginer pour déterminer la position d'un point, soit sur un plan, soit dans l'espace, autant on conçoit de systèmes de coordonnées distinctes, qui sont par suite susceptibles d'être multipliés à l'infini.

C'est ainsi qu'outre le système de coordonnées rectilignes décrit précédemment et le plus souvent employé à cause de sa simplicité, on fait encore usage, dans quelques cas, des coordonnées polaires. La position d'un point sur un plan est alors déterminée par sa distance à un point fixe, et la direction de cette distance estimée par l'angle plus ou moins grand qu'elle fait avec une droite fixe.

D'un point de vue général, si l'on suppose qu'un point se meuve sur un plan sans que son cours soit déterminé en aucune manière, ses deux coordonnées sont deux variables indépendantes; sa position n'est déterminée qu'autant qu'on donne à la fois les valeurs de ses deux coordonnées, distinctement l'une de l'autre, tandis que quand le point doit se trouver sur une ligne définie, la valeur d'une seule coordonnée suffit pour fixer entièrement sa position. La seconde coordonnée est donc alors une fonction déterminée de la première, ou, en d'autres termes, il doit exister entre elles une certaine *équation*, d'une nature correspondante à celle de la ligne sur laquelle le point est assujéti à rester.

C'est ainsi qu'on peut établir d'une manière générale la nécessité de la représentation analytique des lignes par les équations, et inversement qu'on peut mettre en évidence la nécessité géométrique de la représentation d'une équation à deux variables par une certaine ligne, qui aura pour destination scientifique de fixer immédiatement l'attention sur la marche générale des solutions de l'équation, qui se trouvera ainsi notée de la manière la plus sensible et la plus simple.

On fait aujourd'hui dans la pratique de l'expérimentation mécanique un fréquent et très utile usage de la représentation des lois par des courbes. Celles-ci fournissent avec facilité tous les résultats en vue desquels l'expérimentation a été combinée, tandis que la complication de la loi eût pu rendre son expression algébrique très difficile ou même impossible à obtenir et à utiliser.

De l'expression des courbes par des équations résulte la classification naturelle des lignes comme celle des équations, en raison du degré, les plus simples étant celles du degré le moins élevé. C'est ainsi qu'on rencontre, pour le premier degré, la ligne droite; pour le second degré, le cercle et les sections coniques; c'est-à-dire l'ellipse, l'hyperbole et la parabole.

Newton a fait l'étude des courbes du troisième degré, et on a cherché à en faire la classification. Mais le nombre d'espèces différentes croissant très rapidement avec le degré de l'équation, on a renoncé à des études qui ne menaient qu'à des résultats de peu d'intérêt, pour faire de la géométrie générale, pour résoudre, pour toutes les courbes en même temps, les problèmes que

l'on se propose habituellement pour chacune d'elles.

Si nous avons un autre but que d'indiquer simplement ici le domaine de chaque science, nous devrions entrer, comme on le fait dans l'enseignement, dans des détails plus étendus relativement à l'étude des courbes du second degré, et les prendre, comme on le fait avec grande raison dans l'enseignement, comme sujet des applications des méthodes de la géométrie générale. Nous ne pouvons, sans sortir de notre cadre, entrer dans des développements pour lesquels nous sommes forcés de renvoyer à des traités spéciaux.

Insistons sur le point de vue tout à fait général que comporte cette partie de la science. De même dans la théorie générale des équations on ne s'attache plus, en algèbre, à aucune équation déterminée, de même il doit être de l'esprit de la géométrie générale d'étudier, pour toutes les formes possibles, tous les problèmes de relation de forme et de mesure qui sont possibles.

On peut, en effet, ramener les résultats de l'étude des équations à deux variables et des courbes qu'elles représentent, à la solution d'un certain nombre de problèmes. La marche à suivre, dans chaque cas, constitue une théorie spéciale qui indique la manière d'opérer pour une équation quelconque. On distingue les onze théories principales dont suit l'énumération, et qui se rapportent à l'étude des propriétés des courbes, à la détermination des lignes et des points dont les rapports avec ces courbes peuvent être remarquables :

- 1° Tangentes, ou droites ayant avec une courbe un élément commun. — Normales ou perpendiculaires sur la tangente au point de contact.
- 2° Asymptotes, ou droites s'approchant de la courbe, mais ne la rencontrant qu'à l'infini.
- 3° Courbes enveloppes. — Lieu des intersections successives de toutes les courbes engendrées par une équation $f(x, y, a) = 0$ dans laquelle a est un paramètre variable.
- 4° Courbures et développées. — Le centre de courbure d'une courbe est le centre du cercle, dit cercle osculateur, qui a deux éléments communs avec la courbe, et dont la courbure est par suite la même que celle de la courbe au point commun. Ce centre de courbure se confondant par suite avec le point de rencontre de deux normales infiniment voisines, le lieu des centres de courbure se confond avec l'enveloppe des normales à la courbe.
- 5° Centres. Point tel que toutes les droites

qui y passent et rencontrent la courbe en deux points y sont divisées en deux parties égales.

- 6° Diamètres. — Lieux des points milieux d'une série de cordes parallèles.
- 7° Axes. — Droites qui partagent une courbe en deux parties symétriques.
- 8° Foyers et directrices. — Points et droites jouissant de propriétés spéciales surtout au point de vue du tracé des courbes.
- 9° Points singuliers. — Points séparés des courbes continues, etc.
- 10° Conditions nécessaires à la détermination d'une courbe d'espèce donnée;
- 11° Similitude des courbes.

Deux autres théories complètent, au point de vue fondamental de la mesure, l'étude des courbes. Ce sont celles qui ont pour but :

- 1° La rectification des arcs de courbe;
- 2° La quadrature des surfaces planes enveloppées par des courbes.

GÉOMÉTRIE GÉNÉRALE A TROIS DIMENSIONS.

L'étude des surfaces se compose d'une suite de questions générales exactement analogues à celles qu'on se propose en traitant des lignes. Il n'y a d'autre différence analytique que d'envisager des équations à trois variables au lieu d'équations à deux variables, un point étant évidemment déterminé par l'intersection de trois plans parallèles à trois plans qui se coupent.

C'est dans le grand ouvrage de Monge qu'il faut étudier la théorie des plans tangents, des contacts de surfaces, etc., pour apprécier toute la généralité des méthodes analytiques, et en étudier notamment les applications aux surfaces du second degré qui sont d'un emploi fréquent dans l'art des constructions. Nous donnerons seulement ici les résultats de la théorie relativement aux sections principales et aux lignes de courbure qui ont des applications pratiques importantes.

Euler a le premier établi que, parmi toutes les sections normales faites par des plans passant par un même point d'une surface et la normale en ce point, on en pouvait distinguer deux principales, dont la courbure, comparée à celle de toutes les autres, était un *minimum* pour la première et un *maximum* pour la seconde, et dont les plans présentent cette circonstance remarquable d'être constamment perpendiculaires entre eux. Il a fait voir ensuite que, quelle que fût la surface proposée et sans qu'il fût même nécessaire de la définir, la courbure de ces deux sections principales suffisait seule pour déterminer complètement celle d'une autre section normale quelconque, à l'aide d'une formule invariable et très simple, d'après l'incli-

naison du plan de cette section sur celui de la section de plus grande ou de plus petite courbure.

Pour parvenir à la représentation la plus exacte des surfaces à l'aide de lignes, les géomètres ont cherché à déterminer les *lignes de courbure* des surfaces, c'est-à-dire celles qui jouissent de la propriété que deux normales consécutives à la surface peuvent y être regardées comme comprises dans un même plan. En chaque point d'une surface quelconque, il existe

deux de ces lignes qui se trouvent être constamment perpendiculaires entre elles, et dont les directions coïncident à leur origine avec celles des deux sections normales *principales* considérées ci-dessus. La détermination de ces lignes de courbure s'effectue très simplement sur les surfaces les plus usuelles, telles que les surfaces cylindriques, coniques et de révolution, et est très utile pour la représentation des surfaces dans les arts du dessin.

III. MÉCANIQUE.

La mécanique est la science du mouvement et des causes du mouvement.

La mécanique rationnelle se compose, comme la géométrie, de deux parties : les principes qui ressortent de la nature même du mouvement, des notions fondamentales les plus certaines que fournit l'expérience ; et la mécanique analytique ou l'application du calcul, l'interprétation concrète des relations algébriques en relations mécaniques, et, par suite, la mise en équation des problèmes de mécanique.

Les idées premières sur lesquelles repose la mécanique sont celles des mouvements uniformes ou variés dans un temps qui, lui-même, ne peut s'apprécier que par des déplacements identiques d'un corps ; la notion de la vitesse et enfin des forces.

On appelle *forces* les causes de mouvement, sans s'inquiéter aucunement, en mécanique, de la nature des forces ; ainsi deux forces qui impriment à un même corps la même vitesse dans la même direction sont regardées comme identiques, quelque différente que puisse être leur origine.

Cela posé, le problème général de la mécanique rationnelle consiste à déterminer l'effet que produiront sur un corps donné différentes forces quelconques agissant simultanément, lorsqu'on connaît le mouvement simple qui résulterait de l'action isolée de chacune d'elles. Toute la mécanique porte donc essentiellement sur la combinaison des forces, soit que, de leur concours, il résulte un mouvement dont il faut étudier les diverses circonstances, soit que, par leur neutralisation mutuelle, le corps reste en repos, se trouve dans un état d'équilibre dont la science doit fixer les conditions.

Inertie. — La définition des forces entraîne, comme conséquence, la loi d'inertie, c'est-à-dire

qu'un corps matériel en repos reste en cet état tant qu'il ne survient aucune action extérieure ou force ; et s'il se meut sans qu'aucune nouvelle force extérieure lui soit appliquée, son mouvement sera rectiligne et uniforme.

Il ne faut pas conclure de cette loi qu'un corps n'entre jamais pour rien dans la production des forces qui agissent sur lui, mais seulement que la matière dont il est formé est considérée comme entièrement passive, afin de n'avoir à tenir compte que de l'action de forces convenablement déterminées, pour établir les lois abstraites de l'équilibre et du mouvement.

Mesure des forces. — Nous avons dit qu'une force était une cause de mouvement. Quand le mouvement du corps est empêché par un obstacle insurmontable, la force se manifeste par une pression ou une traction sur l'obstacle. Les efforts dont sont capables des agents quelconques dans une direction et en un point déterminé sont par suite toujours comparables et peuvent se mesurer par des poids, ou mieux à l'aide d'instruments à ressorts tels que le *dynamomètre* de Regnier, certains pesons du commerce, etc., qui ont été tarés ou vérifiés à l'avance, en y suspendant des poids *étalons*. Ainsi les forces sont toujours exprimables en unités de poids, en *kilogrammes* par exemple, dont le nombre représente la grandeur de la force, et qui, comme tout nombre, pourra être représenté par des longueurs de ligne droite. — Cette manière d'évaluer les forces fait bien comprendre la loi, établie comme loi fondamentale par Newton, et confirmée par tous les résultats de la science, que *l'action est égale et contraire à la réaction*, c'est-à-dire que toujours, comme on le voit dans un ressort, le corps qui presse avec une certaine force est pressé par une force égale de direction contraire.

Indépendance des mouvements. — Le principe de l'indépendance des mouvements, dit M. A. Comte, considéré sous le point de vue le plus simple, se réduit à ce fait général, que tout mouvement rectiligne et uniforme exactement commun à tous les corps d'un système quelconque n'altère pas les mouvements particuliers de ces différents corps les uns à l'égard des autres, mouvements qui continuent à s'exécuter comme si l'ensemble du système était immobile.

Cette loi est encore fondée sur l'expérience de chaque jour; c'est ainsi que dans le mouvement général d'un bateau, quelque rapide qu'il puisse être, et suivant quelque direction qu'il ait lieu, les mouvements relatifs des objets placés sur le bateau continuent à s'exécuter exactement comme s'il était immobile, bien qu'ils se composent avec le mouvement total pour un observateur qui n'y participerait pas.

Ce principe conduit immédiatement à la composition des forces, au théorème dit du parallélogramme des forces, que, bien souvent dans l'enseignement, on s'efforce de démontrer par des considérations détournées mais bien inutilement, puisque, dès le début de la dynamique, on est obligé pour établir la proportionnalité des forces aux vitesses d'admettre ce principe de l'indépendance des mouvements.

Telles sont les notions sur lesquelles repose la mécanique rationnelle; indiquons maintenant les développements de cette science.

Divisions de la science. — On divise, en général, la mécanique en deux parties, celle qui traite des conditions d'équilibre ou la *statique*, et l'étude des lois du mouvement ou la *dynamique*. La statique offrant en général des questions plus faciles à traiter que la dynamique est ordinairement étudiée la première. Cette facilité résulte de ce que, dans les questions de statique, on fait *abstraction du temps*, c'est-à-dire que le phénomène à étudier étant considéré comme permanent ou instantané si l'on aime mieux, on n'a pas besoin d'avoir égard aux variations que les forces du système peuvent éprouver; considération qui complique essentiellement les questions de dynamique.

Nous devons, toutefois, faire remarquer qu'il y a dans cet ordre un inconvénient, c'est que si les études sont bornées aux premiers éléments de la science, on n'en garde que des notions incomplètes, quelquefois plus dangereuses qu'une ignorance absolue. Aussi cet ordre a-t-il été modifié par plusieurs maîtres de la science lorsque l'étude de la mécanique ne doit être utilisée que pour la connaissance des machines, mais il est nécessaire pour l'établissement des grands théorèmes de la mécanique rationnelle.

STATIQUE.

La statique a pour objet la détermination des conditions d'équilibre d'un système, conditions qui, en dernière analyse, sont représentées par des équations qui indiquent que le corps ne pourra prendre ni mouvement de translation dans aucune direction, ni mouvement de rotation dans aucun sens, ce qui conduit aux six équations qui expriment ces deux conditions pour trois plans rectangulaires, et par suite pour des plans quelconques.

Si l'on représente les forces par des droites proportionnelles à leur grandeur, il est clair que les considérations géométriques seront parfaitement convenables pour résoudre les questions de statique synthétiquement. C'est surtout ce qu'a fait, avec grand succès, M. Poinsot par l'introduction du couple, système composé de deux forces égales, opposées et parallèles, auxquelles une force unique ne saurait faire équilibre. Ces couples introduisant la considération des systèmes qui pourraient engendrer la rotation, comme les forces concourantes répondent aux mouvements de translation, conduisent facilement aux conditions d'équilibre.

La statique peut se réduire au contraire à une pure question analytique, comme l'a fait le célèbre Lagrange, en établissant d'abord *a priori* le principe des vitesses virtuelles qui fournit une équation renfermant implicitement toutes les équations qui doivent être satisfaites pour l'équilibre.

On appelle *vitesse virtuelle* un déplacement possible infiniment petit du point d'application d'une force, estimé suivant la direction de cette force.

Voici comment Lagrange pose, dans toute sa généralité, le principe des vitesses virtuelles sur lequel il a fait reposer le grand édifice de sa *Mécanique analytique*.

Si un système quelconque de tant de corps ou de tant de points que l'on veut, tirés chacun par des puissances quelconques, est en équilibre, et qu'on donne à ce système un petit mouvement quelconque, en vertu duquel chaque point parcourra un espace infiniment petit, la somme des puissances multipliées chacune par l'espace que le point auquel elle est appliquée parcourt suivant la direction de cette même puissance (projeté sur cette puissance), sera toujours égale à zéro, en regardant comme positifs les petits espaces parcourus dans le sens des puissances, et comme négatifs les espaces parcourus dans un sens opposé (dont la projection tombe en avant ou en arrière du point d'application).

Ce principe peut être démontré *a priori* comme il suit : Considérons une poulie mobile, soutenue par deux cordons et supportant un poids P; il est bien évident que les deux cordons seront tendus avec une force égale à $\frac{1}{2}$ P. Que l'on

monte sur le même axe deux poulies semblables, et qu'on fasse passer le même cordon sur ces poulies et sur deux autres poulies fixes, la tension de chacun des quatre brins du cordon sera $\frac{1}{4}P$. Et en général, dans ce système appelé *moufle*, composé de deux systèmes de poulies, les unes attachées à un point fixe, les autres mobiles, embrassées par une même corde, dont l'une des extrémités est fixement attachée et l'autre est tirée par une puissance, celle-ci est au poids porté par le système mobile comme l'unité est au nombre de cordons qui y aboutissent. Nous faisons abstraction, bien entendu, de tout frottement et de toute roideur de la corde dans ce raisonnement, et alors il est bien évident qu'à cause de la tension uniforme de la corde dans toute sa longueur, le poids est soutenu par autant de puissances égales à celle qui tend la corde qu'il y a de cordons qui soutiennent les poulies mobiles, puisque ces cordons sont tous parallèles, également tendus et agissent dans des circonstances identiques.

Maintenant, supposons que chaque force qui agit sur le système soit remplacée par l'action de moufles, d'un nombre de poulies convenable, fixées à des points extérieurs au système et dont la traction s'exerce suivant la direction de cette force. En faisant passer le même cordon sur toutes les moufles, au moyen de poulies de renvoi, la puissance qui, appliquée à son extrémité mobile, déterminera la tension de tous les cordons, produira, à l'aide de chaque moufle, des efforts égaux à chacune des forces du système si celles-ci sont à cette puissance unique comme le nombre des cordons est à l'unité. C'est-à-dire que si nous désignons par a , b , c , etc., les espaces infiniment petits qu'un mouvement ferait parcourir aux différents points du système, suivant les directions des puissances qui les tirent (projetés suivant la direction de ces puissances), et par P , Q , R , etc., ces forces, il faudra, pour l'équilibre des puissances représentées par les nombres P , Q , R , etc., que l'on ait l'équation :

$$Pa + Qb + Rc \dots = 0.$$

Autrement le mouvement virtuel correspondrait à un déplacement dans l'intérieur du système, l'équilibre n'aurait pas lieu.

De l'équation fondamentale ci-dessus se déduisent les équations d'équilibre par des transformations algébriques.

DYNAMIQUE.

Mouvement d'un point. — La question générale de la dynamique consiste à déterminer exactement toutes les circonstances du mouvement composé résultant de l'action simultanée de diverses forces, en supposant connu le mouvement rectiligne que prendrait le mobile sous

l'influence exclusive de chaque force envisagée isolément.

Il faut concevoir, sous le point de vue le plus général, que la loi d'un mouvement varié peut être donnée par une équation quelconque pouvant contenir quatre variables dont une seule est indépendante, le temps, l'espace parcouru, la vitesse ou la force, le problème consistera à déduire de cette équation la détermination distincte des trois lois caractéristiques relatives à l'espace, à la vitesse et à la force en fonction du temps, et par suite en corrélation mutuelle. Ce problème général se réduit à une recherche purement analytique, à l'aide des deux formules dynamiques fondamentales qui expriment, en fonction du temps, la vitesse et la force, quand on suppose connue la loi relative à l'espace.

Mouvement rectiligne d'un point libre. — La méthode infinitésimale conduit à ces deux formules avec la plus grande facilité.

Il suffit, en effet, pour les obtenir, de considérer, suivant l'esprit de cette méthode, le mouvement comme uniforme pendant la durée d'un intervalle de temps infiniment petit, et comme uniformément accéléré pendant deux intervalles consécutifs. Dès lors, la vitesse, supposée momentanément constante, sera exprimée par la différentielle de l'espace divisée par celle du temps, et la force continue par le rapport entre l'accroissement infiniment petit de la vitesse et le temps employé à produire cet accroissement.

Ainsi, en appelant t le temps écoulé, e l'espace parcouru, v la vitesse acquise et φ l'intensité de la force continue à chaque instant, la corrélation générale de ces quatre variables simultanées sera exprimée analytiquement par les deux formules fondamentales.

$$v = \frac{de}{dt} \quad \varphi = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2e}{dt^2}.$$

D'après ces formules, toutes les questions relatives à cette théorie préliminaire du mouvement varié se réduiront immédiatement à de simples recherches analytiques.

Mouvement curviligne d'un point libre. — D'après la méthode d'Euler, on obtient les équations de ce mouvement, en décomposant directement le mouvement du corps en chaque instant, ainsi que la force continue totale dont il est animé, en trois autres dans le sens des trois axes coordonnés. D'après la loi de l'indépendance des mouvements, le mouvement selon chaque axe étant indépendant du mouvement suivant les deux autres, n'est dû qu'à la composante totale des forces accélératrices parallèlement à cet axe; en sorte que le mouvement curviligne se trouve ainsi continuellement remplacé par le système de trois mouvements rectilignes, à chacun desquels on peut aussitôt appliquer la théorie dynamique préliminaire exposée ci-des-

sus. En nommant X, Y, Z les composantes totales, parallèlement aux trois axes des x , des y et des z , les forces continues qui agissent à chaque instant dt sur la molécule dont les coordonnées sont x, y, z , on obtient ainsi immédiatement les équations :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X \quad \frac{d^2y}{dt^2} = Y, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = Z.$$

Telles sont les équations différentielles fondamentales du mouvement curviligne d'après lesquelles les questions quelconques de dynamique se réduisent immédiatement à des problèmes purement analytiques, lorsque les données ont été convenablement exprimées.

En considérant d'abord la question générale directe, qui est la plus importante, on se propose, connaissant la loi des forces continues dont le corps est animé, de déterminer toutes les circonstances de son mouvement effectif. Pour cela, de quelque manière que cette loi soit donnée, ou en fonction du temps, ou en fonction des coordonnées, ou en fonction de la vitesse, il suffira, en général, d'intégrer ces trois équations du second ordre, ce qui donnera lieu à des difficultés analytiques plus ou moins élevées, que l'imperfection du calcul intégral pourra souvent rendre insurmontables. Les six constantes arbitraires, successivement introduites par cette intégration, se détermineront d'ailleurs, en ayant égard aux circonstances de l'état initial du mobile, dont les équations différentielles n'auront pu garder aucune trace. On obtiendra ainsi les trois coordonnées du point en fonction du temps, de manière à pouvoir assigner exactement sa position à chaque instant, et on trouvera ensuite les deux équations caractéristiques de la courbe qu'il décrit en éliminant le temps entre ces trois expressions.

Si, prenant maintenant en sens inverse la théorie générale du mouvement rectiligne d'une molécule libre, on se propose de déterminer, au contraire, d'après les circonstances caractéristiques du mouvement effectif, la loi des forces accélératrices qui ont pu le produire, la question sera nécessairement beaucoup plus simple sous le rapport analytique, puisqu'elle ne consistera essentiellement qu'en des différentiations; car il sera toujours possible alors, par des recherches préliminaires plus ou moins compliquées, qui ne pourront porter que sur des considérations purement géométriques, de déduire, de la définition primitive du mouvement proposé, les valeurs des trois coordonnées du mobile à chaque instant en fonction du temps écoulé; et dès lors, en différentiant deux fois ces trois expressions, on obtiendra les composantes des forces continues suivant les trois axes, d'où l'on pourra conclure immédiatement la loi de la force accélératrice totale, de quelque nature qu'elle soit.

C'est ainsi que, en astronomie, les trois lois fondamentales trouvées par Képler pour les mouvements des corps célestes qui composent notre système solaire, ont conduit à la loi de la gravitation universelle, qui devient ensuite la base de toute la mécanique de l'univers.

Mouvement sur une courbe. — Après avoir établi la théorie du mouvement curviligne d'une molécule libre, il est aisé d'y faire rentrer le cas où cette molécule est assujettie, au contraire, à rester sur une courbe donnée.

Il suffit de comprendre alors, dans les forces continues auxquelles la molécule est soumise, la résistance totale exercée par la courbe proposée, ce qui permettra évidemment de considérer le mobile comme entièrement libre. Toute la difficulté propre à ce second cas se réduit donc à analyser avec exactitude cette résistance. Or, il faut, à cet effet, distinguer d'abord dans la résistance de la courbe deux parties très différentes.

La première provient de la pression exercée sur la courbe proposée par les forces accélératrices dont il est animé. On l'obtiendra en déterminant la composante de la force continue totale, suivant la normale à la courbe donnée au point que l'on considère.

La seconde résulte de la tendance perpétuelle du corps à abandonner la courbe qu'il est forcé de décrire, pour continuer à suivre, en vertu de la première loi fondamentale du mouvement, la direction de la tangente. Cette seconde résistance, à laquelle on a donné le nom de *force centrifuge*, qui se manifeste dans le passage du mobile d'un élément de la courbe à l'élément suivant, est évidemment dirigée à chaque instant selon la normale à la courbe située dans le plan osculateur.

Dans un cercle, elle a pour expression le carré de la vitesse avec laquelle le mobile décrit le cercle, divisé par le rayon de ce cercle. En combinant ce résultat avec la théorie des rayons de courbure également due à Huyghens, le mouvement pouvant toujours être considéré comme s'effectuant dans le cercle osculateur qui a deux éléments communs avec la courbe, l'expression générale de la force centrifuge est donc, pour une courbe, égal au carré de la vitesse divisé par le rayon du cercle osculateur.

De la masse des corps. — Remarquons que tout ce que nous venons de dire d'un point matériel s'applique aux corps, en tenant compte de leur masse, de la quantité de matière pondérable dont ils sont composés. Le kilogramme était pris pour unité de force, le mètre pour unité de longueur. L'unité de masse sera fournie par la relation $P = mg$, P étant égal à 1 et g à 9,808. Cette relation est fournie par la proportionnalité des forces aux vitesses et aux masses qui constitue un des principes fondamentaux de la mécanique.

Principe de d'Alembert. — Puisque, par les réactions que les divers corps exercent les uns sur les autres en vertu de leur liaison, chacun d'eux prend un mouvement différent de celui que les forces dont il est animé lui eussent imprimé s'il eût été libre, on peut évidemment regarder le mouvement naturel comme décomposé en deux, dont l'un est celui qui aura effectivement lieu, et dont l'autre, par conséquent, aura été détruit. Le principe de d'Alembert consiste proprement en ce que tous les mouvements de ce dernier genre, ou, en d'autres termes, les quantités de mouvement perdues ou gagnées par les différents corps du système dans leur réaction, se font nécessairement équilibre, en ayant égard aux conditions de liaison qui caractérisent le système proposé.

En considérant le principe de d'Alembert sous le point de vue le plus philosophique, on peut, dit M. A. Comte, en reconnaître le véritable germe primitif dans la seconde loi fondamentale du mouvement établie par Newton sous le nom d'égalité de l'action et la réaction. Le principe de d'Alembert coïncide exactement, en effet, avec cette loi de Newton quand on envisage seulement un système de deux corps agissant l'un sur l'autre suivant la ligne qui les joint.

D'après ce principe général, on conçoit que toute question de dynamique pourra être immédiatement convertie en une question de statique, puisqu'il suffira de former, dans chaque cas, les équations d'équilibre entre les mouvements détruits; ce qui donne la certitude de pouvoir mettre en équation un problème quelconque de dynamique, et de le faire ainsi dépendre uniquement de recherches analytiques.

Il en résulte, par suite, que la méthode la plus philosophique pour traiter la dynamique rationnelle consiste à combiner le principe de d'Alembert avec le principe des vitesses virtuelles qui fournit directement toutes les équations nécessaires à l'équilibre d'un système quelconque. Telle est la combinaison conçue par Lagrange, et si admirablement développée dans sa *Mécanique analytique*, qui a élevé la science générale de la mécanique abstraite au plus haut degré de perfection que l'esprit humain puisse ambitionner sous le rapport logique, c'est-à-dire à une rigoureuse unité, toutes les questions qui sont du ressort de cette science étant uniformément rattachées à un principe unique, d'après lequel la solution définitive d'un problème quelconque ne présente plus nécessairement que des difficultés analytiques.

THÉORÈMES GÉNÉRAUX.

Les formules générales de la dynamique permettent d'établir quelques grands principes fort importants par leur généralité, et qui dominent toutes les applications de la science mécanique.

Nous ne parlerons que pour mémoire de la belle théorie des cas d'équilibre stable et instable, qui, ramenés à des questions de maxima et de minima, sont si bien résolus par les méthodes de calcul que Lagrange a réunies sous le nom de calcul des variations.

Principe des forces vives. — Nous indiquons seulement ici le principe des forces vives qui n'est que l'application de la méthode synthétique dont nous avons parlé ci-dessus. Ses propriétés résultent surtout de ce que, pour une machine, l'équation du principe des vitesses virtuelles, indiquée comme fondamentale pour la statique, n'aura plus qu'une interprétation possible, que chaque point ne peut parcourir qu'un chemin déterminé par les liaisons de la machine. Il en résulte que l'équation fondamentale, base que fournit la mécanique rationnelle à l'étude de la mécanique appliquée aux machines, est suffisante pour déterminer toutes les conditions de leur perfection.

Principe relatif au mouvement du centre de gravité. — Ce principe peut s'énoncer de la manière suivante :

Le centre de gravité d'un système quelconque se meut de la même manière qu'un point entièrement libre dans lequel serait concentrée toute la masse du système, et auquel on appliquerait des forces égales et parallèles à celles qui sollicitent les différents points. Les actions mutuelles qui s'exercent entre les diverses parties du système sont absolument sans influence sur le mouvement du centre de gravité.

Si, par exemple, on considère un bateau mù par des rames; pour déterminer le mouvement de son centre de gravité il faut supposer que toutes les forces qui proviennent de l'action de l'eau sur les rames et sur le bateau agissent sur un même point matériel ayant même masse que le bateau. Quant aux actions exercées par les rameurs sur les rames, par les pieds des rameurs sur le fond du bateau, etc., il est absolument inutile d'en tenir compte; car ce sont des actions mutuelles entre les points du système considéré.

Principe des aires. — Le principe des aires s'applique aux systèmes qui ne sont sollicités que par l'action mutuelle de leurs différents points. Il s'applique donc essentiellement à l'astronomie, et ne peut avoir d'emploi dans les applications de la mécanique à l'industrie. Voici son énoncé :

Si un système n'est sollicité par aucune force extérieure, que l'on joigne chacun des points matériels qui le composent à un point fixe, la somme des produits des masses élémentaires par les aires respectives que tracent leurs projections sur un plan fixe est proportionnelle au temps. Ce principe s'applique à un système ayant un point fixe, pourvu que l'on prenne le point fixe pour l'origine des rayons vecteurs.

Il s'applique aussi à un corps pesant, pourvu que l'on prenne son centre de gravité pour origine des rayons vecteurs, et que, faisant abstraction du mouvement de ce centre de gravité, on ne considère que la rotation du corps autour de ce point considéré comme fixe.

ASTRONOMIE.

D'après le but que nous poursuivons, nous devons tendre vers les applications des sciences qui trouvent leur emploi dans l'industrie; nous n'avons donc pas à nous arrêter beaucoup sur l'application directe que trouve la mécanique dans l'étude des corps célestes à l'astronomie, ce qui a fait appeler par Laplace *mécanique céleste* la théorie des mouvements des astres. Cependant nous devons dire quelques mots des admirables résultats auxquels la science est parvenue, et qui constituent peut-être le plus beau titre de gloire de l'esprit humain, car elle conduit à des connaissances très importantes non-seulement pour la vie civile, mais encore pour l'agriculture, et surtout pour la navigation.

Comme nous allons le voir ci-après, la mécanique rationnelle, fondée sur l'étude du mouvement des corps, considérés dans leur plus grande abstraction, ne peut suffire dans la pratique de l'industrie pour l'étude des phénomènes du mouvement des corps; il faut, par l'étude de leur nature physique, tenir compte de leur constitution, combiner une foule de lois complexes qui interviennent simultanément dans la production d'un seul phénomène.

Il n'en est pas de même pour le mouvement des corps célestes : leur action mutuelle étant à chaque instant la cause unique des modifications de leurs mouvements, le problème que nous présentent les corps célestes est complètement soluble, à l'aide des ressources qu'offre la mé-

canique rationnelle. D'où ce résultat bien remarquable, que le mouvement des corps célestes, placés à de si immenses distances de nous, peut être infiniment mieux connu, les périodes en être bien prévues avec une précision infiniment plus grande que les circonstances du mouvement d'un corps placé à la surface de la terre.

C'est à l'aide du principe des aires que Newton remonta des belles observations de Kepler, qui avait précisément mesuré celles-ci pour les corps célestes, à l'admirable loi de la gravitation, la gloire des temps modernes.

Tous les grands travaux dus aux successeurs de Newton n'ont eu surtout pour objet que d'étendre les vérifications et les applications de cette théorie. Ne parlons ici que de celles qui se rapportent à la navigation et à la théorie des éclipses.

Puisque la forme de la trajectoire, la vitesse, en un mot toutes les lois du mouvement sont déterminées pour chaque astre, il est possible de calculer les positions que chacun d'eux occupera à des époques déterminées. De là la publication de la *Connaissance des temps*, qui fournit à l'avance aux marins la position relative de plusieurs astres à certains jours et à certaines heures de l'année, en un lieu quelconque du globe, à Paris, par exemple. Le navigateur a ainsi, par une observation, le moyen de déterminer l'heure à Paris, pendant que le passage du soleil au méridien lui fournit le midi, et par suite, l'heure du lieu qu'il occupe; d'où se déduit la longitude du lieu où il se trouve par la différence des heures.

Lorsque deux astres doivent être placés de telle sorte que l'un se trouve dans le cône d'ombre projeté par l'autre, éclairé par le soleil, les mêmes calculs astronomiques permettront de déterminer à l'avance l'étendue et la durée de l'éclipse pour des points déterminés du globe.

DE L'ENSEMBLE DE LA SCIENCE MATHÉMATIQUE.

Nous pouvons déduire du court exposé que nous venons de faire de l'esprit des principales théories qui composent les sciences mathématiques, les principaux délinéaments de cette philosophie première qu'à l'exemple de Descartes nous avons cherché à indiquer, et qui comprend, quant au point de vue de son utilité, la théorie des connaissances que l'homme peut acquérir, connaissances indispensables pour que le travail industriel, la modification de la nature par l'action de l'homme, soit possible.

La notion scientifique par excellence est celle de *mesure*. Les phénomènes ne sont que décrits, que catalogués tant que l'idée de mesure

n'a pas été introduite dans leur étude. Bien entendu que nous entendons parler ici de *mesure* dans l'acception la plus générale du mot, que nous ne parlons pas seulement du cas où elle est directe, mais de tous ceux où elle peut être obtenue indirectement, par les relations d'un ordre quelconque des divers éléments du phénomène avec la grandeur à déterminer.

C'est grâce à cette notion de mesure que les lois des phénomènes peuvent être considérées comme des relations exprimées par des quantités; c'est ainsi, comme nous l'avons vu en géométrie analytique, que les rapports de position, qui paraissent d'un ordre tout spécial,

peuvent être remplacés par des rapports entre des quantités ; qu'en un mot les rapports entre les grandeurs liées entre elles dans un phénomène, qui varient en même temps, sont fonctions les unes des autres, sont représentées par une équation entre des quantités.

L'important progrès qui fait des équations l'expression des lois des phénomènes géométriques et mécaniques fait comprendre toute l'importance : 1° des sciences de calcul qui traitent des expressions possibles des fonctions, de la théorie des équations, des méthodes à suivre pour déduire les quantités inconnues de l'expression de leurs rapports avec des quantités connues ; 2° du calcul infinitésimal qui, en permettant de procéder par l'étude de la loi de continuité d'un phénomène, est le plus puissant instrument que le génie de l'homme ait découvert pour établir la loi complète qui règle les variations simultanées de diverses quantités.

Après l'étude des sciences du calcul, de la mathématique pure, que l'on doit considérer, à proprement parler, comme une extension de la logique, comme l'ensemble des conceptions de l'intelligence humaine s'appliquant à prévoir la succession des phénomènes, on doit naturellement passer à l'étude des corps de la nature, à ce qu'ils offrent de plus général.

Les corps de la nature considérés en eux-mêmes sont essentiellement définis par l'étendue, considérés par rapport à d'autres dont les distances varient, par le mouvement.

Ces deux abstractions, l'étendue, base de la géométrie, le mouvement, base de la mécanique, comparables à la notion de quantité, base des sciences de calcul pour l'universalité de leur application à tous les corps de la nature, forment avec celle-ci les sciences mathématiques ou sciences par excellence. Bien qu'elles empruntent à l'expérience quelques notions concrètes, toutefois celles-ci sont assez simples, assez nettes pour que, de déduction en déduction, l'esprit humain puisse les faire servir de base à des sciences étendues et d'une exactitude égale dans toutes les conséquences à celle de la science du calcul ; elles ne partent, en effet, que d'un petit nombre d'idées parfaitement nettes pour notre esprit.

Pour étudier d'une manière générale la géométrie et la mécanique, il faut parvenir à donner une forme algébrique aux relations qui se présentent sous une forme concrète et qui ne peuvent être considérées comme formant partie d'une science complète qu'autant que tous les progrès de la théorie des fonctions viennent y trouver une application. Mais pour obtenir ce résultat, il faut d'abord étudier directement les principes nécessairement spéciaux de ces sciences, puis découvrir ensuite l'interprétation concrète des résultats généraux de la science du

calcul pour chaque science particulière ou inversement.

Nous avons indiqué comment la géométrie se composait d'abord de géométrie spéciale ou géométrie des anciens, dans laquelle les principes étaient établis directement ; c'est en partant de ces principes et par des méthodes géométriques spéciales, c'est-à-dire sans s'élever à la compréhension de l'identité des rapports géométriques avec les rapports algébriques, que les anciens étaient arrivés à la solution d'un nombre important de problèmes relatifs à certaines lignes.

Dans la géométrie générale ou analytique constituée par les modernes, grâce au génie de Descartes, les lignes et leurs propriétés peuvent être étudiées d'une manière générale ; les équations à deux variables trouvent leur interprétation dans les lignes, celles à trois variables dans les surfaces ; les questions relatives aux tangentes, aux longueurs de courbes, à la surface des aires, etc., répondent à des formules générales, et chaque cas particulier donne lieu à effectuer un calcul déterminé.

Dans la mécanique, nous avons trouvé la même division, c'est-à-dire qu'il a fallu d'abord établir les principes fondamentaux des phénomènes auxquels le mouvement donne lieu, à l'aide de l'expérience. Ce n'est qu'après les avoir établis qu'il a été possible de chercher à formuler sous forme algébrique les lois des phénomènes. Ces séries de déductions basées sur les premiers principes, et conduisant à l'établissement des théorèmes généraux, constituent la mécanique rationnelle, l'ensemble des lois générales toujours vérifiées dans les phénomènes de mouvement.

Nous avons remarqué aussi que la mécanique venait emprunter des secours à la géométrie, non-seulement parce que le déplacement du mobile venait donner naissance à une courbe qui pouvait être étudiée par les méthodes géométriques, mais encore parce que dans l'équilibre, cas particulier du mouvement, la question devient en quelque sorte géométrique, et les ressources de la géométrie fournissent des méthodes directes pour l'étude synthétique de la statique.

De ce que les deux dernières divisions de la science mathématique renferment les notions les plus générales, les plus abstraites qu'il nous soit possible d'avoir sur les corps de la nature, on conçoit comment c'est à réduire à des notions du domaine de ces sciences que se bornent les explications des phénomènes que les autres sciences enregistrent. Nous ne voulons pas insister ici sur une observation sur laquelle nous aurons à revenir plus en détail ; mais nous devons la consigner ici pour faire apprécier toute la portée des sciences mathématiques.

Remarquons aussi, en nous plaçant au point

de vue principal de ce travail, que ces sciences, essentiellement déductives, n'empruntent à l'observation qu'un petit nombre de vérités que notre esprit voit par intuition et qui, servant de base à de nombreuses déductions, ne sont pas (prises isolément) directement applicables. Elles ne font pas acception de toute la réalité des corps de la nature, mais seulement de quelques notions très générales, très abstraites. Les lois fondamentales qu'elles établissent sont nécessairement les plus importantes de toutes; mais elles ne peuvent être appliquées avec certitude aux corps de la nature qu'autant qu'on aura étudié ceux-ci en eux-mêmes, qu'on appliquera aux corps tels que nous aurons reconnu qu'ils existent, à l'aide de tous les moyens d'investigation dont nous pouvons disposer, et non pas seulement aux corps abstraits, définis seulement par des propriétés générales et prédominantes, tels que notre esprit les imagine, qui renferment en quelque sorte les corps de la nature, mais ne sont pas ces corps.

Au point de vue qui nous a fait entreprendre ce travail, nous ne pouvons donc faire suivre l'exposé des sciences mathématiques de l'indi-

cation des applications de ces connaissances à la pratique industrielle, avant d'avoir étudié dans les sciences naturelles la nature intime des corps. Passons donc à l'étude de celle-ci; mais remarquons que pour elle la division précédente n'a plus d'objet. Les corps étudiés en eux-mêmes, et non tels qu'une abstraction de notre esprit peut nous les représenter, fournissent des connaissances qui sont scientifiques si on se place à un point de vue spéculatif, qui sont technologiques si on se place au point de vue de l'application qu'on en peut faire.

Nous réunissons donc l'indication de ces deux études dans ce qui va suivre, et aurons à insister avec un peu plus de détails sur les résultats principaux de la science qui sont intimement liés à la technologie; nous reviendrons ensuite sur les applications des sciences mathématiques aux corps conçus avec toutes leurs propriétés, et verrons que nous parcourrons ainsi le cadre complet des connaissances du savant, de l'ingénieur, du fabricant et de l'ouvrier qui, au point de vue de l'application, se partagent, par une division bien entendue du travail, l'exploitation de la nature.

IV. PHYSIQUE.

L'homme est en communication avec le monde extérieur par ses sens; ce sont donc ceux-ci qui lui indiquent les modifications de la nature, ses modes généraux d'existence. C'est ainsi qu'il reconnaît par la vue les phénomènes de la lumière, par la vue et le toucher la forme des corps, par ce dernier seul leur matérialité et aussi les phénomènes de chaleur; enfin par l'ouïe il entend les sons. Cependant ce serait se faire une fausse idée des résultats auxquels ont conduit les recherches des physiiciens que de les croire limités à la connaissance des lois des phénomènes qui se révèlent pour ainsi dire d'eux-mêmes à nos sens. Ceux-ci restent nécessairement la seule base possible de nos moyens d'observation; mais leur action, amplifiée par le secours que leur prêtent des découvertes antérieures, vient s'appliquer à l'observation de phénomènes modifiés dans leurs effets, de manière à devenir facilement observables. C'est ainsi, par exemple, que des courants électriques ne nous sont nullement perceptibles par eux-mêmes; ils le deviennent, leur étude fournit la base d'intéressantes théories, et conduit à de curieuses découvertes lorsqu'on rend mobiles les corps que traversent ces courants,

lorsqu'ils peuvent obéir à l'action de ces courants.

C'est d'après les résultats de la science, d'après une étude de la nature bien plus complète que ne l'indique la série des phénomènes perceptibles à première vue par les sens, que peut s'établir la classification des modes généraux d'existence des corps dont l'étude est l'objet de la physique.

On établit les six divisions suivantes :

Constitution des corps. — Corps solides. — Ténacité. — Malléabilité. — Compressibilité. — Cristallisabilité. — Corps amorphes. — Liquides. — Gaz.

Chaleur. — Mesure de la chaleur. — Lois de propagation. — Effets de la chaleur. — Production de la chaleur.

Electricité, statique, — en mouvement.

Magnétisme et électro-magnétisme.

Acoustique. — Production du son. — Sa nature. — Lois de sa propagation.

Lumière. — Réflexion. — Réfraction. — Double réfraction. — Polarisation. — Théorie des ondulations.

But de la science physique. — Nous avons déjà remarqué que les notions de quantité, d'étendue, de mouvement sur lesquelles reposent les sciences mathématiques, sont le dernier degré d'abstraction des propriétés inhérentes à la matière auquel notre esprit puisse s'élever; les plus irréductibles auxquelles il puisse parvenir. Il en résulte que l'explication d'un phénomène est pour nous complète, lorsque nous sommes parvenus à en rapporter la cause à des phénomènes géométriques ou mécaniques, à le mesurer (il n'y a vraiment science que quand ce résultat est obtenu) en vertu du résultat de ces sciences.

Si l'on considère un instant l'explication d'un des phénomènes qu'étudie la physique, on voit comment il en est ainsi. Le son, par exemple, est un phénomène obscur pour nous, tant qu'il n'est que perçu par l'oreille; il est étudié, analysé, connu pour nous quand nous savons qu'il est produit par le mouvement vibratoire d'une corde tendue, propagé par le mouvement d'ondes formées dans l'air; il est étudié scientifiquement, il est mesuré lorsqu'on connaît l'amplitude, le nombre de vibrations de la corde en une seconde, la longueur de la vitesse de propagation des ondes.

On ne saurait aller au-delà de cette explication d'un phénomène aussi complexe que paraît le son, et l'on voit qu'elle n'est en réalité que la réduction de ce phénomène à des considérations mécaniques.

En s'élevant au point de vue général, on comprend que les corps en repos ne donnent essentiellement lieu qu'à des considérations géométriques; c'est par l'étendue, la forme, que nous en avons la perception; les corps en mouvement, ou soumis à l'action de forces qui tendent à produire le mouvement, donnent lieu à des considérations mécaniques.

Toute modification dans l'état d'un corps étant naturellement rapportée dans notre esprit à une cause qui la produit, nous assimilons naturellement ces causes aux causes de mouvement ou forces qui nous sont connues, la loi d'action de ces forces pouvant d'ailleurs être différente de celles connues. Cette assimilation est la source principale de toutes les hypothèses servant à l'explication des phénomènes, genre d'artifice qui permet souvent de devancer l'expérience qui ne sert plus alors qu'à fournir des vérifications.

Méthode. — L'étude des faits, leur observation multipliée étant la seule base certaine des connaissances dont la déduction puisse tirer des lois plus ou moins hypothétiques en égard à l'état de la science, c'est évidemment l'expérience qui constitue la principale ressource des physiciens pour l'étude de toutes les questions un peu compliquées. Ce moyen artificiel fondamental consiste toujours à observer en dehors des circonstances naturelles, en plaçant les corps dans des

conditions artificielles instituées expressément pour faciliter l'examen de la marche des phénomènes qu'on se propose d'analyser sous un point de vue déterminé, mis de la sorte en relief.

C'est en physique que l'expérimentation atteint son plus haut degré de développement, parce que notre pouvoir de modifier les corps n'y est forcé à aucune sorte de restriction. Ce n'est plus le cas des êtres organisés, chez lesquels s'ajoute la nécessité de maintenir l'état de vie et autant que possible l'état normal, ce qui exige un ensemble complexe de conditions.

Après les expériences, la principale base du perfectionnement de la physique résulte de l'application de l'analyse mathématique, d'une manière plus ou moins complète suivant les différents cas.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CORPS.

De la matière.

Les idées les plus abstraites, les plus générales qu'éveillent en nous les corps de la nature, l'étendue, la grandeur, la motilité, font l'objet, comme nous l'avons vu, des sciences mathématiques.

Il est quelques autres propriétés de la matière, qui, s'appliquant à tous les corps, n'ont pas le degré d'abstraction des premières, ne sauraient être comprises indépendamment de la nature propre des corps; ce sont ces propriétés qu'on appelle propriétés physiques.

Celle qui s'offre la première aux yeux est la différence de constitution des corps solides, liquides ou gazeux. L'étude des phénomènes qui se rattachent à la constitution des corps est la première dont s'occupe le physicien.

Corps solides.

Les corps solides se présentent à nous doués d'un certain nombre de propriétés qui permettent d'en concevoir nettement la structure, et inversement par la connaissance des causes de cette structure de prévoir un certain nombre de phénomènes qui dépendent de celle-ci, et sont de la plus grande importance pour la pratique.

Porosité. — Les corps sont composés de parties non contiguës laissant entre elles des intervalles plus ou moins apparents. C'est ce que l'expérience démontre de bien des manières.

La notion de porosité, fournie par la vue de parties sensibles, écartées entre elles de distances appréciables, conduit à la notion de la structure des corps, considérés comme composés de parties extrêmement petites, écartées entre elles de distances non appréciables, tenues en équilibre par l'action de forces.

De la cohésion. — La force qui rend adhérentes entre elles les molécules des corps solides, celle qui résulte de l'attraction mutuelle des molé-

cules de la matière à des distances infiniment petites, est rendue sensible par la ténacité des corps solides, par la résistance qu'ils opposent à la rupture.

La mesure de la ténacité est fort importante pour les arts industriels, et constitue la part la plus importante de l'étude d'un corps solide au point de vue de l'usage qu'on en peut faire.

Elasticité — Lorsque la force mécanique appliquée à exercer une traction sur un corps est insuffisante pour produire aucune rupture entre les molécules, le corps reprend son état primitif lorsque la force cesse d'agir. C'est ce qu'on appelle l'élasticité des corps, propriété si fréquemment employée dans les arts et qui varie avec le mode de constitution moléculaire des corps.

Ductilité — *Malléabilité*. — Lorsque la force qui agit sur le corps agit par compression, tantôt le corps est réduit en poussière, tantôt les molécules, lorsqu'il est ductible ou malléable, déplacées par un effort de traction, restent adhérentes entre elles, et le corps peut s'étirer en fils à la filière, ou s'étendre en plaques sous l'action du laminoir.

Dureté. — Un corps est plus dur qu'un autre lorsqu'étant frottés l'un sur l'autre, le premier raye ou entame le second sans en être lui-même aussi profondément attaqué. En faisant agir ainsi tous les corps l'un sur l'autre, on parviendrait à les ranger suivant l'ordre de leur dureté; mais cet ordre ne conviendrait qu'aux corps placés dans les conditions de l'examen, la constitution d'un corps et sa dureté pouvant être modifiées par la chaleur, la trempe.

Crystallisabilité. — C'est la propriété des molécules des corps de s'orienter, de se disposer de manière à fournir des formes déterminées pour les corps placés dans des conditions convenables.

Les résultats de la cristallographie nous conduisent à des notions intéressantes sur la constitution intime des corps.

Si l'on divise un cristal en parties aussi ténues que possible, par les moyens mécaniques, on reconnaît, à l'aide du microscope, que ces parties sont de petits cristaux semblables au gros cristal primitif, ce qui conduit à admettre la seule manière dont nous puissions concevoir un peu clairement la formation d'un cristal : que les molécules premières qui s'orientent dans le liquide, sous l'influence de forces qui s'exercent par leurs pôles, sont de même forme que le cristal.

C'est cette molécule primitive, inaltérable tant que la nature du corps ne change pas, qui exerce les actions dites forces d'attraction, de cohésion, qui se meut, s'écarte des molécules voisines sous l'influence de la force répulsive dont nous reconnaitrons la cause dans la chaleur.

Nous verrons bientôt comment les résultats de la chimie conduisent à modifier cette conception ou plutôt la complètent, en forçant à considérer

cette molécule comme un groupe d'atomes chimiques, disposés suivant une forme géométrique déterminée, qui varie même quelquefois pour un même corps dans les cas d'isomérisme.

Liquides.

Ce qui constitue les liquides, c'est l'absence de cohésion entre les molécules qui les composent. Le liquide parfait serait celui dont les molécules n'opposeraient au mouvement d'autre résistance que celle de leur propre inertie. Le défaut de mobilité complète, qui persiste en général dans les liquides, s'appelle la *viscosité*.

Par les divers degrés de développement que la viscosité peut atteindre elle fait apparaître, entre l'état solide et l'état liquide, tous les degrés intermédiaires possibles.

L'étude des lois du mouvement des liquides et de celles qui président à leur équilibre se rattache théoriquement à la mécanique rationnelle et a reçu le nom d'hydrostatique et d'hydro-dynamique. Ce sont surtout des résultats d'expériences qui remplacent dans la pratique cette partie peu avancée de la théorie.

Egalité de pression. — La loi fondamentale de l'équilibre des liquides est celle de l'égalité de pression en tous sens, c'est-à-dire qu'un liquide transmet sans altération à toutes ses parties une pression exercée sur une portion quelconque de sa surface.

Compressibilité des liquides. — La compressibilité des liquides est extrêmement minime, et on peut, sans inconvénient, les considérer dans les applications comme incompressibles. Dans les expériences les plus précises on a trouvé en fraction du volume primitif, pour une pression d'une atmosphère, 0,000049 pour l'eau, 0,000033 pour le mercure, 0,000091 pour l'alcool, 0,000126 pour l'éther.

Capillarité. — Lorsqu'un corps solide est réduit en un tube d'un diamètre moindre qu'un millimètre, et qu'on en plonge l'extrémité dans un liquide, on observe que le niveau intérieur se maintient au-dessus ou au-dessous du niveau extérieur, selon que le liquide mouille ou ne mouille pas la substance du tube.

Ces phénomènes s'expliquent par la comparaison des attractions que le corps solide exerce sur le liquide, et celles que les molécules liquides exercent les unes sur les autres. Ils jouent un rôle extrêmement important dans les arts et surtout dans la biologie. Ce sont eux qui favorisent l'absorption et la circulation dans les plantes. On le comprendra facilement d'après la loi démontrée par l'expérience, que les élévations du liquide dans un tube capillaire sont en raison inverse des diamètres, et en observant combien sont petits les diamètres des canaux cellulaires des plantes, des pores des tissus animaux.

Gaz.

Dans l'état gazeux les molécules ne manifestent plus d'attraction les unes pour les autres. La force répulsive de la chaleur qui s'incorpore dans le corps qui passe à l'état gazeux est seule sensible et détermine chez les gaz une tendance à augmenter de volume.

Compressibilité et élasticité des gaz. — Les gaz sont des corps éminemment compressibles, et dans une foule de cas nous faisons varier leurs volumes, dans d'énormes proportions, par l'emploi de forces mécaniques. Cette variation suit une loi très simple, dite loi de Mariotte. Elle consiste en ce que les volumes occupés par une même masse de gaz sont en raison inverse des pressions qu'elle supporte.

Les expériences de M. Regnault ont indiqué que cette loi n'était pas absolument rigoureuse, comme on l'avait cru reconnaître, et que pour de très grandes variations de pression il fallait lui faire subir une très faible correction, variable pour chaque gaz, ayant par suite un rapport intime avec la nature de celui-ci.

Mouvement des gaz. — Le mouvement des gaz, ou la pneumatique, fait partie de l'hydro-dynamique. Comme dans les liquides, dans les fluides élastiques, la pression se répartit également dans tous les sens dans l'état d'équilibre, principe fondamental qui rend les lois des mouvements des deux espèces de corps très voisines au moins pour les besoins de la pratique.

Pesanteur.

L'action de la force constante, de l'attraction de la terre sur tous les corps placés à sa surface s'appelle pesanteur. Le calcul indique les lois du mouvement des corps sollicités par une force constante, ou plutôt l'observation des lois de la chute des graves indique qu'elle est due à l'action d'une force constante.

Si tous les corps de la nature ne se précipitent pas vers le sol avec une même vitesse, cet effet est dû à la présence de l'air, comme on le voit aisément, en les faisant tomber dans une capacité dont on a retiré l'air.

Du pendule. — Si l'on supporte une sphère pesante par un fil inextensible attaché à un point fixe, on aura le système appelé pendule, qui permet d'évaluer l'intensité de la pesanteur. En effet, la tige du pendule faisant un certain angle avec la direction de la pesanteur, la verticale du lieu, si le système est abandonné à lui-même, le point matériel se meut d'un mouvement accéléré; il arrive au point le plus bas de sa course avec une vitesse acquise et remonte alors de l'autre côté de la verticale; dans cette partie ascendante de sa trajectoire, la pesanteur agit comme force retardatrice et diminue la vitesse des mêmes quantités dont elle l'avait augmentée dans la partie

descendante; il suit de là que le point matériel parviendra, avec une vitesse nulle, à la même hauteur d'où il est descendu. La pesanteur continuant d'agir, il redescendra de nouveau pour former des oscillations semblables et dans le même temps.

Si l'angle est d'un petit nombre de degrés, le temps t d'une oscillation est donné par la formule

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

l étant la longueur du pendule, g l'intensité de la pesanteur, et π la mesure de la circonférence dont le diamètre est 1.

Du poids. — *Des balances.* — Le poids d'un corps est la pression qu'il exerce contre l'obstacle sur lequel il repose; cette pression est mesurée par la balance. La pesanteur s'exerçant sur tous les corps permet de mesurer en chaque lieu les masses proportionnelles aux poids et de suivre ainsi toutes les transformations de la matière, lorsque toutes les propriétés apparentes d'un corps viennent à se modifier. C'est ainsi que la chimie a été créée par l'emploi judicieux de la balance.

Pesanteur de l'air. — Tous les corps placés à la surface de la terre sont soumis à la pesanteur, notamment les gaz sur lesquels cette action est peu apparente. C'est ainsi que l'atmosphère qui entoure la terre doit peser sur les corps placés à la surface de celle-ci.

En effet, si l'on prend, comme l'a fait, le premier, Torricelli, un tube bouché à une extrémité, qu'après l'avoir rempli d'un liquide, de mercure par exemple, on le renverse dans un bain de mercure; si le tube est suffisamment long, au moment où l'extrémité bouchée devient libre, on voit le liquide descendre et s'arrêter à 0^m,76 environ au-dessus du niveau extérieur. Cette colonne exerce par son poids, sur le bain qu'elle surmonte, une pression qui remplace celle que l'atmosphère exerce à l'extérieur, elle lui fait équilibre et peut servir à la mesurer.

Cette pression, qui ne varie que dans des limites étroites, forme une unité souvent employée dans les arts et qui se nomme une *atmosphère*.

Principe d'Archimède. — Du principe d'égalité de pression dans tous les sens, dans les fluides en repos, et de la propriété des corps d'être pesants, résulte le grand principe dont la découverte est due à Archimède. Il consiste en ce qu'un corps plongé dans un fluide perd une partie de son poids égal à celui du volume de fluide déplacé.

C'est d'après ce principe que l'on peut prévoir les circonstances du mouvement d'un corps dans un fluide, l'ascension d'un ballon dans l'air, par exemple.

La sensation que produit sur nos organes le

CHALEUR.

contact d'un corps chaud donne l'idée de la chaleur, et nous sommes entourés de phénomènes qui apparaissent dans les corps lorsqu'ils nous font éprouver cette sensation ; telle est la liquéfaction des solides, la vaporisation des liquides, etc. Les lois de production de ces phénomènes, les relations de cause à effet qui les réunissent à d'autres phénomènes plus simples, la mesure des effets produits, forment l'objet des recherches que se propose la physique.

L'influence de la chaleur est tout à fait prépondérante lorsqu'on envisage les modifications les plus profondes de la matière relatives soit à l'état d'agrégation, soit à la composition intime des molécules ; la vitalité enfin lui est essentiellement subordonnée. Il est donc facile de justifier l'importance immense de l'étude des phénomènes de la chaleur dont l'application bien entendue constitue, en outre, la principale part de l'action de l'homme sur la nature.

Thermomètres. — De tous les effets de la chaleur, l'augmentation du volume des corps est le plus facile à mesurer avec exactitude, non que cette augmentation soit toujours considérable, mais parce qu'on peut toujours, par des procédés et des artifices convenables, la rendre assez apparente pour être observée. L'expérience indique que tous les corps se dilatent lorsque la chaleur augmente et se contractent lorsqu'elle diminue ; on appelle température le degré de chaleur accusé par un certain état de dilatation d'un corps.

Le thermomètre est l'instrument qui sert à mesurer les températures, et en parlant du thermomètre à air, on considère comme différentes de quantités égales des températures indiquées par des dilatations successives d'une même fraction du volume primitif du gaz. En observant comparativement avec le thermomètre à air le thermomètre à mercure, à alcool, les pyromètres, etc., on réduit à une même échelle des observations faites avec les instruments les plus commodes dans chaque cas.

Mesure de la dilatation des corps par la chaleur. — Les températures étant fixées par les dilatations égales d'un corps qui sert à construire le thermomètre, on peut mesurer les dilatations des corps, leurs *coefficients de dilatation*, c'est-à-dire la fraction dont leur volume augmente pour une augmentation d'un degré de température. Ce coefficient va en croissant des solides aux liquides, des liquides aux gaz. Peu considérable pour les solides et les liquides, il varie avec chaque substance ; dans les gaz, il est bien plus considérable et sensiblement constant et égal à $1/267$ de son volume pour 1° ; la loi de dilatation des gaz est donc celle d'une progression arithmétique, lorsque la température croît par quantités égales.

M. Regnault a montré que cette loi, comme la loi de Mariotte, n'était pas mathématiquement exacte ; toutefois les résultats s'écartent bien peu de ceux que cette loi fournit et elle peut être employée comme fournissant de grandes approximations.

Des quantités de chaleur, des chaleurs spécifiques. — Les degrés de chaleur observés, les températures ne constituent qu'une mesure fort imparfaite de la chaleur. C'est la quantité absolue de celle-ci qu'il importe surtout de mesurer.

On ne saurait estimer la quantité totale de chaleur contenue dans un corps ; mais on peut comparer entre elles les quantités de chaleur qu'il faut ajouter ou enlever pour produire sur un même corps des effets thermométriques différents, ou le même changement de température sur différents corps.

On y parvient, par exemple, par des expériences faites à l'aide du calorimètre, instrument dans lequel la quantité de chaleur perdue par le corps sur lequel on opère sert à fondre une certaine quantité de glace qui l'entoure, et dont le poids sert à mesurer la quantité de chaleur, comme nous allons le voir bientôt.

Variation des capacités. — Les capacités des corps pour la chaleur sont sensiblement constantes dans une petite étendue ; mais entre des limites plus écartées, on trouve que ces capacités éprouvent des variations très sensibles à mesure que la température s'élève, et qui ne sont pas les mêmes pour toutes les substances.

Changement d'état des corps. — Les dilatations ne constituent qu'un phénomène limité, c'est-à-dire que si le premier effet de la chaleur sur la forme des corps solides est de changer leur volume, cette dilatation n'a lieu que jusqu'à une certaine limite au-delà de laquelle il y a un changement d'état ; le corps fond, passe de l'état solide à l'état liquide. On peut rendre ce phénomène sensible par la fusion de la glace, de la cire, du plomb, etc., et si on ne peut l'observer pour tous les corps, c'est que la température de la fusion varie d'un corps à l'autre et peut être trop élevée dans certains cas pour être produite dans les laboratoires. On doit donc admettre, ce que prouve le nombre croissant des corps qu'on peut mettre en fusion à mesure qu'on trouve moyen de produire des températures de plus en plus élevées, que tous les corps solides indéfiniment chauffés doivent finir par se liquéfier.

Lorsque de même on expose un corps liquide à des températures continuellement croissantes, il passe à l'état de gaz, de vapeur. On peut observer ce nouveau changement d'état sur un grand nombre de corps, et l'analogie porte à croire que si on pouvait produire une température aussi élevée qu'on le voudrait, tous les corps de la nature pourraient être vaporisés. Inversement, de nombreux exemples doivent aussi faire penser

que les corps qui sont naturellement à l'état de gaz ou fluides élastiques pourraient être ramenés à l'état liquide, si l'on pouvait produire artificiellement une décroissance indéfinie de température.

Des efforts de dilatation — Les longueurs de dilatation des solides et des liquides sont peu considérables, mais les efforts contre des obstacles qui tendraient à s'y opposer sont très grands; ils feraient l'objet d'expériences intéressantes qu'on doit s'étonner de n'avoir pas encore vu tenter. Nous avons essayé de traiter cette question à l'article TRAVAIL MÉCANIQUE D'UNE CALORIE (unité de chaleur correspondant à l'échauffement de 1° du kil. d'eau), et croyons avoir montré les relations qui existent pour chaque corps entre les efforts produits et les dilatations, la constance de la quantité de travail produite par l'unité de chaleur. Nous y renverrons.

Les vapeurs dont les efforts de dilatation, les forces élastiques peuvent être déterminées en même temps que les longueurs de ces dilatations sous une pression connue ont, au contraire, fait l'objet de fort beaux travaux de physique expérimentale qui ont établi les faits suivants :

1° Les liquides donnent des vapeurs dans le vide à toutes les températures.

2° La quantité et la force élastique de la vapeur d'un même liquide capable de saturer un espace vide, augmentent avec la température de cet espace. On trouvera à l'article VAPEUR les forces élastiques de la vapeur d'eau pour diverses températures déterminées par M. Regnault à l'aide d'expériences très précises.

3° Lorsqu'un espace saturé de vapeur à une certaine température est en contact avec une surface d'une température moindre, il y a liquéfaction de la vapeur sur cette surface; et quand l'équilibre se rétablit, la vapeur qui reste dans cet espace n'a plus que la température de la surface condensante, et la force élastique qui convient à cette température.

4° Le phénomène de l'ébullition, de l'apparition de bulles de vapeur dans une masse liquide, n'a lieu que lorsque la pression exercée à la surface du liquide est moindre ou tout au plus égale à la force élastique de la vapeur qui tend à se former, et lorsque, par la disposition des foyers ou des flux de chaleur, une portion intérieure de la masse liquide est plus échauffée que sa surface.

5° La vapeur d'eau a une densité qui n'est que les 5/8 de celle de l'air, à la même température et sous la même pression.

Chaleurs latentes. — On donne le nom de chaleur latente à la chaleur qui ne produit aucun effet sur les sens ni sur le thermomètre, et qui est entièrement absorbée ou dégagee dans le changement d'état des corps.

Chaleur latente de fusion. — Lorsqu'on fait

fondre des métaux ou leurs alliages, en les exposant à un foyer très actif et qu'on a soin d'agiter les liquides qui se forment, on observe que leur température demeure invariable jusqu'à ce que toute la partie solide soit fondue. On trouve ainsi 75 unités pour la chaleur latente absorbée pendant la fusion de l'unité de poids de la glace.

Chaleur latente des vapeurs. — La chaleur qui passe d'un foyer dans un liquide en ébullition dont la température reste fixe, tant que la pression extérieure ne varie pas, est absorbée par le changement d'état du liquide et employée à le gazéifier. Pour évaluer la chaleur latente qui disparaît dans cette circonstance, on procède, en général, en recherchant la quantité de chaleur qui peut être restituée par la vapeur, lorsqu'elle repasse à l'état liquide.

De séries d'expériences fort nombreuses, M. Regnault a déduit que toute la chaleur ajoutée à de l'eau à zéro degré pour l'amener à l'état de vapeur à la température T était $c = 606 + 0,305 T$, ce qui donnerait pour la chaleur totale de l'eau à 100° 637 cal. et 537 pour la chaleur latente de la vapeur d'eau. On a trouvé pour l'alcool 208, pour l'éther 91.

Propagation de la chaleur. — Lorsque deux corps sont en présence, ils se transmettent de la chaleur par rayonnement. Cette propagation a lieu en ligne droite, de telle sorte que, dans l'hypothèse d'un fluide calorifique, le rayonnement indique le trajet des molécules de calorique en ligne droite.

L'intensité de la chaleur rayonnant d'un point central varie en raison inverse du carré de la distance à ce point. Elle est aussi proportionnelle au cosinus de l'angle que les rayons calorifiques font avec la normale à un élément rayonnant.

La chaleur se réfléchit à la surface des corps comme la lumière, ainsi que le démontre l'expérience faite à l'aide de deux miroirs paraboliques. Des charbons incandescents placés à l'un des foyers permettent de mettre le feu à des substances placées au foyer du second miroir, placé vis-à-vis du premier, et à une distance considérable.

Comme la lumière, la chaleur éprouve une réflexion en passant d'un milieu dans un autre. On appelle *athermanes* les substances qui arrêtent la chaleur rayonnante, et *diathermanes* celles qui la laissent passer. La diathermanéité n'est pas en raison de la diaphanéité, ni l'athermanéité en raison de l'opacité; ces propriétés dépendent de la nature du corps. Ainsi le verre noir et le quartz enfumé sont très diathermanes, et l'alun l'est excessivement peu.

Le pouvoir rayonnant ou émissif varie avec la nature des corps pour des températures égales; mais il y a toujours des rayons calorifiques émis

par tout corps, de telle sorte que la température d'un corps quelconque dépend de la nature de tous les corps au rayonnement desquels il peut être soumis.

Le pouvoir absorbant est la propriété dont jouissent les corps d'absorber une partie de la chaleur qu'ils reçoivent. Cette partie varie avec la nature du corps et l'état de la surface.

La quantité de chaleur réfléchie est complémentaire de celle absorbée, c'est-à-dire que la somme des quantités de chaleur absorbées et réfléchies doit toujours reproduire la totalité de la chaleur incidente.

Conductibilité. — La rapidité avec laquelle la chaleur se propage dans les corps dépend de leur nature intime. Elle est très grande dans les métaux, différente dans les corps cristallisés selon les divers axes de cristallisation.

Elle est très faible dans les liquides et les gaz, mais pratiquement elle paraît considérable, surtout dans ces derniers, à cause des courants intérieurs que fait naître l'échauffement d'une partie de la masse, qui, diminuant de densité, tend à s'élever.

Refroidissement. — Lorsqu'un corps se refroidit dans une enceinte vide et entretenue à une température constante, la vitesse du refroidissement, pour des excès en proportion arithmétique, croît comme les termes d'une progression géométrique diminués d'un nombre constant.

Cette vitesse est plus grande dans un gaz, et croît avec la pression de ce gaz.

*Sources ou production de chaleur
et de froid.*

Insolation. — La première cause de chaleur, celle qui entretient la vie de tout le règne végétal et animal, est la chaleur due aux rayons solaires.

Percussion. — La percussion produit de la chaleur, ce qui peut s'expliquer par le rapprochement des molécules qui résulte de la percussion et qui dégage, par suite, une partie de la chaleur qui tenait ces molécules à distance.

Compression et dilatation des gaz. — On s'explique de la même manière la chaleur qui se produit lorsqu'on comprime un gaz, et l'abaissement de température que l'on observe lorsqu'on fait croître mécaniquement son volume.

Frottement. — Le frottement est aussi une cause de chaleur. La quantité déagée est trop considérable pour qu'on puisse l'expliquer par la désagrégation de quelques molécules.

Combustion. — Les combinaisons chimiques et surtout la combustion des corps combustibles, principalement du charbon dans l'oxygène de l'air, constituent la source de chaleur artificielle toujours employée dans l'industrie.

Les conditions de la production de ce phénomène sont admirablement exposées, tant au point

de vue de la théorie qu'à celui de la pratique, dans le beau travail dont M. Ebelmen a doté cet ouvrage. (Voir Combustion.)

Mélanges réfrigérants. — Evaporation. — Le froid se produit en faisant passer des corps de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état gazeux. Ainsi de la neige mêlée à un acide est brusquement fondue à cause de l'affinité de l'acide et produit un froid considérable. Ainsi un liquide placé dans le vide répand des vapeurs; si celles-ci sont constamment absorbées par des corps convenables, il se refroidit brusquement. On fait ainsi congeler l'eau sous la machine pneumatique.

ÉLECTRICITÉ.

Les corps de la nature paraissent se partager en deux grandes catégories, sous le rapport de l'aptitude plus ou moins grande qu'ils présentent à se charger d'électricité. Les uns, tels que la résine, le verre, l'ambre, etc., sont susceptibles de se charger d'électricité par le frottement; les autres, tels que les métaux, ne prennent jamais d'électricité dans ces circonstances.

Le fluide qui se développe dans les circonstances précédentes sur la résine est nommé fluide résineux; l'autre est le fluide vitré. On dit généralement que le fluide isolé dans le premier cas est négatif; que celui développé dans le second est positif. Ces dénominations n'indiquent autre chose qu'une opposition de propriétés.

Des expériences simples permettent de formuler un principe important, c'est que les deux fluides de même nom se repoussent, tandis qu'il y a attraction entre les fluides de noms contraires.

Electricité statique. — L'expérience et le calcul démontrent que les attractions et les répulsions électriques sont en raison composée des quantités de fluides, et en raison inverse du carré des distances.

Dès qu'un corps contient une proportion quelconque de fluide libre, ce dernier existe seulement à la surface en formant une couche d'une ténuité excessive.

Il est évident que sur une sphère conductrice la couche électrique doit avoir la même épaisseur dans toutes ses parties, puisque tout est symétrique autour d'un point, le centre; mais la distribution du fluide n'offre plus la même identité lorsque la forme du conducteur n'est pas sphérique.

On a démontré par le calcul que la tension du fluide électrique est toujours proportionnelle à son épaisseur. Il est facile d'en conclure que si cette dernière peut être déterminée en chacun des points d'un conducteur, la force répulsive de l'électricité sera connue dans toutes ses parties. On trouve facilement que, dans un ellipsoïde de révolution, l'épaisseur de la couche électrique

est beaucoup plus considérable aux pôles qu'à l'équateur. Cette épaisseur, et par conséquent la force répulsive, croissent avec une très grande rapidité si les extrémités d'un tel conducteur sont amincies.

C'est en tenant compte de cette loi que l'on comprend facilement comment une pointe aiguë pouvant être assimilée au pôle d'un ellipsoïde très allongé, la force répulsive du fluide électrique est toujours assez grande pour vaincre la résistance de l'air. Sur ce principe est basé ce qu'on désigne en physique sous le nom de pouvoir des pointes, propriété qui a reçu par la découverte des paratonnerres une des plus brillantes et des plus utiles applications.

Electricité atmosphérique. — Les physiciens du dix-huitième siècle, dès qu'ils connurent les effets des condensateurs, et notamment de la bouteille de Leyde, l'action plus puissante des batteries électriques formée de la réunion d'un certain nombre d'appareils semblables, soupçonnèrent l'identité de l'électricité et de la foudre. Mais la démonstration de cette grande vérité appartient tout entière à Franklin et le place parmi les physiciens les plus illustres, comme la découverte des paratonnerres le met au rang des bienfaiteurs de l'humanité.

Electro-dynamique. — En 1790, Galvani observa que des grenouilles écorchées se contractaient subitement lorsque l'on touche avec un arc composé de métaux différents les nerfs lombaires de l'animal en même temps que les muscles de la cuisse.

Cette observation singulière du médecin de Bologne a joué un rôle important dans la science moderne, car les interprétations contradictoires qu'elle suscita conduisirent Volta à la découverte de la pile. (Voyez, PILE et GALVANOPLASTIE, la description des diverses piles usitées.)

Toutes les fois que l'on place à une petite distance l'un de l'autre les rhéophores qui établissent la communication entre les deux pôles d'une pile assez forte, on observe une série d'étincelles remarquables par leur éclat. Si les fils sont de platine, la lumière qui jaillit est blanche et incolore. Lorsque ce sont des fils de cuivre, la flamme est bleue ou verdâtre, ce qui est dû à la volatilisation d'une certaine proportion de ce métal et à sa combustion dans la flamme. On peut terminer les rhéophores par deux fragments de charbon fortement calciné, et alors on a le spectacle d'une lumière tellement brillante, que son éclat ne peut être comparé qu'à celui du soleil. Si l'expérience se fait dans l'air, le charbon brûle et disparaît sous forme d'acide carbonique; mais il est possible d'engager les rhéophores dans un vase de verre où l'on fait le vide : le phénomène présente alors la même splendeur sans qu'il y ait aucune combinaison chimique. Dans ces circonstances, on constate

seulement un fait digne de remarque, c'est que le charbon a subi une modification profonde dans sa constitution moléculaire. La température qui accompagne cette production de lumière est la plus élevée que l'on ait encore pu obtenir. Les corps les plus réfractaires à l'action de la chaleur n'y résistent pas; ils sont fondus ou volatilisés avec une promptitude excessive. Si on pratique dans un des fragments de charbon une capsule et que l'on y plonge un morceau de platine, ce métal, considéré longtemps comme infusible, fond en un petit lingot remarquable par sa cohésion et sa densité.

L'espace compris entre les extrémités des rhéophores est constamment lumineux, il constitue une sorte de sphère d'un éclat moins vif que celui des extrémités conductrices, sphère dans laquelle jaillissent de temps à autre des étincelles brillantes; on lui donne le nom d'arc électrique. On a observé dans ces expériences que le rhéophore positif présente constamment un éclat plus considérable et une température plus élevée que le négatif.

Effets chimiques. — A peine la pile fut-elle introduite dans les laboratoires, que les plus brillantes découvertes couronnèrent les efforts des savants qui appliquèrent ce puissant instrument aux recherches de la chimie.

L'eau avait été pendant longtemps considérée comme un élément; Nicholson et Carlisle en firent l'analyse au moyen de la pile.

Voici comment on peut se rendre compte de ce qui se passe dans cette action du courant sur l'eau et sur les dissolutions qu'il décompose.

Que l'on imagine une série linéaire de molécules d'eau comprise entre les extrémités de deux rhéophores. Au moment où le courant passe, la molécule la plus voisine du fil négatif est décomposée, les deux molécules d'hydrogène restent libres, la molécule d'oxygène chargée de fluide négatif constitue, avec les deux atomes d'hydrogène de la molécule suivante, de l'eau. Une suite de recompositions semblables s'effectue jusqu'au fil positif; mais le dernier atome d'eau décomposé en contact avec celui-ci laisse libre une molécule d'oxygène. Il n'y a donc pas eu transport des molécules décomposées d'un pôle de la pile à l'autre. Il y a eu des séries de décomposition et de recomposition, qui se sont transmises comme un ébranlement moléculaire entre les deux rhéophores.

L'action de piles énergiques peut être assez puissante pour vaincre l'affinité la plus grande que les corps puissent présenter. La découverte de Davy, une des conquêtes les plus importantes de la chimie moderne, le prouve suffisamment.

Les alcalis, la potasse, la soude avaient été considérés jusqu'à Davy comme des corps simples. Cet illustre chimiste eut l'heureuse idée de

les soumettre à l'action d'une forte pile. Bientôt on reconnut que tous les alcalis, que toutes les terres n'étaient rien autre chose que des combinaisons de même genre.

Les rapports qui existent entre les phénomènes chimiques et l'électricité forment à eux seuls une science, l'électrochimie, riche de faits, mais sans théorie bien assise. (Voyez GALVANOPLASTIE et DORURE pour l'application industrielle de ces actions.) La loi fondamentale de cette partie de la physique peut être énoncée ainsi : Si on fait traverser par un même courant voltaïque une série de composés chimiques de nature différente, les quantités pondérables des éléments isolés sont entre elles comme les équivalents chimiques des corps mis en liberté.

Des sources d'électricité. — En traitant des phénomènes particuliers de l'électricité statique, nous avons vu que le frottement, c'est-à-dire une action mécanique, est capable de déterminer la séparation des deux fluides électriques. Cette électricité de tension peut, au moyen de dispositions convenables, être transformée en courant. Les phénomènes chimiques sont la cause générale de la production de l'électricité, et presque toujours on parvient à découvrir une action chimique là où apparaît un courant.

La propagation de la chaleur dans l'intérieur des corps peut aussi devenir la cause de courants assez énergiques.

MAGNÉTISME.

Si l'on place un fragment de la matière qui possède la singulière propriété d'attirer le fer dans une masse de limaille de fer, plusieurs points de sa surface se couvrent de cette poussière métallique; on observe de plus que les particules de fer adhèrent les unes aux autres en formant des espèces d'aigrettes déliées et élégantes.

L'action de l'aimant ne s'opère pas seulement au contact, il est facile de voir qu'elle s'exerce encore à une certaine distance et malgré l'interposition de lames minces de diverses substances.

La propriété attractive de l'aimant peut se communiquer au fer : l'expérience de la limaille le montre, car si les particules métalliques restent adhérentes les unes aux autres, il est facile de voir que ce phénomène est dû à l'attraction que chacune d'elles exerce sur celle qui la suit. On peut démontrer d'une manière plus nette cette influence, en prouvant qu'un petit barreau de fer doux, soumis à l'action d'un aimant naturel, attire comme ce dernier les particules de limaille. La vertu magnétique qu'il acquiert dans ces circonstances dure seulement autant que l'action de l'aimant.

Il n'en est pas de même si on fait cette expérience avec un fragment d'acier trempé; la puissance attractive paraît moins développée dans ce

dernier que dans le fer doux, mais elle persiste après que l'action de l'aimant naturel n'existe plus. C'est cette faculté de conserver la vertu magnétique qui a été désignée sous le nom de *force coercitive*. Cette aptitude remarquable a été mise à profit pour former, au moyen de l'acier trempé, des aimants artificiels d'une forme déterminée, des aiguilles et des barreaux aimantés.

La force d'attraction n'est pas la même dans tous les points de la surface. Les parties où l'accumulation est la plus abondante et la puissance magnétique la plus développée, ou, si l'on aime mieux, les centres d'action de la force magnétique, ont reçu le nom de *pôles*. Dans tout aimant naturel ou artificiel, il existe au moins deux pôles; ils se trouvent en général à chacune des extrémités.

Si on suspend, au moyen d'un fil de cocon, une aiguille de manière qu'elle se tienne dans un plan horizontal, on observe alors qu'elle s'arrête dans une position telle que, si on vient à l'en écarter, elle y retourne sans cesse après une série d'oscillations plus ou moins longue.

Le plan vertical passant par les deux extrémités de l'aiguille, lorsqu'elle a pris sa position d'équilibre, est le *méridien magnétique* du lieu où se fait l'observation. L'angle compris entre le méridien magnétique et le méridien terrestre d'un point de la surface du globe est désigné sous le nom de *déclinaison*.

Si cette dernière était nulle, une des extrémités de l'aimant serait dirigée exactement vers le nord, et l'autre vers le sud. Telle était la position de l'aiguille à Paris en 1664; depuis cette époque, la position du méridien magnétique s'est déplacée, et la valeur de la déclinaison est aujourd'hui d'environ 22°. La portion de l'aiguille qui regarde vers le nord se portant à l'ouest, on dit que la déclinaison est occidentale.

Lorsqu'on rapproche deux aiguilles aimantées bien suspendues, on observe que si l'on place les deux pôles qui se dirigeaient dans le même sens à une petite distance, ils se repoussent; ceux dont la direction est inverse s'attirent au contraire.

Si vers le milieu d'un fort barreau aimanté offrant deux pôles on place une aiguille, elle paraît ne plus obéir à sa force directrice primitive et prendre une position telle que son pôle nord regarde l'extrémité de l'aimant qui se dirigerait vers le sud, et réciproquement.

Cette observation porte à conclure que la terre agit sur l'aiguille aimantée comme un énorme aimant ayant deux pôles, l'un au nord, pôle boréal, l'autre au sud, pôle austral. Le pôle austral de l'aiguille est celui qui se dirige vers le nord, son pôle boréal regarde le sud.

Mais l'expérience démontre encore que la direction que prend une aiguille aimantée, dans

les circonstances où nous l'avons supposée placée, n'est pas celle que la terre tend sans cesse à lui imprimer. Pour arriver à définir complètement cette position, il faut déterminer le point par lequel on doit suspendre l'aiguille avant son aimantation pour qu'elle se tienne dans un plan horizontal.

Si, après l'avoir aimantée, on la suspend par le même point au moyen d'un fil de cocon sans torsion, on observe qu'elle se place dans le plan du méridien magnétique. Mais elle s'incline par rapport à l'horizon d'une quantité notable, c'est l'angle formé par l'aiguille et l'horizon qui a reçu le nom d'*inclinaison*.

À Paris, il est facile de constater par cette expérience que le pôle austral de l'aiguille aimantée occupe la partie inférieure, tandis que le pôle boréal se dirige en haut. La valeur de l'angle d'inclinaison est d'environ 70° dans ce point du globe.

Electro-magnétisme

En 1820, M. Oersted découvrit que, si on place dans le voisinage d'une aiguille de déclinaison un fil métallique traversé par un courant voltaïque, l'aiguille est déviée de sa position primitive et prend une position d'équilibre déterminée par sa situation relativement au courant.

Pour se former une idée exacte des relations, qui peuvent exister entre un courant et l'aiguille aimantée, quelques définitions sont nécessaires. Bien que les phénomènes qui accompagnent la recombinaison des fluides électriques dans l'intérieur d'un conducteur interpolaire soient un sujet encore fort obscur pour les physiciens, on admet généralement une sorte de transport dans des directions déterminées. C'est à cette circulation des fluides que l'on donne le nom de *courant*. On admet pour fixer les idées que le mouvement s'opère dans le rhéophore du pôle positif au pôle négatif; c'est une simple convention. Un courant est toujours représenté par la forme de l'arc qu'il parcourt; et si le fil métallique qui joint les pôles d'une pile est rectiligne, circulaire, rectangulaire, on donne au courant qui le traverse ces mêmes épithètes.

C'est à Ampère que nous devons une formule simple, qui permet de définir avec la plus grande précision la position d'équilibre d'une aiguille sous l'influence d'un courant quelconque. Supposons pour plus de simplicité qu'il soit rectiligne, et, avec l'illustre physicien, imaginons que, suivant sa longueur soit étendu un personnage humain dont les pieds sont constamment dirigés vers le pôle positif de la pile, la tête vers le pôle négatif, le visage regardant toujours l'aiguille magnétique. Le courant ainsi personnifié aura une droite et une gauche faciles à retrouver d'après les conventions précédentes; toutes les positions que peut prendre l'aiguille par rapport

au fil interpolaire seront comprises dans cette phrase : « l'aiguille magnétique se met en croix avec le courant, son pôle austral se portant à sa gauche. »

C'est en s'appuyant sur ces principes que Schweiger a construit un appareil précieux dans les recherches de la physique moderne, le *galvanomètre* ou *multiplicateur*, destiné à faire reconnaître l'existence de faibles courants, qu'aucun autre instrument n'eût pu mettre en évidence, et à mesurer leurs intensités relatives avec une rigueur mathématique.

Pour arriver à comprendre la théorie du galvanomètre, il faut ne pas perdre de vue que, d'après la formule d'Ampère, une aiguille aimantée, entourée par un circuit fermé, de forme rectangulaire par exemple, dont le plan se confond avec le méridien magnétique, est sollicitée par toutes ses parties, lorsqu'un courant le traverse, à se diriger dans un seul et même sens. Mais la force qui agit croît avec l'étendue des portions du circuit qui sont en rapport avec elle. Si, au lieu de faire agir sur une aiguille un seul circuit rectangulaire, on contourne un fil métallique dont les différents plis sont isolés par de la soie, de façon que le nombre des rectangles soit très grand, on comprend que l'influence d'un courant qui, par lui-même, serait incapable de dévier l'aiguille, deviendra assez grande pour lui imprimer une direction facilement appréciable. Telles sont les idées qui ont présidé à la construction du galvanomètre.

L'intensité du courant ne peut pas toutefois être déduite des indications angulaires que l'on observe sur le limbe. La proportionnalité entre ces deux espèces de quantités ne doit être admise que pour des angles très petits, de 8° ou 10° par exemple. Pour les courants plus forts, il est nécessaire de construire des tables.

De l'effet des courants sur l'aiguille aimantée est résultée l'assimilation des aimants aux courants électriques. M. Arago a démontré qu'un morceau de fer doux entouré d'un fil de fer couvert de soie, dans lequel passe un courant électrique, se comporte comme un véritable aimant. Inversement les aimants peuvent servir à déterminer des courants. Ceux obtenus dans ces circonstances, dont la découverte est due à M. Faraday, sont dits courants par *induction*.

La démonstration des courants de cette espèce est facile. Il suffit pour y arriver d'enrouler autour d'une bobine de bois creuse un fil de cuivre entouré de soie et dont les extrémités communiquent avec les fils d'un galvanomètre. Si on plonge dans l'intérieur de la bobine le pôle d'un fort aimant cylindrique, on observe qu'au moment de l'immersion l'aiguille du galvanomètre est chassée de sa position d'équilibre; il y a donc eu un courant développé dans le fil; après quelques oscillations l'aiguille revient à sa

première position. Mais si on enlève brusquement l'aimant, elle est de nouveau déviée, dans une direction inverse de la première, et revient encore dans le méridien magnétique.

De ces expériences M. Faraday a déduit la proposition fondamentale qui comprend l'ensemble des faits de l'induction, quelque compliqués qu'ils puissent paraître. « Toutes les fois, dit-il, que l'on soumet un circuit fermé dans une de ses parties à l'action d'un aimant ou d'un courant, au premier moment le circuit est parcouru par un courant inverse. Lorsque l'action cesse par suite de l'éloignement de l'aimant ou de l'interruption du courant, le circuit est parcouru par un courant direct; mais si l'influence du courant ou de l'aimant est maintenue pendant quelque temps, toute manifestation électrique cesse. »

ACOUSTIQUE.

La vue et le toucher permettent de constater, dans presque tous les cas, que le son qui frappe notre oreille a pour cause le mouvement vibratoire d'un corps solide, liquide ou gazeux.

Dans une expérience très simple, le son produit dans le vide n'arrive plus à nos oreilles, on en conclut que c'est l'air qui est le véhicule qui nous transmet le son le plus généralement.

Vitesse du son dans l'air et dans l'eau. — Le son ne se transmet pas instantanément; il suffit de voir tirer un coup de canon pour s'apercevoir de l'intervalle de temps très notable qui s'écoule entre l'explosion indiquée par le phénomène lumineux et la perception du son.

Des expériences ont fait reconnaître que le son parcourt 333 mètres par seconde à la température de 0; pour une température plus élevée qui augmente l'élasticité de l'air, cette vitesse augmente aussi; elle s'est trouvée de 337 mètres par seconde à la température de 6 degrés.

Ces résultats déduits d'expériences faites au bruit du canon donnent-ils la vitesse réelle de propagation de tous les sons possibles? Autrement, les sons qui diffèrent par leur intensité, leur hauteur et leur timbre, se propagent-ils tous également vite? Cela paraît démontré par le fait seul que l'harmonie d'un concert n'est pas troublée à quelque distance qu'on se place pour l'entendre. L'intensité générale diminue, ainsi que cela doit être; mais la mesure et la simultanéité des sons différents qui concourent à former les accords restent inaltérées. Il est donc permis de conclure de la vitesse observée par le bruit du canon à celle d'un autre son quelconque.

L'air n'est pas le seul milieu dans lequel on ait entrepris de déterminer la vitesse du son. MM. Colladon et Sturm ont déterminé cette vitesse dans l'eau calme par une belle série d'expériences faites sur le lac de Genève. Ils ont trouvé que la vitesse de propagation du son dans l'eau était de 1,435 mètres par seconde.

Mesure des sons. — La mesure des sons et les moyens de les produire sont la base d'une industrie, celle qui se propose la construction des instruments de musique. Nous renverrons à l'article ACOUSTIQUE de cet ouvrage, où cette question est traitée.

Mode de propagation du son. — Le mouvement de vibration se propage dans l'air d'une manière particulière, et qui offre une des plus belles applications à la mathématique appliquée à la physique. Ce mode de propagation est dû non plus à un mouvement direct d'un corps, mais à une transmission de proche en proche, que l'on peut assimiler grossièrement à des épis courbés par le vent et se relevant successivement dans un champ de blé, ou aux vagues de la mer. Il a permis d'analyser tous les phénomènes qui se passent dans ce mode de propagation, que l'expérimentation n'est, en quelque façon, plus chargée que de vérifier. C'est ainsi notamment que, par son application aux phénomènes de la lumière, il permet d'expliquer de curieux phénomènes qui étaient inexplicables quand on parlait de l'idée d'émission, de mouvement direct qui s'offre le premier à l'esprit.

Lorsqu'une lame se met en mouvement, elle comprime les molécules d'air qu'elle rencontre, exerce une certaine pression qui va croissant avec la vitesse de la lame, puis décroissant et enfin devenant nulle quand celle-ci rentre en repos. Un effet inverse se produit par le mouvement d'avant en arrière de la lame. On appelle onde sonore l'ensemble des couches d'air à diverses pressions croissantes et décroissantes pour une vibration.

Par suite de la grande élasticité des gaz, ces couches d'air communiquent leur vitesse aux couches suivantes, puis rentrent en repos; les molécules d'air ne parcourent donc que des chemins peu étendus, tandis que l'onde se propage, comme les ondes liquides, à la surface de l'eau.

LUMIÈRE.

La lumière émanant de certains corps lumineux, tels que le soleil, les flammes, etc., tend à se répandre et à se propager dans toutes les directions. Les corps qu'elle rencontre peuvent: soit la laisser passer et s'appellent alors transparents; soit l'arrêter, être opaques, propriétés susceptibles de divers degrés.

L'expérience prouve que la lumière se propage en ligne droite dans un milieu transparent homogène, en ligne courbe dans un milieu hétérogène.

Comme toutes les émanations d'un centre unique, les surfaces des sphères de rayons variables ayant leur centre en ce point, qui en reçoivent l'effet, étant entre elles comme les carrés des rayons, l'intensité d'une même lumière dé-

croît comme le carré des distances. C'est sur cette loi que sont fondées les expériences photométriques, les mesures d'intensité de lumière de deux points lumineux, dont on fait varier la distance à un tableau jusqu'à ce que deux ombres projetées soient d'égale intensité.

Vitesse, de la lumière. — Des observations astronomiques (celle des éclipses des satellites de Jupiter dans des positions différentes de cette planète) ont permis d'établir que la vitesse de la lumière était de 310,000 kilomètres par seconde. Cette détermination vient d'être confirmée par des expériences directes faites à la surface de la terre.

Catoptrique ou réflexion de la lumière.

La surface d'un corps poli est, pour tout rayon de lumière qui la frappe, la cause d'un changement de direction. Toute la portion de lumière qui ne pénètre pas dans le corps est dite *réfléchie*.

Le cas le plus simple à examiner tout d'abord, et qui permet de mettre en évidence les deux lois fondamentales de la réflexion de la lumière, est celui où cette réflexion a lieu sur une surface plane.

Si l'on fait pénétrer, par un orifice étroit, dans une chambre obscure un faisceau délié de lumière solaire pour la faire tomber sur une plaque plane et polie, on aura à considérer trois directions ou trois lignes : 1° la ligne que suit le rayon incident et qui est déterminée par l'orifice d'admission et par le point de la surface métallique frappé par la lumière ; 2° la perpendiculaire ou normale élevée en ce point du plan réfléchissant ; 3° la ligne que suit le rayon réfléchi, et qui est déterminée par le point déjà considéré sur le miroir et par celui des parois de la chambre obscure où va tomber la lumière après sa réflexion.

On remarque 1° que ces trois lignes sont contenues dans un même plan, nommé plan de réflexion, nécessairement perpendiculaire à celui de la surface réfléchissante ; 2° on remarque aussi que, dans ce plan de réflexion, le rayon incident et le rayon réfléchi font avec la normale des angles égaux. Ces conditions sont toujours satisfaites, quelle que soit l'inclinaison sous laquelle le miroir se présente au rayon lumineux.

C'est sur ces lois qu'est fondée la propriété des miroirs plans, des glaces planes, d'offrir une représentation symétrique des objets situés devant eux.

Des miroirs, formant un angle, permettent de multiplier les images. (Voyez KALÉIDOSCOPE.)

On construit aussi pour les besoins de l'optique des miroirs terminés par des surfaces de sphère, soit concaves, soit convexes. Ils produisent des effets variables avec la distance à laquelle

on les considère et avec celle qui les sépare des objets environnants, variables aussi avec la longueur de leurs rayons de courbure.

L'image des objets éloignés viendrait se concentrer au centre d'un miroir de forme parabolique ; c'est sur ce principe qu'est fondé le télescope.

Dioptrique ou réfraction de la lumière.

Lorsque la lumière tombe sur la surface polie d'un corps transparent, une partie seulement se réfléchit suivant les lois précédemment indiquées. L'autre pénètre dans le corps en éprouvant une déviation à laquelle on donne le nom de *réfraction*. Ce phénomène s'observe particulièrement lorsqu'on examine des corps plongés en partie dans l'eau ; ils paraissent rompus à la surface de l'eau.

Descartes a découvert les lois de la réfraction, dont voici l'énoncé : 1° Le plan qui contient le rayon incident et le rayon réfracté passe par la normale à la surface de séparation des deux milieux au point de concours de ces deux rayons ; 2° le rapport des sinus des angles que ces rayons font avec la normale reste constant pour les mêmes milieux quand l'incidence varie ; 3° si la lumière rebroussait chemin, elle suivrait les mêmes directions dans un ordre inverse.

Théorie des lentilles. — Si l'on dresse les faces d'un corps réfringent de manière à ce qu'il se trouve terminé par deux surfaces de sphère, il prend le nom de *lentille*. La forme des lentilles, et par suite leur propriété de réunir ou d'écartier les rayons lumineux, peuvent varier à l'infini, puisqu'on dispose de deux surfaces que l'on peut faire à volonté ou concaves ou convexes, et dont les rayons de courbure peuvent prendre toutes les longueurs possibles. Elles sont dites *convergentes* ou *divergentes*. Au premier groupe appartiennent les lentilles dont le centre est plus épais que le bord ; celles, au contraire, dont le bord est plus épais que le centre, sont comprises dans la seconde catégorie.

La distance à laquelle s'opère le croisement des rayons tombés parallèlement sur la lentille est ce qu'on appelle la distance focale principale ; on la trouve par expérience, et, une fois connue, elle peut servir à prévoir la distance d'un des foyers conjugués, celle de l'autre étant donnée. On peut trouver *a priori* cette distance focale principale et la déduire de l'indice de réfraction de la substance qui compose la lentille et des rayons de courbure qui la terminent.

Décomposition et recombinaison de la lumière.

Si l'on fait tomber sur une des faces d'un prisme un mince faisceau de lumière solaire pénétrant dans une chambre obscure par un orifice étroit, celui-ci éprouve, en traversant suc-

essivement les deux surfaces, deux réfractions dans le même sens, et peut être projeté finalement sur un écran. Outre que le faisceau est dévié vers la base du prisme, on trouve qu'il se dilate dans le plan de réfraction et donne naissance à une image oblongue, qui se termine en mourant à ses deux extrémités. Cette image, issue de rayons primitivement blancs, étale aux yeux les plus vives couleurs, parmi lesquelles on distingue les nuances suivantes : *rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet*. L'ordre dans lequel nous venons de les énumérer est constant, et toujours c'est le rouge qui éprouve la moindre déviation. Tout rayon ou tout faisceau de lumière blanche que l'on voit se résoudre ainsi en une image colorée porte généralement après sa transformation le nom de *spectre*. Le *spectre solaire* est celui que l'on forme avec la lumière empruntée au soleil. En réalité, il ne se compose pas seulement de sept couleurs, mais bien d'une infinité de couleurs qui viennent se ranger d'elles-mêmes dans l'ordre de leur réfrangibilité.

Newton, qui a fait le premier cette belle expérience, en a conclu que la lumière blanche n'est pas homogène, qu'elle est composée d'une infinité de rayons qui diffèrent les uns des autres par la couleur et aussi par leur aptitude à être plus ou moins déviés par la réfraction; cette dernière qualité, plus ou moins développée chez les rayons de différentes couleurs, est ce qu'on appelle la *réfrangibilité*. Quand un faisceau de lumière émané du soleil traverse les espaces célestes, ou bien pénètre dans des milieux réfringents normalement à leur surface, il n'y a pas de raison pour que les diverses espèces de rayons dont il se compose s'isolent les uns des autres; mais du moment où ce faisceau rencontre sur son passage la surface oblique d'un milieu réfringent, celui-ci agit inégalement sur les différents rayons, leur imprime des directions variées, et fait apparaître le brillant phénomène de la *dispersion*.

Ce qui prouve que dans son passage à travers le prisme la lumière blanche n'a été que décomposée et non altérée, c'est qu'on peut la recomposer en recevant le spectre entier sur une large lentille convergente ou sur un miroir concave, qui auront pour effet l'un et l'autre de réunir en un foyer les rayons de toutes couleurs et d'y faire réapparaître la lumière blanche.

Au lieu d'opérer la recombinaison complète de la lumière, il est curieux de les combiner ensemble par parties seulement. On reçoit un spectre sur un système de plusieurs miroirs plans que peuvent prendre indépendamment les uns des autres toutes sortes de positions; on en profite pour recevoir sur quelques-uns d'entre eux les rayons dont on veut connaître l'effet résultant, et l'on fait converger ces mêmes

rayons après leur réflexion sur un écran placé à proximité. Quand on fait concourir de la sorte en un même lieu tous les rayons du spectre, on tombe sur une nouvelle manière de recomposer la lumière blanche; mais si l'on partage tous ces miroirs en deux groupes disposés pour recevoir la totalité du spectre, et si chaque groupe est orienté pour déterminer sur l'écran un point de convergence, il en résultera deux images colorées qui, réunies secondairement ensemble, régénèreraient évidemment la lumière blanche. Quel que soit le mode de répartition des deux groupes de miroirs par rapport au spectre, les couleurs qu'ils font naître sont dites *complémentaires*, l'une par rapport à l'autre; et en général on nomme ainsi deux couleurs susceptibles, par leur réunion, de donner du blanc, quelle que soit d'ailleurs leur origine.

Les teintes formées d'une partie des rayons colorés, toutes variées qu'elles soient, ne se forment pas au hasard, elles obéissent à des lois déterminées. Cela est si vrai qu'après avoir répété un grand nombre de fois ces sortes d'expériences, on finit par acquérir la notion confuse de ces lois, et qu'on peut prédire à l'avance quel sera le résultat du mélange de tels ou tels rayons. Mais, pour arriver à la précision, on rencontre un obstacle insurmontable dans l'impossibilité absolue d'évaluer numériquement nos sensations visuelles. Combien donc ne doit-on pas admirer que Newton ait pu formuler une règle empirique que nous avons rapportée à l'article **CONTRASTE DES COULEURS**, à l'aide de laquelle il est permis de prévoir, comme par le fait d'une très grande habitude, les effets résultant d'un mélange de rayons donnés!

Couleurs propres des corps. — Puisque toutes les couleurs existent dans la lumière blanche, on admettra sans peine que les corps de la nature lui empruntent les teintes qui les distinguent les uns des autres. Ceux qui renvoient indistinctement tous les rayons tombant à leur surface sont pour nous des corps blancs, tels que le papier, la neige, et généralement tous les corps transparents et incolores, réduits en poudre fine ou en filaments déliés. Les corps noirs, au contraire, sont ceux qui absorbent également et en abondance toutes les espèces de rayons; leur présence au milieu d'autres objets qui rayonnent plus vivement fait naître cette sorte de contraste que l'on rapporte ordinairement à la couleur noire. Mais les corps qui absorbent certains rayons préférentiellement aux autres nous paraissent doués de la teinte complémentaire de celle que formeraient les rayons absorbés; ainsi l'on peut être assuré, en voyant un corps rouge, qu'il absorbe le vert, et, réciproquement, que les corps jaunes absorbent le violet, et les violets le jaune. On en acquiert la certitude en promenant dans le spectre des corps remarquables

par une couleur franche; on les voit alors devenir très lumineux quand ils sont plongés dans les rayons qui présentent le plus d'analogie avec leur teinte propre; dans les autres parties du spectre, ils paraissent presque noirs, et le peu de lumière qu'ils réfléchissent est toujours identique pour la couleur aux rayons éclairants, et n'est aucunement influencé par la teinte propre du corps.

Les milieux transparents et diversement colorés présentent des phénomènes analogues. Quand une substance transparente et incolore, comme le verre, l'eau, le cristal de roche, est placée comme écran sur le trajet des rayons qui composent un spectre, celui-ci reste inaltéré. Mais si la substance est fortement colorée, soit en rouge, en bleu ou en vert, le spectre en la traversant se dépouille de certaines couleurs et conserve avec une intensité prédominante celles que l'on reconnaît à l'œil dans la substance interposée; autrement dit, un verre rouge, vert ou bleu est transparent pour le rouge, pour le vert ou pour le bleu, et se montre au contraire plus ou moins opaque pour les autres couleurs.

Achromatisme. — Achromatiser un rayon de lumière qui a été dispersé par la réfraction, c'est le recomposer dans son état primitif sans annuler sa déviation.

Si on réunit deux espèces de verre nommées Crown-glass et Flint-glass, le dernier produisant une dispersion bien plus forte que le premier, on conçoit que, par des épaisseurs et formes convenables, on pourra contre-balancer la dispersion. Toutefois, la recomposition de la lumière n'est jamais obtenue complètement au moyen des verres que l'on possède; l'achromatisme n'est jamais parfait: cela tient à ce que les spectres obtenus par les prismes de crown et de flint ne sont pas entièrement superposables. Certaines couleurs sont plus dilatées dans l'un, plus contractées dans l'autre; ces spectres sont, comme on dit, *irrationnels*. Quand l'achromatisme a été obtenu aussi parfaitement que possible, c'est-à-dire quand les rayons rouges et violets ont été ramenés au parallélisme, les rayons intermédiaires conservent une petite divergence qui devient sensible à grande distance.

Double réfraction.

Nous avons supposé que les substances à travers lesquelles passait la lumière pour se réfracter étaient composées de molécules équidistantes et par suite exerçant une action égale sur la lumière. Il n'en est pas ainsi pour la plupart des substances cristallisées, et alors la loi de la réfraction est plus compliquée que la loi de Descartes. Lorsque la forme primitive élémentaire du cristal diffère du cube ou de l'octaèdre régulier, un rayon lumineux en pénétrant dans

le milieu cristallisé se décompose en deux faisceaux différents; l'un de ces faisceaux suit la loi ordinaire, et l'autre une loi toute différente, lorsque la forme primitive est un polyèdre semi-régulier, comme un rhomboïde, un octaèdre isocèle à base carrée; ces deux faisceaux suivent tous les deux des lois nouvelles quand la forme primitive est un polyèdre tout à fait irrégulier.

Les cristaux dans lesquels on observe la double réfraction forment ainsi deux classes distinctes. Si l'on taille une face plane dans un cristal de l'une ou l'autre classe, un rayon lumineux qui y tombera perpendiculairement se divisera, en général, en deux faisceaux; mais pour un cristal de la première classe il existe une seule direction particulière de la face plane, par laquelle le rayon incident normal pénètre sans se diviser. Pour un cristal de la deuxième classe, il y a deux directions qui jouissent de cette propriété. La normale à la face particulière d'un cristal doublement réfringent pour laquelle cette propriété est observée, ou la direction suivie par le rayon incident normal non divisé, est appelée un axe de *double réfraction*. C'est pour cela qu'on donne aux deux classes différentes de cristaux, jouissant de la double réfraction, le nom de cristaux à un seul axe et celui de cristaux à deux axes.

Parmi les cristaux à un seul axe on doit particulièrement distinguer la chaux carbonatée, connue sous le nom de spath d'Islande: c'est la substance la plus usitée dans les expériences.

Polarisation.

Lorsqu'un rayon lumineux incident normal traverse un cristal à un seul axe doublement réfringent, et à faces parallèles, il s'y partage en deux rayons réfractés d'inégale intensité. Si les deux rayons émergents de ce premier cristal sont reçus sur un autre cristal à faces parallèles, aussi doublement réfringent, chacun d'eux s'y bifurque encore en deux autres, en sorte qu'il y a quatre rayons émergents du second cristal. Si donc on regarde un objet à travers les deux cristaux, on verra, en général, quatre images de cet objet. Mais si l'on fait tourner le second cristal, en laissant le premier fixe, on n'apercevra plus que deux images dans quatre positions rectangulaires pour lesquelles les deux sections principales sont parallèles ou perpendiculaires entre elles.

L'intensité de lumière de ces quatre images sera très différente, si ce n'est pour certains angles; d'où l'on doit conclure que la lumière qui a traversé un cristal bi-réfringent a acquis des propriétés nouvelles et qui la distinguent de la lumière naturelle.

Celle-ci peut acquérir ces propriétés nouvelles après une simple réflexion sur des corps polis, sous de certaines incidences.

On donne le nom de polarisation à la propriété que la lumière réfléchi acquiert dans ces circonstances, parce que, pour l'expliquer dans le système de l'émission, on admet que les molécules lumineuses ont deux pôles ou centres d'action analogues aux pôles des aimants, et que la réflexion fait tourner toutes les molécules lumineuses du rayon réfléchi suivant une même direction, de manière que l'axe de chacune d'elles, ou la ligne qui joint ses pôles, soit parallèle au plan de réflexion. De cette hypothèse sont nées plusieurs dénominations : la lumière qui jouit des propriétés énoncées précédemment est dite *polarisée*; on appelle *plan de polarisation* le plan de la réflexion suivant laquelle la lumière a acquis les propriétés dont il s'agit, ou, dans l'hypothèse de l'émission, le plan auquel les axes des molécules de la lumière sont parallèles; on dit alors que *la lumière est polarisée suivant ce plan*. Ainsi le rayon ordinaire dans le spath d'Islande est polarisé suivant le plan de la section principale, et le rayon extraordinaire l'est suivant un plan perpendiculaire à cette section principale.

Si l'on reçoit un rayon polarisé, c'est-à-dire réfléchi par une glace de verre sous l'angle de $35^{\circ} 25'$ sur une seconde glace faisant le même angle avec ce rayon; que l'on fasse tourner cette seconde face autour du rayon, sans changer l'angle qu'elle fait avec lui; on remarque que la lumière réfléchi par cette nouvelle glace a son maximum d'intensité quand le second plan de réflexion est parallèle au premier, qu'il n'y a au contraire presque aucune lumière réfléchi lorsque ces deux plans de réflexion sont perpendiculaires entre eux, et que, dans ce dernier cas, toute la lumière polarisée suivant le premier plan de réflexion pénètre dans la seconde glace.

On appelle *angle de polarisation* d'une substance l'angle que doit faire un rayon lumineux incident avec une surface plane et polie de cette substance pour que le rayon réfléchi correspondant soit polarisé le plus complètement possible. Brewster a découvert cette loi remarquable, que l'angle de polarisation est celui pour lequel le rayon réfléchi est perpendiculaire au rayon réfracté. De telle sorte que A étant cet angle, l l'indice de réfraction, $\cos. A = l \sin. A$ ou $\text{tang. } A = \frac{1}{l}$.

L'industrie vient de tirer récemment un très heureux parti des propriétés qu'acquiert la lumière en traversant des milieux cristallisés ou des solutions de corps cristallisables, contenant des cristaux élémentaires, qui jouissent des mêmes propriétés. (Voyez POLARIMÈTRE.)

De la théorie des ondulations.

Comme nous l'avons souvent répété, toutes les recherches scientifiques ont pour objet de rattacher les phénomènes les plus compliqués à des

phénomènes plus simples dont la nature intime ne peut nous être connue autrement que par son énoncé. Quelquefois des hypothèses heureuses permettent de grouper avec avantage un très grand nombre de faits et simplifient l'étude. Telle est la théorie des ondulations dans laquelle la lumière est considérée comme se propageant absolument comme le son, par la propagation de vibrations d'un milieu infiniment subtil appelé Éther.

Interférences. — C'est par un mode de propagation de cette nature que peut s'expliquer un des phénomènes les plus curieux que présente la lumière; nous voulons parler des interférences.

Considérons deux systèmes d'ondes, ou deux rayons lumineux déterminés par les axes perpendiculairement auxquels se produisent les vibrations, et qui suivent la même direction de propagation ou deux directions faisant entre elles un très petit angle. Supposons que ces deux systèmes d'ondes de même longueur soient en retard l'une sur l'autre d'un certain nombre entier ou fractionnaire d'ondulations, soit qu'émanées du même centre d'ébranlement elles y aient eu leur origine à deux époques différentes, soit que, parties en même temps elles aient parcouru des chemins différents avant d'atteindre le point considéré. Si ce retard est d'un nombre pair de demi-ondulations, elles tendront à imprimer à chaque instant à la molécule fluide deux vitesses de vibration égales et de même signe; l'effet de leur superposition sera donc, en quelque sorte d'augmenter l'intensité de la lumière. Mais si ce retard est d'un nombre impair de demi-ondulations les deux systèmes d'ondes tendant à imprimer au même instant à la même molécule deux vitesses égales et de signes contraires, l'effet de leur superposition sera le repos de la molécule et la lumière de l'un des rayons ajoutée à celle de l'autre produira de l'obscurité.

C'est ainsi que s'expliquent la scintillation des étoiles, et diverses expériences de physique qui ne peuvent s'analyser si on n'admet un semblable mode de propagation de la lumière.

I. PHYSIQUE INDUSTRIELLE.

La physique industrielle comprend les applications au travail industriel des théories que fournit l'étude des forces et agents de la nature qui agissent sur les divers corps; les lois générales des phénomènes que ceux-ci peuvent éprouver.

Nous avons reconnu que l'étude scientifique des forces de la nature consiste à mesurer, suivant les cas, les quantités, l'étendue, les mouvements produits; que, par suite, la physique ne présente, pour des phénomènes d'un ordre

tout spécial, que des applications des sciences mathématiques.

Pour rendre possible l'application des lois réelles, il faut que l'expérience ait constaté les relations des phénomènes qui se succèdent dans chaque cas avec la variation de la cause qui les produit. Mais on voit de suite à quel degré de précision, en quelque sorte mathématique, il faut que l'art expérimental soit amené pour que la loi réelle puisse se dégager des résultats secondaires, pour que les mille causes d'erreur qui se rencontrent dans la pratique soient évitées, ou au moins appréciables; combien, en un mot, la loi mathématique d'un phénomène est difficile à découvrir. Dans les cas les plus fréquents, les lois physiques ne sont que des approximations obtenues par la vérification approchée des résultats de l'expérience avec une loi mathématique admise pour la loi véritable; toutefois, en général, ces lois approchées sont toujours suffisantes pour les applications pratiques, le résultat final, bien que n'étant pas égal à celui mathématiquement prévu, n'en différant que de quantités insignifiantes.

Bien souvent ces lois mathématiques ne peuvent être précisées, et les résultats d'expériences ne fournissent que des lois empiriques des phénomènes.

Pour les applications, les premières lois s'appliquent directement à l'industrie, aussitôt qu'un emploi industriel le réclame, que le phénomène vient à être utilisé. Ainsi la loi mathématique de la réfraction de la lumière permet de déterminer les formes et les courbures des lentilles des instruments d'optique, et donne par suite la règle de la pratique.

Les secondes lois, par leur nature même, s'appliquent immédiatement à la pratique. Elles n'ont pas, en réalité, un véritable caractère scientifique et constituent, à proprement parler, des sciences expérimentales, des sciences de la nature de celles que nous appellerons sciences de l'ingénieur.

Il n'y a donc pas ici de place pour des connaissances intermédiaires entre la science et l'application, comme lorsqu'il s'agit de sciences abstraites. Ainsi, entre les résultats expérimentalement et scientifiquement déduits relativement à la chaleur, et les règles qui guident dans le chauffage, nul intervalle. Toute la différence entre la théorie pure et la règle de la pratique n'est que dans l'utilisation d'une partie seulement des lois découvertes.

C'est, au reste, le caractère des sciences de la nature de s'appliquer directement et immédiatement à l'industrie, et cela résulte trop évidemment de leur essence même pour qu'il y ait lieu d'insister à cet égard.

Un des plus importants emplois de l'étude physique des corps est, après celle de la méca-

nique physique qui repose sur l'étude de leur constitution, leur classification au point de vue de leurs propriétés physiques. Passons en revue les principales divisions ainsi établies.

Cristallographie. — De la forme que prennent les corps susceptibles de cristalliser, se déduit un moyen de les classer, moyen fort commode pour trouver dans les recherches minéralogiques la nature d'un minéral cristallisé, par une simple inspection. Cette étude intéressante a été ramenée par Haüy à un ensemble de doctrines qui, appliquées à tous les corps, offrent le caractère d'une science naturelle. Ce n'est pourtant pas véritablement une science dans le sens que nous avons attaché à ce mot; elle ne constitue en réalité qu'un catalogue des corps arrangés d'après le point de vue physique des formes qu'ils prennent en cristallisant.

Il n'en serait plus ainsi si l'on pouvait prévoir ces formes, les déduire de celles des molécules intégrantes. C'est dans la chimie que se rencontrent ces recherches, ou au moins les théories qui paraissent pouvoir y conduire, celles des corps isomorphes notamment.

Dureté — Ductilité — Malléabilité — Élasticité — Ténacité. — Toutes ces propriétés physiques des corps solides, considérés au point de vue des résistances qu'ils opposent aux actions des forces qui agissent sur eux, forment l'objet de la mécanique physique dont nous parlons plus loin, c'est-à-dire sont utilisées surtout au point de vue mécanique. Nous voulons seulement faire observer que tous les corps considérés par rapport à ces propriétés peuvent être rangés dans un ordre où celles-ci vont croissant ou décroissant, et que l'industrie tire grand parti de semblables tableaux, qui lui indiquent les corps les plus convenables à employer dans chaque cas.

Ainsi la dureté des corps sera indiquée par un tableau où les corps seront disposés de telle sorte, que l'un soit rayé par ceux qui le précèdent et raye ceux qui le suivent.

Caractères physiques en général. — En réalité tous les caractères physiques qui servent à décrire les corps sont la base de semblables classifications, qu'elles soient ou ne soient pas faites pour tous les corps. Telle est la couleur, la conductibilité pour la chaleur, l'électricité, etc., caractères qui permettent de rendre raison de l'emploi des divers corps dans l'industrie.

Corps liquides et gazeux. — Les propriétés physiques des liquides et des gaz trouvent des applications de toute sorte dans l'industrie; mais, comme nous l'avons déjà dit plus haut, il résulte du caractère de science naturelle qui appartient à la physique, que les connaissances qui en font partie se trouvent être directement applicables. Ainsi, pour les liquides l'incompressibilité, la capillarité, etc.; pour les gaz, la

faible densité, la loi de leur compression, etc., trouvent des applications de chaque instant.

Chaleur. — Lumière. — L'art du chauffage, fondé entièrement sur l'étude scientifique de la production et de la propagation de la chaleur, mais n'ayant besoin d'emprunter à la théorie qu'une partie des connaissances qu'elle fournit, complétée par des règles empiriques suffisamment exactes pour la pratique, peut être considéré comme constituant une science d'ingénieur. — Il en est de même de l'art de l'éclairage, relativement à la théorie de la lumière, qui lui fournit toutes les règles et tous les moyens d'observation.

La photographie est venue, dans ces derniers temps, fournir une application industrielle nouvelle des propriétés des lentilles de réduire les

images des corps, et a permis d'obtenir par l'action de la lumière la représentation perspective des objets.

Acoustique. — L'acoustique fournit toutes les lois auxquelles doivent satisfaire les instruments de musique, et fournit un exemple des cas où l'expérimentation des industriels a bien souvent devancé les recherches des savants.

Electricité — Magnétisme. — Les applications des phénomènes de l'électricité et du magnétisme, et par suite des lois que la science est parvenue à reconnaître, sont nombreuses dans l'industrie et le deviennent encore bien davantage chaque jour. Citons, entre autres, la galvanoplastie, la boussole, la télégraphie électrique, etc.

V. CHIMIE.

Si, au lieu de se borner à l'étude générale des corps, indépendamment de tout changement dans leur nature, comme on le fait pour la physique, on étudie, au contraire, exclusivement ces modifications spéciales dans la nature de chacun d'eux mis en rapport avec tous les autres et dans toutes les circonstances imaginables, on rentre dans le domaine de la science appelée *chimie*. On comprend quels grands résultats a dû produire une science qui accroît en quelque sorte la nature par la création incessante de nouveaux corps, et par suite quels importants résultats elle a fournis à l'industrie depuis qu'elle a été si récemment constituée.

Méthode. — Au point de vue de la méthode scientifique, il est à remarquer que c'est en chimie que l'*observation* proprement dite acquiert son entier développement. En astronomie, la vue, en physique, la vue, l'ouïe et le toucher, tels sont nos moyens d'exploration. En chimie, le goût et l'odorat viennent se joindre aux sens précédents, et acquièrent une importance dont on ne peut se faire une idée qu'en supposant pour un instant ce que serait la chimie sans l'emploi de ces deux sens, en analysant leur influence dans le langage chimique, les acides, les amers, etc. Mais c'est surtout la balance qui, depuis Lavoisier, a constitué la science en y introduisant la précision et l'élément *mesure*. La propriété générale de tous les corps d'être pesants et l'axiome fondamental que la matière ne se détruit pas, telles sont les données sur lesquelles, à la suite de ce grand homme, a été

élevé avec une rapidité inouïe un merveilleux édifice.

De l'ordre assigné à la chimie. — Nous paraissions négliger, dans l'ordre que nous suivons ici, une foule de connaissances indispensables cependant pour celles que nous étudions, comme la minéralogie, la géologie, etc. Nous laissons en apparence une lacune considérable.

C'est qu'il faut distinguer, dit M. A. Comte, par rapport à tous les ordres de phénomènes, deux ordres de sciences : les unes, abstraites, générales, ont pour objet la découverte des lois qui régissent les diverses classes de phénomènes en considérant tous les cas qu'on peut concevoir ; les autres, concrètes, particulières, descriptives et qu'on désigne quelquefois sous le nom de sciences naturelles proprement dites, consistent dans l'application de ces lois à l'histoire effective des différents êtres existants. Les premières sont fondamentales, les autres, quelle que soit leur importance propre, ne sont réellement que secondaires (bien qu'indispensables pour les applications).

Telles sont, par exemple, la chimie et la minéralogie ; la première est évidemment la base rationnelle de la seconde. Dans la chimie, on considère toutes les combinaisons possibles des molécules et dans toutes les circonstances imaginables ; dans la minéralogie, on considère seulement celles de ces combinaisons qui se trouvent réalisées dans la constitution effective du globe terrestre, et sous l'influence de circonstances particulières.

Nous laissons donc avec raison de côté toutes les sciences naturelles descriptives, celles qui ne sont que le catalogue des corps qui se rencontrent dans l'univers, qui ne fournissent aucun moyen d'action sur les corps; par exemple, la minéralogie et la géologie qui indiquent dans quel état et où se rencontrent les substances qui font l'objet de la chimie générale dont nous allons parler, et qui sont par suite d'un grand intérêt industriel. Nous les rencontrerons plus loin lorsqu'il s'agira non des lois de l'action de l'homme sur la nature, mais du travail même dans son application. Nous ne contestons pas l'importance de leur étude; nous disons seulement qu'elles sont d'un ordre tout à fait différent des sciences proprement dites. Leur importance dépend bien plus de la variété des objets qui se rencontrent dans l'univers que de leur valeur propre au point de vue intellectuel; car toutes les lois qui ont présidé à la formation des corps qu'elles étudient ne sont autres que les lois qui constituent la chimie et la physique.

LOIS DE LA CHIMIE GÉNÉRALE.

Distinction des corps en corps simples et en corps composés. — Les corps composés sont ceux desquels on peut extraire plusieurs substances différentes entre elles par leurs propriétés et différences de la substance primitive. Au contraire, on considère comme simples tous les corps qui n'ont pu être décomposés en d'autres principes.

On compte aujourd'hui 62 corps simples, parmi lesquels 45 seulement sont l'objet des études sérieuses des chimistes; les autres, rares et récemment découverts, offrent peu d'intérêt.

Un assez grand nombre de corps simples, le chlore, l'iode, le brome, par exemple, sont assez voisins les uns des autres par leurs diverses propriétés, forment assez clairement des familles naturelles, pour qu'on puisse penser que plusieurs de ces corps pourront un jour être reconnus avoir un radical commun; mais les chimistes ont grand soin de se fier pour la majeure partie aux progrès de la science du soin d'éclairer ce genre de questions et de ne pas perdre leur temps en recherches qui seraient évidemment faites dans une fausse voie; car c'est celle où se rencontre cette espèce de folie qui a fait tant de victimes, la recherche de la pierre philosophale. Personne ne peut prévoir ce que les progrès de la science indiqueront à ce sujet; il n'est pas absolument impossible que certains métaux voisins ne puissent, comme les corps que nous venons d'indiquer, provenir d'un corps plus simple et par suite le métal le plus précieux être obtenu à l'aide de corps d'une moindre valeur. Tout ce qu'on peut dire, c'est que, dans l'état actuel de la science, rien de semblable n'est possible, et que ce ne peut être que de la découverte

des lois nouvelles, c'est-à-dire des progrès généraux de la science que peut jamais provenir une semblable possibilité, mais non de la contemplation indéfinie des corps sur lesquels on trouverait profit à opérer.

La notion de corps simple, dernière limite des décompositions que la chimie parvient à effectuer, peut servir à définir celle-ci, à assigner le but vers lequel elle tend, c'est-à-dire : étant données les propriétés de tous les corps simples, trouver tous les composés qu'ils peuvent former, et les propriétés de ces composés.

Ce but surtout, quant aux propriétés des composés, est malheureusement bien loin d'être atteint; aussi la chimie est-elle encore une science empirique, c'est-à-dire que les propriétés d'un composé ne sont guère connues que par l'expérience, et la science est-elle bien voisine de la simple description du fait. Elle constitue une science purement expérimentale, purement industrielle par suite, puisque le fait y tient la plus grande place.

La notion de composé qui est celle sous laquelle nous arrivons à comprendre les divers corps, sauf les corps simples, nous entraîne nécessairement à comprendre comme composée la dernière molécule du corps composé homogène; elle est formée de la réunion des dernières molécules des corps constituants, de ce qu'on nomme leurs atomes. Ces atomes ne sont pas seulement des entités que l'esprit se propose pour expliquer les phénomènes; ils existent réellement et constituent la limite au-dessous de laquelle la divisibilité de la matière cesse d'être possible. Bien que cette limite soit, sans aucun doute, immensément inférieure à la limite que nous pouvons atteindre par des moyens mécaniques, elle ne doit pas moins être conclue des résultats de la chimie. En effet, si cette proposition était erronée, il est évident que dans les compositions d'un corps avec tous les autres corps, les quantités de ce corps seraient sans aucun rapport entre elles, et les combinaisons de deux corps suivant toutes les proportions imaginables pourraient avoir lieu. Or, il n'en est nullement ainsi.

Loi des proportions multiples. — Lorsque deux corps simples A et B se combinent, 1 atome de A se combinera avec 1, 2, 3, 4... atomes de B, ou bien 2 molécules de A se combineront avec 3; 5, 7.. atomes de B, et ainsi de suite. Il est évident, d'après cela, que les quantités pondérables des deux substances A et B que l'on trouvera dans les divers composés qu'elles peuvent former seront entre elles dans des rapports rationnels et commensurables. Ce fait, qui a été parfaitement démontré par l'expérience, est la principale preuve que nous invoquons pour établir la divisibilité limitée de la matière, et l'existence des atomes indivisibles. L'expérience montre même que les rapports les plus simples sont

ceux qui se présentent le plus fréquemment; ainsi on rencontre ordinairement dans les corps composés les rapports de 1 : 2, de 1 : 3, de 1 : 4, de 1 : 5 ou les rapports de 2 : 3, de 2 : 5, de 2 : 7.

Cette belle loi établie par Dalton, qui étendit la loi trouvée par Richter, a été confirmée par tous les travaux des chimistes, mais surtout mise hors de doute par M. Gay-Lussac, qui, dans des expériences faites sur les gaz, put opérer sur les volumes au lieu d'opérer sur les poids. Il a démontré que les gaz (dont la nature ne peut se concevoir qu'en se les représentant comme formés de molécules écartées les uns des autres) se combinent toujours dans un rapport simple, et que si le produit de la combinaison est gazeux ou volatil, il existe aussi un rapport simple entre son volume et celui qu'occupaient les gaz avant leur combinaison.

Équivalents chimiques. — On donne le nom d'équivalents chimiques aux nombres qui représentent les quantités pondérables des différents corps pouvant se remplacer mutuellement dans les combinaisons chimiques.

La loi des équivalents repose sur l'idée des rapports simples et des proportions multiples qui règlent toutes les combinaisons chimiques et en est une conséquence indirecte. Elle fut d'abord établie par Wenzel et Richter.

La loi de Wenzel peut être énoncée ainsi :

Si P, P', P'', P''', représentent les poids d'une série de bases pouvant neutraliser un poids Q d'un certain acide, si Q', Q'', Q''' représentent les poids d'une série d'acides neutralisant un poids de la base P, ces quantités d'acides Q' Q'' Q''' neutraliseront également les proportions de bases P' P'' P'''.

La loi de Richter est la suivante :

Pour les sels d'un même genre, il existe un rapport constant entre la quantité d'oxygène de l'acide et la quantité d'oxygène de la base.

Ces lois combinées avec les précédentes permettent d'établir la série des équivalents des corps, c'est-à-dire de former un tableau des proportions en poids suivant lesquels ils se combinent avec une unité déterminée.

On comprend de quelle importance industrielle est une semblable loi qui permet de calculer avec une extrême facilité les dosages des substances à employer pour toutes les combinaisons à effectuer.

Nomenclature chimique. — Parmi les sciences où la multitude des objets considérés excite à la formation des nomenclatures spéciales, la chimie est la seule où, par sa nature, les phénomènes soient assez simples, assez uniformes, et en même temps assez déterminés, pour que la nomenclature rationnelle puisse être à la fois claire, rapide et complète, de façon à contribuer puissamment au progrès général de la science. Toutes les considérations chimiques sont néces-

sairement dominées, d'une manière directe et incontestable, par une seule notion prépondérante, celle de la composition; le but propre de la science étant de tout rallier à ce caractère suprême. Ainsi le nom systématique de chaque corps, en faisant directement connaître sa composition, peut aisément indiquer, d'abord, un juste aperçu général, et ensuite un résumé fidèle, quoique concis, de l'ensemble de son histoire chimique.

Tel est l'esprit de la nomenclature heureusement fondée par Guyton-Morveau et qui a eu une puissante influence sur les progrès de la chimie. Malheureusement l'esprit de cette nomenclature devait porter l'empreinte des idées théoriques qui régnaient à l'époque où elle fut créée. Ces idées s'étant beaucoup modifiées, il en résulte que la nomenclature n'est plus en harmonie avec l'état actuel de la science et qu'il importerait de la modifier. C'est ce qui a été fait pour quelques noms, mais ne peut être tenté qu'avec une extrême circonspection pour ne pas rompre la tradition entre les ouvrages des chimistes antérieurs à une réforme et ceux postérieurs.

Nous exposerons en quelques mots cette nomenclature dont les principes ont servi à donner tous les noms des composés employés dans l'industrie.

Corps simples. — Les corps simples sont habituellement rangés en deux classes.

Dans la première on range ceux qui sont gazeux et liquides, et ceux qui étant solides sont le plus souvent privés de l'éclat métallique, sont mauvais conducteurs du calorique. On les appelle corps simples non métalliques ou métalloïdes. Il y en a 14, savoir :

Oxygène, Hydrogène, Silicium, Bore, Carbone, Phosphore, Arsenic, Soufre, Sélénium, Chlore, Brome, Iode, Azote et Fluor.

La deuxième classe renferme les éléments généralement pourvus de l'éclat métallique, solides à l'exception d'un seul, bons conducteurs du calorique. On les appelle corps simples métalliques ou métaux. On en compte 47, savoir :

Aluminium, Antimoine, Argent, Baryum, Bismuth, Cadmium, Calcium, Cérium, Chrome, Cobalt, Cuivre, Didymium, Erbium, Etain, Fer, Glucinium, Iridium, Lanthane, Lithium, Magnésium, Manganèse, Mercure, Molybdène, Nickel, Niobium, Or, Osmium, Palladium, Pélodium, Platine, Plomb, Potassium, Rhodium, Ruthénium, Sodium, Strontium, Tantale, Tellure, Terbium, Thorium, Titane, Tungstène, Uranium, Vanadium, Yttrium, Zinc, Zirconium.

Des composés binaires. — L'oxygène, que l'on considèrerait comme le corps par excellence, qui

gardait encore quelque chose du phlogistique de Stahl, en s'unissant avec les autres éléments, forme deux classes de corps, les *acides* et les *oxydes*; les premiers ont une saveur aigre, analogue à celle du vinaigre, et rougissent la teinture bleue de tournesol; les deuxièmes sont insipides, ou s'ils ont une saveur elle n'est pas aigre, mais âcre et brûlante; ils ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie par un acide. Les oxydes sont ainsi appelés lorsqu'ils n'ont pas de saveur, s'ils en ont une urineuse et analogue à celle de la potasse, on les appelle communément alcalis.

Acides. — On nomme le radical que l'on termine en *ique* ou en *eux*, suivant que le corps renferme une plus ou moins grande quantité d'oxygène; acide sulfureux, acide sulfurique, indiquent l'union du soufre (radical) et de l'oxygène; mais il y a plus d'oxygène dans le deuxième composé que dans le premier.

Cette règle suffisait à l'époque où elle fut faite: on ne connaissait que l'oxygène pour principe acidifiant; mais les progrès de la science ont forcé de modifier cette partie de la nomenclature: ainsi, quand l'hydrogène vient former un acide, le nom de l'acide est précédé du mot *hydro*, pour indiquer que l'hydrogène entre dans le composé; l'acide hydrosulfurique est un acide formé d'hydrogène et de soufre.

Oxydes. — Corps composés d'un radical, combustible métallique ou non, et d'oxygène, n'ayant pas de saveur ou ayant une saveur urineuse analogue à celle de la potasse. L'oxygène peut s'unir en diverses proportions avec un radical, en formant toujours un oxyde: on fait donc précéder le mot oxyde des prépositions *prot*, *deut*, *per*, pour indiquer la proportion d'oxygène. Protoxyde de potassium, protoxyde et deutoxyde de fer, protoxyde et deutoxyde de mercure, indiquent les combinaisons: 1^o d'oxygène et de potassium; 2^o de fer avec une et deux proportions d'oxygène; 3^o de mercure avec une et deux proportions d'oxygène. Certains oxydes alcalins ont conservé leurs noms anciens: potasse, soude, baryte, strontiane, chaux, etc., se disent pour protoxyde de potassium, protoxyde de sodium, protoxyde de barium.

Composés binaires. — Ils peuvent être formés de deux corps combustibles quelconques. La nomenclature varie suivant que la combinaison a lieu: 1^o entre des combustibles non métalliques; 2^o entre un métal et un combustible non métallique; 3^o entre deux métaux.

Si le composé est liquide ou solide et formé de deux substances non métalliques ou d'un élément métallique et d'un élément non métallique, on nomme le composant non métallique en lui donnant la terminaison *ure*, et on le fait suivre du deuxième élément au génitif; sulfure de phosphore, phosphure de soufre, sulfure de

zinc, indiquent les combinaisons binaires liquides ou solides du phosphore et du soufre, du soufre et du zinc.

Si le corps est gazeux, il renferme au moins un gaz dans sa composition; on nomme le gaz le premier, et on le fait suivre du nom du deuxième corps, terminé en *é*: hydrogène carboné, indique le composé gazeux formé d'hydrogène et de carbone.

Les métaux, en se combinant entre eux, forment des composés qui portent le nom générique d'alliages. Exemples: alliage d'étain et de plomb, de cuivre et d'étain.

Sels. — Les composés binaires peuvent s'unir entre eux, de manière à former des composés plus complexes; les acides et les oxydes forment les sels. Voici comment on forme leurs noms. Le nom des acides terminés en *ique* reçoit la désignation *ate*; celui des acides terminés en *eux*, la désignation *ique*. À ces noms ainsi modifiés, on joint le nom de l'oxyde qui fait partie du sel. Ainsi, borate de soude, sulfite de soude désignent des sels composés d'acide borique ou d'acide sulfureux et d'oxyde de sodium.

De la combinaison des corps.

Les idées de combinaison des corps entraînent nécessairement avec elles l'idée, de forces qui causent le mouvement de ces molécules. On ne peut, à proprement parler, étudier ce mouvement, mais seulement les états successifs d'équilibre des molécules, soumises à l'action des affinités chimiques et des agents physiques, tels que la chaleur, la lumière, etc. Les études théoriques relatives à ces forces sont peu avancées, et nous ne connaissons, à ce sujet, qu'un curieux essai de M. Chevreul, auquel nous allons emprunter la partie la plus curieuse, celle qui se rapporte aux phénomènes de combinaisons et de décompositions sur lesquels reposent la plupart des procédés d'analyse.

Analyse chimique. — L'affinité d'antagonisme des corps, considérée au point de vue analytique, c'est-à-dire au point de vue des décompositions que les corps éprouvent, comprend les faits les plus complexes de la mécanique chimique.

Nous passerons en revue les principaux phénomènes et les causes auxquelles on peut les attribuer en examinant les cinq cas suivants:

Premier cas. — Action des dissolvants sur les principes immédiats d'un sel qui sont inégalement solubles.

Deuxième cas. — De la force d'expansibilité ou de la volatilité considérée relativement à la décomposition d'un sel par un acide, par un alcali ou par un sel.

Troisième cas. — Influence de l'insolubilité considérée dans la précipitation produite par

l'addition d'un acide ou d'un alcali à la solution d'un sel.

Quatrième cas. — Influence de l'insolubilité dans la solution mutuelle des sels solubles.

Cinquième cas. — Intervention d'un corps combustible dans la décomposition d'un sel dissous dans l'eau.

Premier cas. — Action des dissolvants sur les principes immédiats d'un sel qui sont inégalement solubles.

Si l'action des dissolvants est généralement plus faible que l'affinité d'antagonisme existant entre un sel et une base salifiable, ce serait une erreur que d'en conclure que l'affinité qui produit une neutralisation étant une force essentiellement supérieure à l'affinité d'un dissolvant pour les corps qu'il dissout, il n'y aura aucun sel susceptible d'être décomposé, en tout ou en partie, par un dissolvant dont l'affinité est plus ou moins différente pour chacun des principes immédiats de ce sel. Il est évident, au reste, que la température et laquelle le dissolvant agit, et sa masse, sa proportion relativement au sel, auront une grande influence sur le résultat.

Parmi les sels formés d'une base insoluble dans l'eau et d'un acide qui s'y dissout, il en est qui sont réduits par l'action de ce liquide en sous-sel et même en oxyde qui ne se dissout pas, et en acide qui se dissout en entraînant une proportion variable d'oxyde, ou plutôt de sous sel. Un résultat inverse peut avoir lieu pour un sel dont la base est soluble et l'acide insoluble.

On voit donc comment l'insolubilité d'un des principes d'un sel dans un liquide capable de dissoudre l'autre principe peut devenir une cause de la décomposition de ce sel.

Deuxième cas. — De la force d'expansibilité ou de la volatilité considérée relativement à la décomposition d'un sel par un acide, par un alcali ou par un sel.

Un acide volatil est expulsé d'un sel par un acide plus fixe ou moins volatil que le premier dans les circonstances où la réaction a lieu.

La théorie est surtout applicable lorsque la chaleur intervient : ainsi, par exemple, lorsqu'on chauffe du sulfate d'ammoniaque avec du sous-carbonate de chaux. On obtient du carbonate d'ammoniaque sublimé, et un résidu fixe de sulfate de chaux. Les tendances différentes à l'expansion et l'affinité mutuelle des corps fixes d'une part, l'affinité mutuelle des corps volatils d'autre part, expliquent le résultat de la réaction. En effet, la chaleur tendant à volatiliser l'acide carbonique et l'ammoniaque d'une part, affaiblit l'affinité de l'acide sulfurique pour l'ammoniaque, et celle de l'acide carbonique pour la chaux, en même temps que l'affinité mutuelle

de l'acide sulfurique et celle de la chaux tendent à constituer un sel fixe à la température où le carbonate d'ammoniaque peut se former par l'affinité mutuelle de l'acide et de la base qui sont tous deux volatils.

Troisième cas. — Influence de l'insolubilité dans la précipitation produite par l'addition d'un acide ou d'une base à la solution d'un sel.

Lorsqu'un sel dissous dans un liquide est formé d'un principe immédiat soluble et d'un principe immédiat insoluble dans ce même liquide, on doit voir dans l'insolubilité du dernier principe une cause tendant incessamment à opérer la décomposition du sel, puisque cette tendance est opposée à l'affinité dissolvante du liquide qui tend à retenir le principe soluble en solution.

De là, les conséquences suivantes :

1° Toute force qui tendra à affaiblir l'affinité du principe soluble pour le principe insoluble, favorisera la séparation des deux principes l'un avec l'autre. Ce sera le cas de l'action d'un corps soluble doué de l'affinité antagoniste de celle du corps soluble.

2° Toute force qui tendra à augmenter la tendance du principe insoluble à se séparer, favorisera la séparation de l'un des principes du sel d'avec l'autre. Ce sera le cas de l'action d'un corps soluble antagoniste du principe soluble, qui pourra former avec ce dernier un sel insoluble.

Quatrième cas. — Influence de l'insolubilité dans la décomposition mutuelle de deux sels solubles qui ne contiennent ni un même acide, ni une même base.

L'influence de l'insolubilité dans le mélange de deux sels différents par l'acide et la base, mais dissous dans un même liquide, est si grande, qu'en général on peut prévoir l'ordre suivant lequel deux acides et deux bases alcalines qui seront en présence s'arrangeront pour constituer deux sels, lorsqu'on sait, d'ailleurs, le degré de solubilité dans le dissolvant des différents sels que les acides et les bases en présence peuvent constituer. La prévision du résultat de la réaction n'est pas bornée au cas d'insolubilité de l'un ou des deux sels nouvellement produits, elle s'applique encore au cas où les nouveaux produits, sans cesser d'être solubles, l'étant inégalement, la proportion du dissolvant est insuffisante pour les tenir tous deux en solution.

C'est à Berthollet que l'on doit la généralisation des faits concernant la décomposition de deux sels différents l'un de l'autre par l'acide et la base, généralisation qu'on peut formuler ainsi : toutes les fois que deux sels différents par l'acide et la base sont dissous dans un même liquide, ils se décomposent mutuellement, si, du mélange de leurs solutions respectives, il ré-

sulte un ou deux sels moins solubles qu'ils ne le sont, et si d'ailleurs ils ne peuvent produire un sel double.

Cinquième cas. — Intervention d'un corps combustible dans la décomposition d'un sel dissous dans l'eau.

Certains sels, ceux d'étain, de plomb, etc., par exemple, sont réduits par le fer et le zinc à l'état métallique.

Quatre forces peuvent concourir à la production de ce phénomène, savoir :

1° L'affinité du corps combustible pour l'oxygène ou le chlore, etc. ;

2° La force alcaline du nouvel oxyde formé qui tend à se combiner avec l'acide du sel ;

3° L'état électro-négatif du corps précipité résultant de son contact avec le corps précipitant ;

4° L'affinité du corps précipitant pour le corps précipité.

CHIMIE ORGANIQUE.

La chimie permet de retirer des corps organisés des substances diverses, comme elle le fait des masses minérales. Cela fait, elle étudie les propriétés de chacune de ces substances, et cherche à utiliser d'après cette connaissance les actions des divers corps sur ces substances pour les modifier au profit de l'homme. C'est là tout ce qu'elle peut faire, c'est le seul rôle auquel elle puisse prétendre.

En procédant de la sorte, on est arrivé à bien connaître, en premier lieu, les produits de l'organisme végétal et animal.

L'analyse de ces produits de l'organisme, tels que les huiles, les graisses, etc., appartient réellement à la chimie, et l'opportunité de l'application de cette science à l'étude de ces corps se manifeste par l'importance même des résultats auxquels on est conduit.

Quant à l'étude chimique des tissus proprement dits, des liquides tels que le sang, la lymphe, assujettis à des variations continuelles, n'étant presque toujours que de simples mélanges, leur étude ne saurait appartenir à la chimie; ils rentrent dans le domaine de la biologie, qui les étudie à l'aide des données fournies par la chimie.

C'est en se plaçant au point de vue de la biologie, que les produits peuvent être classés d'après le rôle que chacun d'eux remplit dans le développement des êtres organisés; on doit étudier, par exemple, comment la fécule, les huiles qui se rencontrent dans les graines, fournissent les éléments nécessaires à leur germination et à la nutrition de la jeune plante.

Les méthodes d'analyse des substances organiques sont d'une extrême importance, puisqu'elles permettent d'étudier toutes les transformations des substances qui entrent dans l'organisme et s'y modifient continuellement.

Mais au point de vue de la chimie pure, les substances doivent être surtout considérées au point de vue d'antagonisme qui est si utile sous tous les rapports, tant en faisant prévoir les réactions des divers corps avec lesquels elles peuvent être en contact, qu'en en faisant connaître d'avance les propriétés fondamentales. On distingue donc :

Les acides organiques;

Les corps neutres, parmi lesquels on distingue les corps peu altérables à l'air et ceux qui se transforment par fermentation en d'autres composés;

Les alcalis organiques.

La facilité de la décomposition des produits du règne organique en d'autres produits par les actions de fermentation, l'action de la chaleur, l'intervention des actions chimiques, s'explique facilement par les conditions spéciales auxquelles ils ont été soumis en prenant naissance. C'est sous l'action des forces vitales, forces peu énergiques, que les végétaux s'assimilent l'eau et l'air. Ils sont donc composés d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et, pour quelques produits analogues aux substances animales, d'azote. D'autres éléments ne peuvent s'y rencontrer qu'accidentellement et en petites quantités. Or ces trois éléments principaux fixés successivement viennent, en quelque sorte, s'adjoindre à ceux qui existent déjà et, fixés en vertu d'affinités incomplètes, donner naissance à de nombreux composés, dont la molécule comprend des nombres multiples d'atomes de corps simples et qui diffèrent beaucoup, sous ce rapport, des composés de la chimie minérale.

De la composition complexe de la molécule organique naissent les fermentations, c'est-à-dire la facilité de ces molécules à se grouper d'une autre manière, à engendrer de nouveaux corps plus fixes, moins facilement décomposables que les premiers.

L'art d'éviter les fermentations des substances destinées à l'alimentation est un des plus importants par l'utilité des résultats qu'il fournit.

Une seconde conséquence qui constitue un des résultats les plus curieux de la chimie moderne est la *loi de substitution* ainsi formulée par M. Dumas :

Quand on traite une substance hydrogénée par le chlore, le brome, l'iode ou l'oxygène, etc., ces corps lui enlèvent généralement de l'hydrogène, et, pour un équivalent d'hydrogène enlevé, il se fixe un équivalent de chlore, de brome, d'iode ou d'oxygène dans le composé.

Cette substitution est due à deux causes.

La première est l'affinité d'antagonisme pour l'hydrogène des corps qui le remplacent.

La seconde est l'inertie des molécules deshydrogénées en tout ou en partie concourant avec leur affinité pour le chlore qui remplace l'hydrogène enlevé.

II. CHIMIE INDUSTRIELLE.

La chimie étant une science de faits qui enregistre les modifications, les combinaisons mutuelles des corps qui agissent les uns sur les autres, ses résultats sont presque tous applicables à l'industrie; il n'y a vraiment d'exception que pour les corps qui ne se rencontrent que dans les laboratoires, qu'on ne sait pas encore préparer à des prix peu élevés, qu'on ne rencontre pas par suite en quantités considérables. Non-seulement les résultats de la chimie sont presque tous applicables à l'industrie, mais encore c'est toujours immédiatement qu'ils peuvent s'appliquer. Ce qu'on appelle chimie est le plus souvent une véritable science d'ingénieur, la science pure se réduisant en réalité à un bien petit nombre de théories, analogues à celle des équivalents.

Malgré cette observation, les faits plus spécialement applicables dans certaines séries industrielles sont assez nombreux pour constituer de véritables sciences d'ingénieur, peu différentes de la chimie pure, mais assez considérables pour faire l'objet des études spéciales des ingénieurs qui en poursuivent les applications. Nous allons les passer en revue.

Métaux.

L'étude des substances minérales qui se rencontrent dans l'intérieur de la terre, forme les connaissances les plus importantes basées sur la chimie.

La *géologie* se rattache à la fois à la géographie physique, quant à l'étude des lieux où certaines substances sont déposées sur le globe, et à la chimie, quant à l'étude de la nature de ces substances. De l'observation, elle permet de déduire sûrement (et indépendamment des hypothèses par lesquelles ces résultats peuvent s'expliquer) s'il est possible de rencontrer une couche d'une espèce de terrain sous une autre que l'observation fait connaître; les diverses espèces de terrain se succédant toujours dans un ordre déterminé par l'observation; non qu'elles se rencontrent nécessairement toutes, mais à ce point de vue seulement que les inversions dans l'ordre de la succession sont impossibles. Ces beaux résultats, qui permettent de conjecturer comment s'est formée l'écorce du globe, constituent un ordre de connaissances tout à fait fondamental pour l'ingénieur des mines.

La *minéralogie* a surtout pour objet la classification et la description des minéraux et, comme les sciences naturelles dont elle fait partie, elle permet de reconnaître par l'inspection la place que les corps étudiés occupent dans une clas-

sification et par suite leur nature. Nous avons déjà parlé de la cristallographie qui fournit les moyens les plus précieux d'atteindre ce résultat. Mais, comme nous l'avons déjà dit en traitant de la chimie, cette science fournit à la minéralogie la connaissance des éléments qui composent le minéral, de telle sorte que les progrès de celle-ci ont fait négliger les méthodes spéciales de la minéralogie pour réduire à de véritables analyses les essais qui permettent de fixer la nature d'un minéral.

Métallurgie, docimasie. — Le but principal des connaissances dont nous venons de parler, est d'arriver à l'extraction des métaux enfouis le plus souvent à l'état de combinaisons chimiques dans les entrailles de la terre. La préparation du minerai, les opérations chimiques qu'on lui fait subir dans l'industrie, forment l'objet de la métallurgie; les opérations analogues faites sur une petite échelle et par suite sans qu'il y ait alors à s'occuper du prix de revient, pour juger des procédés, étudier les dosages des substances diverses, constituent la docimasie.

Les opérations métallurgiques (en dehors de la partie mécanique qui constitue une application de la science des machines) consistent essentiellement en un certain nombre de combinaisons et décompositions chimiques, et surtout d'oxydations et désoxydations. Il n'y a donc rien d'étranger à la chimie proprement dite, dans les méthodes employées, mais seulement une application variée d'éléments déterminés, dans des conditions particulières, qui en rendent l'étude indispensable pour l'ingénieur des mines.

Métalloïdes — Corps organisés. — Les sections qui précèdent sont les seules qui, fondées sur les connaissances chimiques, aient été constituées en un corps de doctrine formant science appliquée. Ainsi les opérations qui s'exécutent sur les métalloïdes et qui sont en grande partie du domaine du fabricant de produits chimiques ne forment pas un corps spécial de doctrine, bien que des observations importantes soient à noter pour la fabrication sur une grande échelle. Il en est de même pour l'extraction des produits du règne organique, du sucre, par exemple, bien que les usines soient le plus souvent établies par de véritables ingénieurs-chimistes.

Une exception doit être faite pour la teinture. Bien que reposant aujourd'hui sur les théories chimiques, l'art de la teinture est bien loin de n'avoir recours qu'à des théories complètes. Bien des recettes empiriques, des tours de main particuliers y sont nécessaires, et l'ensemble de ces connaissances peut, à bon droit, être considéré comme constituant une science de l'ordre de celles que nous appelons sciences d'ingénieur.

VI. BIOLOGIE.

Les phénomènes de l'univers, considérés dans leur ensemble, peuvent être divisés en deux grandes classes principales : la première renferme tous les phénomènes des corps bruts, la seconde tous ceux des corps organisés.

Les premiers ne dépendent que des faits géométriques et mécaniques, ou au moins les phénomènes peuvent être compris comme réductibles aux notions fondamentales sur lesquelles reposent ces sciences ; les seconds sont plus compliqués que les précédents et dominés par eux. Les propriétés dynamiques des éléments anatomiques, dites *propriétés vitales*, diffèrent de celles des corps bruts, ou plutôt la complication des causes de tout genre qui concourent à la production de chaque phénomène et à leur modification incessante fait que les relations obtenues sous la forme habituelle des premières sciences ne sont que secondaires et tout à fait insuffisantes pour l'explication du développement des phénomènes.

La différence capitale qui existe entre ces deux ordres de phénomènes réside dans cet élément nouveau qu'on rencontre dans les corps organisés qu'on appelle la *Vie*, et qu'il importe d'abord d'analyser.

On donne le nom de *VIE au double phénomène du mouvement moléculaire, à la fois général et continu, de composition et de décomposition, que présentent les corps organisés placés dans un milieu convenable.*

Cette définition est l'énoncé du seul phénomène, absolument et rigoureusement commun à l'ensemble de tous les êtres vivants ; elle ne comprend pas la division habituelle de la vie en *organique* et en *animale*, parce que la vie animale n'est qu'un simple perfectionnement complémentaire surajouté chez certains êtres à la vie *organique* ou vie fondamentale.

Pour les actes fondamentaux dont la succession perpétuelle caractérise la vie, la science des corps vivants se subordonne d'une manière directe et complète à la chimie, à plus forte raison à la physique dont relèvent les conditions qui rendent possibles les réactions chimiques. Ils sont, en effet, nécessairement chimiques, puisqu'ils consistent en une suite continue de compositions et de décompositions plus ou moins profondes. Au moment où a lieu une combinaison chimique quelconque, il se passe réellement quelque chose d'analogue à la vie, mais avec cette différence que le phénomène est instantané ici et cesse dès qu'il est produit ; tandis que dans tout organisme placé dans un milieu convenable,

il se renouvelle continuellement par cette lutte régulière et permanente entre le mouvement de composition et celui de décomposition.

Il est même quelques cas en chimie où certaines circonstances de structure (quelque peu analogues à celle des corps organisés) déterminent des réactions énergiques qui n'eussent pu se produire indépendamment de cette structure particulière, tels sont celles que font naître l'éponge de platine et certains corps poreux.

Tout corps organisé placé dans un milieu convenable a la propriété de présenter le double phénomène général qui caractérise la vie, lequel se manifeste par la nutrition ou accroissement, et le décroissement de ses éléments anatomiques. Ce sont là les *propriétés vitales* les plus générales de ces éléments, propriétés variables pour chaque élément anatomique distinct. Ce sont autant de *propriétés vitales élémentaires et spéciales* inhérentes à chaque élément des tissus.

Connaissant donc :

1° L'*élément anatomique*, c'est-à-dire les derniers corps nettement déterminés auxquels on puisse ramener les tissus organisés par séparation mécanique ou isolement successif des tissus qui les constituent (1) ; ils possèdent un ensemble de propriétés physiques qui leur sont tout à fait propres ;

2° Le *tissu* composé par l'enchevêtrement des éléments anatomiques,

On est amené à considérer :

3° Les *systèmes*, ou l'ensemble des parties formées d'un même tissu ;

4° Les *organes* qui sont des instruments constitués par un ou plusieurs tissus prenant une forme spéciale appropriée à leur distinction ;

5° Enfin, les *appareils* formés par une certaine disposition réciproque des organes constituants, conformément, d'une part, à la *fonction* qu'ils ont à remplir, et, d'autre part, au *milieu* dans lequel celle-ci s'exécute.

D'après ce qui précède, on peut reconnaître que le but de la biologie doit être de chercher à rattacher constamment l'un à l'autre dans chaque cas déterminé le point de vue anatomique et le point de vue de la fonction, le milieu dont l'étude appartient aux sciences physiques étant supposé connu.

La biologie est donc la science qui étudie les

(1) C'est surtout le mode de groupement des principes immédiats, d'où résultent les éléments anatomiques dans les corps organisés, et la forme primitive de chaque type cristallin dans les corps bruts, qui distingue ceux-ci des corps organisés.

êtres organisés dans le but d'arriver par la connaissance des organes ou des modifications organiques à connaître les fonctions ou actes et réciproquement.

Ainsi prévoir comment agira dans des circonstances données tel être organisé, ou quel est l'organe qui a pu produire tel acte et réciproquement, tel est le but que doit toujours se proposer le biologiste.

Il est inutile d'insister sur la nécessité de comprendre dans cette définition, à la fois, la physiologie et l'anatomie, sans distinction de l'une avec l'autre; car il ne peut exister de physiologie sans anatomie, comme aussi, sans la physiologie, l'anatomie n'aurait aucun caractère scientifique, c'est-à-dire d'utilité et serait toujours aride et ordinairement inintelligible.

Cette définition ajoute à l'anatomie et à la physiologie une autre branche essentielle, peu connue, et encore imparfaite. C'est la science qui traite de l'étude des milieux, ou modificateurs externes généraux et spéciaux, et de leur action sur l'organisme.

Nous avons vu, en effet, que si l'idée de vie est inséparable de celle d'organisation, elle l'est au même degré de celle du milieu en relation déterminée avec l'organisme.

Après ces généralités que nous empruntons au grand ouvrage du docteur Robin, et qui s'appliquent en même temps aux végétaux et aux animaux, nous pouvons établir, d'après le même auteur, les définitions des deux genres d'êtres organisés, définitions qu'expliquera et complètera ce qui va suivre.

1° Les végétaux sont des êtres organisés, formés de cellules proprement dites, ou de fibres et tubes cellulaires cloisonnés, ayant la cellulose, substance très oxygénée, pour principe immédiat fondamental de leurs éléments anatomiques définitifs, lesquels se forment par simple métamorphose des cellules embryonnaires du germe.

2° Les animaux sont des corps organisés ayant la faculté de se contracter volontairement, formés soit de substances homogènes et granuleuses seulement, soit en même temps de fibres pleines, ou de tubes non cloisonnés et de cellules; ayant l'albumine et ses congénères, substances très azotées, pour principes immédiats de leurs éléments anatomiques définitifs, lesquels se forment par substitution de toutes pièces aux cellules embryonnaires du germe.

NUTRITION.

La biologie doit d'abord, avec le secours de la chimie, étudier les phénomènes de nutrition, de vie, relativement au milieu dans lequel vivent tous les êtres organisés.

Les fonctions vitales se manifestent chez tous les animaux par un dégagement de chaleur, une

absorption d'oxygène et l'expulsion de divers produits parmi lesquels figurent principalement l'eau, l'acide carbonique et l'azote contenu dans les urines à l'état d'urée.

Ces phénomènes établissent d'une manière bien frappante l'analogie qui existe entre les produits de la vie chez les animaux et ceux de la combustion de nos foyers; des deux côtés, absorption d'oxygène et production d'acide carbonique et de chaleur. Les organes des animaux sont donc des appareils de combustion lente, qui transforment en produits oxydés, à l'aide de l'oxygène de l'air qu'ils respirent, les aliments qu'ils absorbent chaque jour.

Si les animaux sont des appareils d'oxydation, les végétaux sont, au contraire, dans les circonstances les plus ordinaires, des appareils de réduction. Au lieu d'absorber l'oxygène pour brûler du carbone, ils décomposent l'acide carbonique, s'assimilent le carbone et mettent en liberté l'oxygène. Il suffit, en effet, d'exposer à la lumière une branche garnie de feuilles dans un vase rempli d'acide carbonique, pour voir au bout de quelques heures cet acide carbonique complètement absorbé et remplacé par un volume égal au sien d'oxygène pur.

Quant à l'azote que les végétaux renferment, ils le puisent en grande partie dans les fumiers, et ces fumiers eux-mêmes doivent principalement leur richesse aux matières azotées excrétées par les animaux.

Ainsi donc, les animaux se nourrissent ou de végétaux, ou de la chair d'autres animaux; ils transforment ces aliments, à l'aide de l'oxygène de l'air, en eau, acide carbonique et produits azotés; les végétaux, au contraire, se développent et se nourrissent, en décomposant l'acide carbonique et les produits azotés rejetés par les animaux. Ils les rencontrent dans l'air ou dans le sol qui les porte, et présentent de nouveau aux animaux, sous une forme appropriée à leurs besoins, les aliments qu'ils consomment. Tel est, d'une manière générale, l'admirable mécanisme que la nature emploie pour fournir sans cesse, avec une quantité limitée de matière, aux besoins des plantes et des animaux et leur procurer les matériaux nécessaires à leur entretien et à leur développement.

Après les phénomènes de nutrition, au point de vue de l'ensemble de la statique chimique des êtres organisés, phénomènes les plus importants de tous au point de vue de l'utilité, puisque c'est à aider à leur développement, à assurer leur existence que se réduit en général le travail de l'homme, résumons les principes fondamentaux des sciences physiologiques dont quelques applications rentrent dans le domaine industriel, tandis que les plus importantes rentrent dans celui des sciences médicales dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Anatomie végétale. — Le tissu fondamental des végétaux, le tissu cellulaire se compose de vésicules transparentes dont les parois se touchent; la membrane qui sépare deux cellules voisines est donc nécessairement double. Si l'adhérence entre les cellules contiguës n'est pas parfaite, il existe entre elles des espaces que l'on nomme des *méats intercellulaires*.

Lors du développement d'un végétal, les cellules s'engendrent l'une l'autre par leur face externe ou interne, ou bien une seule cellule se sépare en plusieurs parties qui finissent par s'isoler complètement.

Les vaisseaux sont des cellules modifiées qu'on trouve dans les végétaux pourvus de fleurs.

Organographie.

Organes de la nutrition. — On nomme ainsi tous ceux qui sont nécessaires ou utiles à l'existence et à l'accroissement de l'individu.

Racine. — C'est la partie du végétal qui tend sans cesse vers le centre de la terre et est ordinairement cachée sous la surface du sol.

Les racines ne s'allongent que par leurs extrémités, leur longueur n'est pas toujours proportionnelle à la hauteur des tiges. Les racines de la luzerne sont aussi longues que celles du peuplier et plus longues que celles du sapin.

Les racines ont plusieurs formes, dont voici les principales : pivotante, fibreuse, bulbifère, rampeuse, fasciculée.

Les racines fixent le végétal au sol et absorbent l'eau et les sucs contenus dans la terre par leur extrémité seulement. C'est pourquoi les jeunes arbres épuisent le sol près de leur pied, les vieux dans les limites d'un cercle dont le diamètre est plus grand en général que celui de la cime de l'arbre.

Quand une portion de racine rencontre un sol fertile, elle s'y développe prodigieusement comparativement à celles qui se trouvent dans un mauvais terrain. C'est surtout dans l'eau qu'elles prennent un développement extraordinaire et forment des masses connues vulgairement sous le nom de queues de renard.

Tige. — C'est la partie du végétal qui tend à s'élever verticalement et qui porte en haut les feuilles et les fleurs, en bas les racines.

La direction des tiges varie, généralement verticales, quelquefois elles sont rampantes, quelquefois enroulées.

Tiges des végétaux dicotylédons. — Appartiennent à cette classe les tiges de tous les arbres et de beaucoup d'autres plantes de nos climats. Examinées de dedans en dehors, elles se composent des parties suivantes :

La moelle. — C'est un cylindre plein, composé de tissu cellulaire dans les jeunes branches, surtout dans celles du sureau, mais qui disparaît

avec l'âge. Elle est entourée d'un cylindre creux formé de trachées et appelé *étui médullaire*.

Les rayons médullaires sont des lames de tissu médullaire analogues à la moelle et qui la mettent en communication avec la périphérie de l'arbre. Ces deux organes servent probablement à nourrir le bourgeon. De là leur disparition avec l'âge.

Autour de l'étui médullaire on remarque une série de couches concentriques qui constituent le bois. Autour du tronc des arbres il se forme chaque année une nouvelle couche de bois, et dans les climats où la végétation est interrompue par l'hiver, on peut savoir l'âge d'un arbre en le coupant au pied et en comptant le nombre de ses couches. En général, l'épaisseur des couches annuelles va en décroissant régulièrement du centre à la circonférence.

Les couches ligneuses n'ont pas toutes la même dureté. Celles qui entourent la moelle sont les plus résistantes et constituent le *cœur du bois*, celles qui sont le plus excentriques forment l'*aubier*. L'aubier n'offre jamais une teinte foncée, il est presque toujours blanc, mou et facilement décomposable.

Après l'aubier, vient l'écorce qui se compose en dedans de lames superposées, formées elles-mêmes par un réseau de vaisseaux entremêlé de tissu cellulaire. On donne à ces couches le nom de *liber*.

Chaque année, il se forme une nouvelle couche de liber en dedans de celle de l'année précédente, c'est-à-dire entre celle-ci et l'aubier. Ainsi donc, l'aubier et le liber croissent en sens inverse l'un de l'autre : l'aubier de dedans en dehors, le liber de dehors en dedans.

Un corps inséré dans l'aubier finit par être recouvert de bois par l'addition successive de couches nouvelles; un corps placé dans le liber est rejeté vers la périphérie.

Les couches corticales les plus extérieures étant distendues et déchirées par l'accroissement de l'arbre, sont en général privées de vie. Dans les jeunes tiges, l'enveloppe extérieure est appelée *médulle externe*, et forme comme un fourreau.

Tiges des végétaux monocotylédons. — Nous n'avons point dans nos climats d'arbres de ce genre; on indique comme types les palmiers, les cocotiers, arbres des régions intertropicales. Leur structure est tout à fait différente de celle des arbres dont nous venons de parler. Au centre, nous ne trouvons pas de moelle ni de rayons médullaires, mais des fibres ligneuses distinctes, séparées ou unies seulement par un tissu cellulaire très lâche. A mesure qu'on s'approche de la circonférence, ces fibres se rapprochent, se soudent et finissent par former un bois parfait qui enveloppe la partie centrale comme un cylindre creux.

Ces tiges n'ont pas de véritable écorce, la dernière enveloppe est formée par la base des feuilles qui persiste, tandis que le reste s'est détaché.

Un palmier s'accroît d'abord en hauteur et en épaisseur; mais lorsqu'il a atteint un certain diamètre et que les fibres extérieures ont formé un anneau ligneux inextensible, alors son accroissement en diamètre s'arrête, et l'arbre au lieu d'offrir la forme conique des troncs de nos chênes et de nos ormes est cylindrique dans toute sa hauteur.

Organes appendiculaires. — On nomme ainsi tous les organes auxquels la tige sert de support.

1° *Poils.* — Analogues à ceux des animaux.

2° *Bourgeons.* — Corps ovoïdes qui, dans leur développement, produisent les feuilles et les fleurs qu'ils renferment d'abord.

3° *Feuilles.* — Expansions d'un faisceau de fibres de formes variées et le plus souvent colorées en vert.

Organes de la reproduction. — Les organes destinés à reproduire le végétal, entourés des enveloppes qui les protègent, constituent la fleur.

La fleur est mâle, femelle ou hermaphrodite, suivant qu'elle contient des étamines seulement, ou un pistil seulement, ou bien ces deux organes réunis.

La plupart des fleurs sont hermaphrodites.

Le mode de disposition des fleurs sur la tige est un des caractères employés pour la classification.

Structure de la fleur. — Une fleur complète se compose : 1° d'une première enveloppe ordinairement verte appelée *calice*; 2° d'une seconde enveloppe presque toujours colorée appelée *corolle*; 3° d'un rang d'organes filiformes et terminés par de petites bourses ou *étamines*; 4° d'un ou plusieurs organes, contenant une ou plusieurs graines, appelés *pistil* quand il est jeune, *fruit* quand il est arrivé à son plus haut degré de développement.

Fécondation végétale. — Pour qu'un pistil devienne fruit et renferme des graines fertiles, c'est-à-dire capables de reproduire la plante qui les a portées, il faut que le pollen des anthères ait touché le stigmate du pistil.

De la graine. — C'est un corps particulier contenu dans le fruit et renfermant l'embryon qui doit reproduire la graine.

Germination. — Pour qu'une graine germe, il faut qu'elle ait été fécondée et qu'elle soit mûre.

Les agents nécessaires à la germination sont :

1° L'eau qui ramollit le test favorise la sortie de l'embryon et dissout les matières nutritives;

2° Une température modérée, mais pouvant être comprise entre un ou deux degrés au-dessous de zéro et 40 et 50° au-dessus.

La graine en germant absorbe l'oxygène de l'air et dégage de l'acide carbonique.

Classification des végétaux.

Le naturaliste se propose deux buts : le premier, de classer les plantes de manière à trouver facilement le nom d'une plante qu'il a sous les yeux. C'est le seul but qu'on s'est d'abord proposé dans tous les systèmes artificiels et dans celui de Linné en particulier. L'autre but est beaucoup plus élevé, c'est de classer les plantes suivant leurs affinités, de réunir celles qui ont le plus de rapports entre elles, d'éloigner celles qui en ont le moins. La méthode naturelle tend à atteindre ce résultat.

En biologie, outre les moyens d'exploration appartenant aux sciences précédentes, la *comparaison*, c'est-à-dire la considération d'une série de phénomènes analogues qui n'est qu'à l'état rudimentaire dans celles-ci, atteint son plus haut degré de développement. La multiplicité des êtres vivants, et l'extrême variété de leurs rapports tendent à rendre leur comparaison, leur *classification* d'autant plus parfaite qu'il est possible de saisir des analogies plus étendues et plus variées, de manière à éviter l'équivoque.

En botanique, c'est des cotylédones ou parties de la graine, lorsque la germination commence, que l'on part pour la classification naturelle; l'expérience prouve que l'on rapproche ainsi des plantes par les analogies les plus importantes, celles qui partent de la similitude de la graine qui les contient virtuellement. Tous les végétaux se divisent en deux grands embranchements : les *végétaux vasculaires* ou *phanérogames* ou *cotylédones*, les *plantes cellulaires* *cryptogames* ou *acotylédones*.

Les végétaux *vasculaires* sont formés de tissus cellulaires et de vaisseaux, leurs feuillés sont garnies de stomates. Ils ont une racine et une tige; ils ont des fleurs plus ou moins visibles, et au moment de leur germination, l'embryon plus ou moins protégé par des téguments se montre avec un ou plusieurs cotylédons.

Les végétaux *cellulaires* n'ont point de vaisseaux. Leurs organes de la reproduction ne sont pas doubles (étamines et pistils), ils se propagent par graines non fécondées appelées spores. Enfin à leur germination on ne remarque pas de cotylédons.

La nature ne passe pas sans transition du premier de ces embranchements au second : ainsi les fougères sont des végétaux vasculaires, acotylédones et cryptogames.

Les végétaux vasculaires se divisent en deux classes : les *dicotylédones*, plantes qui germent avec deux ou plusieurs cotylédons, et dont la tige est formée de couches concentriques distinctes, dont la solidité décroît du centre à la circonférence; et en *monocotylédones*, plantes à embryon pourvu d'un seul cotylédon, dont la tige n'est pas formée de couches concentriques

distinctes, dont la solidité décroît de la circonférence vers le centre.

Les subdivisions de ces grandes classes, acotylédones, monocotylédones et dicotylédones, s'obtiennent par les apparences de la fleur de chaque plante, élément très important pour établir des divisions secondaires, de moindre valeur que les divisions fondamentales qui se rapportent à l'ensemble des organes, à la nature intime du végétal.

Ces classes se subdivisent elles-mêmes en familles par la réunion des genres de plantes les plus analogues entre eux.

Les familles enfin se divisent en genres qui sont à leur tour formées de l'ensemble des espèces qui ont le plus de rapports entre elles.

L'espèce est la réunion de tous les individus qu'on peut supposer être issus originairement d'une seule plante.

ZOOLOGIE.

On donne le nom de zoologie à la partie de la science biologique qui traite des animaux.

Tissus. — Les tissus élémentaires des animaux ne sont plus comme ceux des végétaux des cellules ou utricules pourvues de parois propres et creuses à l'intérieur; ils sont, en général, composés de filaments ou de lamelles qui s'entrecroisent de façon à circonscrire imparfaitement des lacunes et à constituer des masses ou des membranes plus ou moins spongieuses.

De la nutrition. — La nutrition des animaux s'opère par le concours de plusieurs phénomènes.

Absorption. — L'absorption est l'acte par lequel les êtres vivants pompent, en quelque sorte, les substances qui les environnent ou qui sont déposées dans l'intérieur de leur corps. L'absorption par un tissu est d'autant plus rapide que ce tissu offre une texture plus lâche et plus spongieuse, et est d'autant moins active que le corps approche davantage de son point de saturation; l'eau étant d'ailleurs le principal élément constitutif des liquides qui se rencontrent dans l'économie animale.

Digestion. — Les aliments des animaux sont élaborés dans l'appareil digestif, 1° pour séparer la partie nutritive des parties qui ne possèdent pas cette propriété et doivent être rejetées; 2° pour transformer cette partie nutritive en un liquide propre à se mêler au sang pour nourrir le corps.

C'est par le travail mécanique de la mastication que les éléments sont d'abord préparés, puis ils arrivent humectés de salive, dans l'estomac véritable laboratoire où ils doivent être élaborés à l'aide de l'action mécanique des parois, mais surtout de l'action chimique du suc gastrique qui vient s'y mêler et qui est la cause principale des altérations, des fermentations qu'ils éprouvent.

Une portion des substances dont les animaux

se nourrissent étant solubles dans l'eau, sont dissoutes directement par la salive, le suc gastrique ou les boissons ingérées dans l'estomac; le suc gastrique agit sur l'albumine, la fibrine, etc., et liquéfie ces matières dans la cavité de l'estomac; la fécule qui a résisté à l'action de la salive et qui est arrivée intacte dans l'intestin, y rencontre le suc pancréatique qui en opère la transformation en glucose; celui-ci agit également sur les matières grasses, et les rend absorbables en les émulsionnant. A mesure que ces diverses réactions s'effectuent, les matières alimentaires liquéfiées sont absorbées par les parois de la cavité stomacale ou de l'intestin. Le liquide ainsi absorbé est le chyle qui, à l'origine des vaisseaux absorbants, est surtout formé d'albumine, plus loin il renferme aussi de la fibrine, et sa composition va se rapprochant de celle du sang avec lequel il va enfin se réunir.

Du sang. — Dans les animaux dont la structure est la plus simple, tous les liquides de l'économie sont semblables entre eux; ils ne paraissent renfermer que de l'eau plus ou moins chargée de particules de matières organisées; mais dans les êtres qui occupent un rang plus élevé dans le règne animal, les liquides ne sont plus tous de même nature, et il en est un qui joue un rôle tout à fait prépondérant, c'est le sang.

Blanc chez les animaux inférieurs, rouge chez les autres, le sang se compose d'un liquide dans lequel nagent de petits globules.

Le sang contient presque tous les éléments qui se rencontrent dans les diverses parties qui constituent le corps des animaux; aussi l'a-t-on appelé avec raison de la *chair coulante*.

Circulation du sang. — Chez la plupart des animaux, l'appareil de circulation consiste dans un système de canaux, dits vaisseaux sanguins, qui conduisent le sang et dans un organe particulier, le cœur, destiné à le mettre en mouvement.

Le cœur est le centre de l'appareil de circulation; c'est une espèce de poche charnue en communication avec les vaisseaux sanguins, qui reçoit le sang dans son intérieur et qui, en se contractant et se dilatant alternativement, lance ce liquide dans les canaux et y détermine un courant continu.

Les vaisseaux sanguins sont de deux ordres, savoir :

- 1° Les artères qui servent à porter le sang du cœur dans toutes les parties du corps;
- 2° Les veines qui rapportent ce liquide de toutes les parties du corps dans le cœur.

Les dernières ramifications des artères dans la substance des organes se continuent avec les racines des veines, de manière à former une suite non interrompue; de telle sorte que l'appareil vasculaire forme un circuit complet dans lequel

le sang se meut pour revenir sans cesse à son point de départ.

Par l'effet de l'élasticité des artères, le mouvement intermittent du cœur produit le mouvement continu du sang.

Prenons l'homme pour exemple et suivons le phénomène d'alimentation dont nous avons parlé ci-dessus. Les produits variés qui sont portés dans le ventricule droit du cœur se mélangent avec le sang veineux qui s'y trouve ramené de toutes les parties du corps par les veines caves. Les contractions du ventricule droit chassent tout ce mélange dans les poumons où il se trouve en contact avec l'oxygène de l'air, et aussitôt de brun foncé qu'il était il devient d'un rouge vif en absorbant l'oxygène et en dégageant de l'acide carbonique, et se transforme ainsi en sang artériel qui revient au ventricule gauche par un système spécial de vaisseaux.

Enfin, le ventricule gauche lance ce sang rouge dans le système artériel qui le porte aux différents organes, dans chacun desquels il éprouve des modifications spéciales dont le résultat général est de lui enlever sa couleur rouge, de remplacer l'oxygène qu'il avait absorbé dans les poumons par de l'acide carbonique et de le transformer de nouveau en sang veineux qui retourne au ventricule droit pour effectuer de nouveau le trajet circulatoire que nous venons d'indiquer.

Respiration. — Les rapports de l'animal avec l'air ou plutôt l'oxygène qui en constitue la partie utile sont la cause d'une série de phénomènes qui constituent la respiration.

Nous venons de parler de ce phénomène fondamental, cause essentielle de la chaleur animale, et de la force motrice de la machine animale. C'est dans le sang, qui dissout l'air, que se passe le phénomène de la combustion, qui a ainsi lieu dans les profondeurs de l'organisme. C'est dans un organe spécial, les poumons (les branchies chez les poissons), et par un mouvement d'exhalation et d'inhalation, que l'air est mis en contact avec le sang, et que les produits de la combustion sont expulsés.

Sécrétions. — On donne le nom de sécrétions à la formation de liquides spéciaux qui, dans l'économie animale, se produisent aux dépens du sang et diffèrent essentiellement de la partie séreuse de ce liquide.

Les principaux instruments à l'aide desquels la nature opère ce travail de chimie vitale se composent de cavités, en général d'une petitesse extrême, qui ont la forme de poches, de bourses ou de canaux d'une grande ténuité, et qui reçoivent un nombre considérable de vaisseaux sanguins ainsi que des nerfs. On désigne ces organes sous le nom de **GLANDES**.

Leur disposition varie beaucoup, mais elles peuvent se rapporter à deux types principaux. Elles se composent soit de petits sacs à orifices

plus ou moins rétrécis, soit de tubes d'une ténuité extrême.

Ces organes sont baignés d'un côté dans le fluide nourricier, tandis que la surface opposée, revêtue d'une couche plus ou moins épaisse de cellules ou utricules, est libre et circonscrit d'ordinaire une cavité; le liquide absorbé et sécrété suinte de cette dernière surface; les matériaux dont ce liquide se compose sont puisés dans le sang.

Assimilation et décomposition nutritive. — Nous avons déjà traité, au point de vue chimique, de ces fonctions fondamentales de la vie animale; il nous reste à énoncer les principaux résultats que la science a obtenus sur la manière dont se passent ces phénomènes dans l'animal.

L'introduction des matières étrangères s'effectue par imbibition, et leur absorption ne peut avoir lieu qu'autant qu'elles sont dans un état de division extrême, liquéfiées en quelque sorte par la digestion.

Ces éléments nutritifs se mêlent avec le sang et sont portés dans les diverses parties de l'organisme par ce liquide. Là elles se décomposent et le tissu vivant s'accroît à leurs dépens. C'est ce dépôt de molécules nouvelles, leur arrangement en un tissu organique, et leur admission au partage des propriétés vitales, qui constituent le phénomène de l'assimilation.

Mais comment s'opèrent ces phénomènes? La science est peu avancée à cet égard, et ne le sera probablement jamais beaucoup, car ils se passent sous l'influence immédiate des forces vitales d'une nature propre et dont les modes d'action peuvent seuls faire l'objet de recherches.

Excrétion. — Pendant que les parties vivantes s'approprient des molécules nouvelles et les incorporent à leur substance, il se fait dans ces mêmes parties un mouvement de décomposition qui amène un résultat inverse, c'est-à-dire la séparation d'une portion des molécules constituantes des tissus organiques et leur expulsion au dehors.

C'est ainsi que les matériaux qui alimentent la respiration sont brûlés par l'oxygène de l'air, et expirés à l'état d'acide carbonique.

Toutes les transformations opérées dans l'économie animale paraissent résulter de cette combustion poussée plus ou moins loin, en brûlant une partie du carbone ou de l'hydrogène des substances préexistantes, phénomènes qui font de l'animal un véritable appareil réductif. C'est ainsi, lorsque l'alimentation est insuffisante, que l'animal brûle sa graisse et ses propres tissus, maigrit avant de périr d'inanition.

Système nerveux.

Le système nerveux représente, sans contredit, la partie la plus admirable de l'organisation

animale; c'est par son intermédiaire que les décisions de la volonté, du moi pensant qui se détermine dans sa liberté et tout à fait indépendamment du corps, se transmettent aux diverses parties de celui-ci.

Indépendamment de cette union mystérieuse, objet éternel des méditations infructueuses des philosophes, car elle est de sa nature même parfaitement insaisissable pour notre esprit, le système nerveux est la source d'une action chimique extrêmement remarquable et qui n'a commencé à être sérieusement étudiée que dans ces derniers temps, à savoir la différence de sécrétion des glandes suivant l'état du système nerveux. Ces appareils, plus ou moins excités par le système nerveux, ont une action différente sur les liquides sur lesquels ils agissent; ainsi, d'après une expérience de M. Bernard, en piquant un certain lobe du cerveau, on donne à un animal la maladie connue sous le nom de diabète sucré, c'est-à-dire que tous les aliments féculents ingérés passent à l'état de glucose jusque dans les urines.

Le système nerveux est formé par une substance particulière, molle et pulpeuse, qui est presque fluide dans les premiers temps de la vie, et qui acquiert plus de consistance à mesure que l'homme s'avance vers l'âge mûr (nous prenons l'homme pour type parce que c'est chez lui que se rencontre le système nerveux le plus complet). L'aspect de cette substance, que l'on nomme *tissu nerveux*, varie beaucoup; tantôt elle forme des masses plus ou moins considérables, d'autres fois elle forme des cordons allongés et ramifiés. Ces derniers organes portent le nom de *nerfs*, et les premiers celui de *ganglions* ou de *centres nerveux*, car ils servent de point de réunion aux premiers.

Dans l'homme et dans tous les animaux qui s'en rapprochent le plus, l'appareil nerveux se compose de deux parties.

1° Le système *cérébro-spinal*, composé du cerveau, du cervelet et de la moelle épinière, logé dans une gaine osseuse formée par le crâne et la colonne vertébrale ou épine du dos.

2° Le système *ganglionnaire*, composé de petites masses nerveuses bien distinctes, mais liées entre elles par des cordons médullaires ou des nerfs qui vont s'anastomoser avec ceux du système *cérébro-spinal* ou se distribuer dans les organes voisins.

Les nerfs du système *cérébro-spinal* se rendent aux organes des sens, à la peau, aux muscles, etc.; ceux qui font partie du système *ganglionnaire* se distribuent aux poumons, au cœur, à l'estomac, aux intestins, aux parois des vaisseaux sanguins. En un mot, les premiers appartiennent spécialement aux organes de relation, les seconds aux organes de nutrition.

Ce système nerveux complet est celui de

l'homme, mais il ne se retrouve pas dans les animaux inférieurs. Ainsi, chez les insectes l'axe *cérébro-spinal* paraît manquer, et tous les nerfs vont se réunir dans un certain nombre de ganglions plus ou moins éloignés entre eux.

De la sensibilité. — La sensibilité est la faculté de recevoir des impressions et d'en avoir conscience. Elle appartient à tous les animaux, mais elle est plus ou moins développée pour chacun d'eux. C'est surtout la conscience de l'impression reçue, la connaissance qui en résulte, qui varie avec le degré qu'occupe l'animal dans l'échelle des êtres, pour atteindre le plus haut degré de perfection dans l'homme.

Partout où les sensations produites par les objets extérieurs sont un peu variées, il existe un système nerveux distinct, et c'est de son action que résulte la faculté de sentir.

Les nerfs aboutissent tous au cerveau ou à la moelle épinière, qui elle-même se termine dans le cerveau. Or l'expérience prouve que l'action du cerveau est seule indispensable à la perception de la sensation et à la manifestation de la volonté, et que c'est à cet organe que les impressions reçues par les nerfs doivent arriver pour que l'animal en ait conscience.

Les nerfs qui servent aux mouvements et en même temps au sens du toucher naissent, soit de la moelle épinière, soit de la base du cerveau par deux racines; et l'expérience a prouvé que les fibres dont se compose l'une des racines servent à la transmission des sensations, tandis que celles qui constituent l'autre racine servent à produire les mouvements involontaires.

Le système nerveux ganglionnaire n'est que peu ou point sensible.

Des sens. — Sens du toucher. — La sensibilité dont la peau est douée dépend des nerfs qui se distribuent dans sa substance.

Un organe spécial, la main, permet à l'homme, par l'action du tact, d'exercer ce sens dans les conditions les plus convenables.

Sens du goût. — La saveur est l'action que des substances solubles exercent sur un organe spécial, la langue, dont la surface est formée d'une muqueuse dans laquelle s'épanouissent de nombreuses ramifications d'un nerf principal, dit nerf lingual.

Sens de l'odorat. — Les odeurs sont produites par des particules d'une extrême ténuité, qui, émanant des corps odorants, sont transportées par l'air et qui viennent agir sur la muqueuse placée à l'orifice des organes respiratoires.

Le sens de l'odorat a son siège dans les fosses nasales; le mucus qui les tapisse s'imbibe des particules odorantes qui sont ainsi arrêtées sur la membrane pituitaire qui reçoit les filets du nerf olfactif.

Sens de l'ouïe. — Les vibrations des corps sont transmises par l'air à l'appareil auditif, de

manière à impressionner le nerf auditif. C'est par l'action d'une membrane vibrante que ces sons viennent agir dans l'appareil.

Sens de la vue. — L'œil, formé essentiellement d'une lentille dite cristallin, reçoit sur sa partie postérieure les images des objets. C'est dans cette partie postérieure, la réline, que s'épanouissent les derniers filaments du nerf optique, qui transmet au cerveau la sensation de la vue.

Des muscles. — *De la charpente osseuse.*

Muscles. — On appelle muscles des réunions de faisceaux fibreux qui constituent la seule partie de l'économie qui, chez les animaux supérieurs, possède la faculté de se contracter; mais cette propriété n'est mise en jeu que par l'influence du système nerveux.

Chaque faisceau musculaire reçoit un ou plusieurs nerfs; si on sépare ceux-ci de la masse du système nerveux, on empêche les muscles de se contracter. Il suffit même de comprimer le cerveau d'un animal vivant pour lui faire perdre la faculté d'exécuter des mouvements.

Les muscles dont les mouvements peuvent être déterminés par la volonté reçoivent tous des nerfs du système cérébro-spinal.

Quant aux muscles dont les contractions sont entièrement indépendantes de la volonté, ils reçoivent leurs nerfs du système ganglionnaire.

Os. — Les os sont des cartilages, des parties gélatineuses, durcis par le dépôt de sels calcaires dans leur épaisseur. Les os se réunissent par des articulations qui sont en général formées de parties rondes, convexes, pouvant rouler l'une sur l'autre et maintenues en contact par des ligaments ou liens qui s'y attachent. L'articulation est entourée de toutes parts d'une poche, dite bourse synoviale, qui se remplit d'un liquide visqueux pour la graisser et diminue le frottement. Cette poche, en écartant les liquides ambiants, fait naître entre les os l'adhérence qui résulte de la pression atmosphérique sur des surfaces en contact.

Action des muscles sur les os. — Tous les muscles destinés à produire les grands mouvements du corps sont fixés au squelette par leurs deux extrémités. Il en résulte que lors de leur contraction ils doivent déplacer l'os qui leur présente le moins de résistance, et l'entraîner vers celui qui reste immobile et qui leur sert de point d'appui pour mouvoir le premier.

Les os sont donc de véritables leviers, et les muscles des cordes y attaches qui servent à les mettre en mouvement. En vertu des lois de la mécanique, on peut donc établir que :

Toutes choses égales d'ailleurs, le mouvement déterminé par certaine contraction d'un muscle sera d'autant plus grand que ce muscle s'insérera moins obliquement sur l'os mobile.

La distance qui sépare le point d'attache du

muscle du point d'appui sur lequel l'os se meut et de l'extrémité opposée du levier que cet organe représente, influe puissamment sur les effets produits par sa contraction.

La longueur des leviers influe autant sur la rapidité des mouvements que sur l'effort transmis; autrement dit, on perd en effort ce qu'on gagne en vitesse.

De la locomotion. — L'impulsion nécessaire au mouvement du corps est donnée par le déploiement d'un certain nombre d'articulations plus ou moins fléchies. Le phénomène est d'ordre mécanique, doit être étudié avec les ressources de la mécanique.

De la voix. — La voix se forme dans la portion du conduit aërière appelé larynx.

Dans la formation de la voix, le larynx agit de la même manière que le ferait un instrument à anche ordinaire, un hautbois par exemple; c'est-à-dire que le courant d'air venant des poumons écarte les cordes vocales jusqu'à ce que ces lèvres élastiques, revenant sur elles-mêmes, interrompent momentanément le passage du fluide, qui bientôt les écarte de nouveau et produit ainsi des vibrations assez rapides pour donner naissance à des sons.

Classification.

Un des buts principaux de la zoologie comme de la botanique est la classification des espèces dont elle comprend l'étude.

La division fondamentale est celle du règne animal en quatre classes, savoir :

Vertébrés; Annelés; Mollusques; Zoophytes. Chacune de ces classes se divise en genres et espèces, en raison de caractères spéciaux moins importants que ceux de la division fondamentale qui se rapporte au système nerveux.

La classification peut être considérée comme une méthode logique très importante, presque étrangère aux sciences mathématiques et physiques, qui ne commence à être appliquée d'une manière utile qu'en chimie, où elle entre nécessairement dans la nomenclature, et qui trouve tout son développement, son type dans la biologie.

Quelles sont les conditions fondamentales, dit M. A. Comte, sur lesquelles doit nécessairement reposer l'application rationnelle d'un tel mode d'exploration? Elles consistent évidemment, par la nature même du procédé, dans l'indispensable concours de l'unité essentielle du sujet principal avec la grande diversité de ses modifications effectives. Sans la première condition, la comparaison n'aurait aucune base solide; sans la seconde, elle manquerait d'étendue et de fécondité; par leur réunion, elle devient à la fois possible et convenable.

La méthode naturelle est principalement caractérisée, sous le point de vue philosophique,

par l'établissement général de la vraie hiérarchie organique, d'où résulte par suite la coordination rationnelle la plus utile des genres et des familles.

III. BIOLOGIE INDUSTRIELLE.

Les études pratiques basées sur la connaissance de la biologie sont : 1° l'éducation des êtres vivants, végétaux et animaux, c'est-à-dire les modifications qu'on leur fait subir par une direction systématique imprimée dans un but déterminé durant l'ensemble de leur développement; 2° leur *médication*, c'est-à-dire l'action rationnelle exercée par l'homme pour ramener à l'état normal les êtres dont les organes sont altérés.

Laissant de côté cette seconde partie, qui n'est pas de même ordre que la technologie, nous rencontrons ici la série de connaissances qui constitue l'agriculture proprement dite, en comprenant, sous ce nom, comme c'est l'usage, l'élève du bétail aussi bien que la production des céréales.

L'ingénieur agriculteur, indépendamment des connaissances qu'il trouve dans la physiologie végétale et animale, les plus importantes de toutes, a besoin de nombreuses connaissances de chimie, de mécanique, dont il fait de journalières applications. Toutefois l'agriculture doit être surtout considérée comme l'application de la biologie, puisque le travail de l'homme ne peut qu'aider au développement des forces vitales agissant suivant des lois complexes. C'est même

parce que ces lois sont très complexes, parce que l'observation ne permet guère de guider les travaux de manière à reproduire avec exactitude les conditions d'une abondante production sans être guidé par une théorie complète permettant d'apprécier les causes de succès dans chaque cas particulier, que la science agricole, la plus ancienne et la plus importante de toutes, est en même temps la plus imparfaite.

Sans aucun doute, les progrès de la science feront naître une science de l'ingénieur agriculteur extrêmement importante, mais qui aujourd'hui encore n'est pas nettement formulée. Il en existe cependant déjà de magnifiques parties, la théorie des assolements, par exemple, qui tend à indiquer pour chaque sol l'ordre de succession des cultures le plus avantageux. La théorie des engrais et amendements, des conditions de leur emploi, a également fait des progrès immenses dans ces derniers temps.

Nous noterons ici comme connaissance indispensable pour l'ingénieur agriculteur la chimie organique, qui lui fournit les règles de l'extraction et de l'utilisation des produits que l'agriculture s'efforce de créer en abondance.

Nous ne pouvons entrer ici dans de longs détails sur les conditions de production et de développement qui ressortent des résultats de la science. Nous renvoyons pour cela aux articles de cet ouvrage, et notamment à l'article AGRICULTURE, qui comprend presque tout ce qui se rapporte à la biologie appliquée.

SCIENCES APPLIQUÉES.

Les sciences étudiées uniquement au point de vue abstrait de l'explication des phénomènes, de la satisfaction intellectuelle qu'éprouve l'esprit quand il arrive à prévoir les phénomènes, leur ordre de succession, leur dépendance mutuelle, ne sont pas toujours essentiellement propres à être directement appliquées. Elles doivent souvent être développées pour répondre aux divers cas de la pratique, être transformées en quelque sorte pour être mises sous une forme qui permette de les utiliser plus facilement.

La nécessité de ce travail préparatoire est bien indiquée par la grande utilité des personnes qui sont chargées d'effectuer ce travail : nous voulons parler des ingénieurs. Leur tâche consiste à utiliser constamment les derniers progrès des sciences pour les traduire en progrès

industriels et transmettre aux fabricants, aux ouvriers, des projets dont l'exécution, des méthodes dont l'emploi rentrent dans les limites d'adresse ou d'expérience ordinaires.

Cette classe de sciences intermédiaires n'appartient en réalité qu'aux sciences pures, aux sciences abstraites, qui se composent de lois indépendamment de corps déterminés. Il existe en quelque sorte un intervalle entre la théorie et la pratique. Il n'en est pas de même des dernières sciences que nous venons de considérer, des sciences physiques, chimiques et biologiques, qui ne donnent que les lois des modifications et du développement d'un corps déterminé, et qui trouvent leur application immédiate dès qu'on considère ce corps à un point de vue quelconque. C'est pour cela que, dans ce qui précède, nous

avons traité des connaissances applicables à l'industrie après celles qui constituent la science pure. Il nous reste donc à parler des sciences d'application qui se rapportent à la mécanique, puis de celles qui fournissent des applications à la géométrie. La première partie des mathématiques, le calcul, n'étant qu'une extension de la logique, ne pouvait évidemment donner lieu à aucune application concrète.

IV. MÉCANIQUE INDUSTRIELLE.

PREMIÈRE PARTIE. — CINÉMATIQUE.

La mécanique, science plus concrète, moins abstraite que le calcul et la géométrie, est subordonnée à ces deux sciences et leur emprunte d'importants résultats. Elle se divise au point de vue général en deux sciences : l'étude algébrique des mouvements, celle qui constitue la mécanique proprement dite, et l'étude géométrique des mouvements, l'application plus directe de la géométrie, constituant la partie de la science à laquelle on a donné le nom de Cinématique (1).

Disons de suite que dans le cas le plus général cette seconde partie de la science se confond avec la première, comme la géométrie avec l'analyse dans la géométrie analytique; les relations des forces entre elles étant, dans la mécanique rationnelle, établies par des équations dans lesquelles entrent les positions variables des divers points où elles agissent; ces équations traduites à l'aide des méthodes de la géométrie analytique fournissent les trajectoires suivies par les corps, les formes géométriques du mouvement.

La science est donc complète à cet égard, au moins quand il s'agit de corps libres; car quand on passe à une des plus importantes parties de la mécanique, à son application aux machines, c'est-à-dire à des corps gênés par des liaisons, des guides divers, les équations du mouvement ne peuvent plus comprendre utilement toutes les relations qui existent entre les divers éléments de systèmes aussi complexes; elles ne s'établissent plus qu'entre les résultats des actions des forces sous l'influence des liaisons du système qu'on ne pourrait introduire dans le calcul qu'à l'aide de complications extrêmes et le plus souvent sans en tirer aucune utilité.

La traduction géométrique des équations qui suffisent au calcul des effets des machines, et sur lesquelles repose la mécanique appliquée aux machines, ne représentant plus les trajectoires, les mouvements des divers points du système, c'est à la cinématique à combler la lacune qui en résulte; car tandis que la compli-

cation des mouvements qu'il est nécessaire d'obtenir pour les besoins des arts rendrait peu utile leur étude à l'aide des ressources du calcul, par voie analytique; au contraire, au moyen de considérations géométriques, par voie synthétique, la détermination des divers mouvements, des tracés des différentes pièces d'après la nature de leur mouvement devient relativement facile et en même temps bien utile, puisqu'elle fournit immédiatement les règles de la pratique.

On peut donc définir cette science appliquée en disant que la cinématique a pour objet l'étude, au point de vue géométrique, des systèmes à l'aide desquels on peut produire, transmettre et modifier un mouvement donné. Cette science est donc la véritable science du mécanicien, car elle embrasse tous les problèmes que se propose l'industrie manufacturière en construisant des machines.

Il y a en réalité deux parties entièrement distinctes dans la mécanique appliquée aux machines. La première, qui traite du meilleur emploi possible de la force motrice, du maximum d'effet utile, de l'évaluation des résistances, constitue la mécanique que nous appellerons *dynamique*; elle a été admirablement résumée dans les travaux de M. Poncelet, le principal créateur de la mécanique appliquée aux machines. La seconde partie traite des directions et des vitesses des mouvements qui s'engendrent les uns par les autres, c'est celle que nous appellerons la mécanique *géométrique* ou la *cinématique*; celle qui jusqu'ici n'est pas entrée dans l'enseignement et que nous tenterons de formuler dans ce traité. Autrefois les corps savants, l'ancienne Académie des Sciences, par exemple, se plaçaient toujours au point de vue de cette science: Lahire, Deparcieux, Vaucanson, etc., ont toujours dirigé leurs travaux dans cette voie que les grands progrès du calcul de l'effet des machines n'eussent pas dû faire abandonner, car il s'agit de deux parties également utiles d'une même science.

« L'objet d'une machine, dit Carnot dans son rapport sur le *Traité des machines* de M. Hachette (1811), est de modifier l'action d'un moteur donné suivant le but qu'on se propose. Cette machine peut modifier l'action du moteur, ou relativement à sa direction, ou relativement à sa quotité. Les différentes directions que la machine fait prendre à l'action du moteur dépendent de la liaison que la forme même de la machine établit entre les corps et se rapportent aux mouvements purement géométriques dont la théorie complète serait si importante.

« Lorsqu'il s'agit, dit encore Carnot dans un de ses ouvrages de géométrie, de déterminer la marche d'un fil qui forme successivement les mailles d'un tricot, il ne s'agit nullement des

(1) Ce qui suit est emprunté à notre *Traité de Cinématique*; Paris, Mathias.

lois de l'action et de la réaction, ni de la force avec laquelle le fil est tendu ; il en est de même enfin de toutes les machines dont le but n'est pas d'économiser des forces, mais d'établir tels ou tels rapports entre les directions et les vitesses des différents points d'un système. »

Maintenant que nous avons expliqué l'esprit de la cinématique, disons quelles en sont les limites, les divisions naturelles.

Faudra-t-il étudier les nombreuses machines qu'emploie l'industrie, passer en revue successivement celles qui servent à la filature, au tissage, les horloges, etc. ? Faudra-t-il, en un mot, étudier successivement toutes les fabrications pour comprendre comment fonctionnent les diverses machines qui y sont employées, et dont le nombre augmente chaque jour ? Cette marche serait la seule possible, la seule qui permet un enseignement industriel complet (si tant est qu'on pût réunir les éléments d'un enseignement aussi étendu), si aucun principe scientifique ne venait nous guider, c'est celle qu'emploie l'apprenti pour apprendre un état en plusieurs années que quelques heures de leçons eussent pu beaucoup abrégé.

Mais si l'on parvient à formuler d'abord la science qui préside à la construction des organes élémentaires des machines, le champ indéfini qui se présentait devant nous se circonscrit singulièrement, et toutes les machines seront connues, ou, pour le moins, comprises à une première inspection, quand on aura étudié les lois qui président à la construction des organes qui se retrouvent dans toutes et qui sont bien loin d'être en nombre aussi considérable qu'on pourrait le croire, d'après la multiplicité des machines qu'engendre la variété des combinaisons de ces éléments.

Si nous portons notre attention sur ces organes dont sont composées les machines, nous apprécierons mieux l'aperçu dû au génie de Monge, et sur lequel seul peuvent reposer les divisions fondamentales de la cinématique. Monge reconnut *a priori* que les mouvements d'un organe d'une machine étaient continus ou alternatifs, et circulaires, rectilignes, ou d'après une courbe donnée. Mais pourquoi en est-il ainsi ? Cette classification donnée comme simplement empirique n'est-elle pas fondée sur la nature des choses ? C'est ce qui peut être facilement résolu.

Du mouvement dans les machines.

Soit un corps soumis à l'action de forces, et faisons croître le nombre de points fixes faisant obstacle à son mouvement, ce qui en fait une machine, nous reconnaitrons les trois cas suivants :

1^o L'obstacle est un point fixe ; le corps ne pouvant pas surmonter cet obstacle ne pourra que tourner en tous sens autour de ce point ; c'est

ce qui constitue la machine simple appelée *levier*. Le mouvement d'un point quelconque appartenant au levier sera évidemment *circulaire*, en chaque instant, et de plus *alternatif* dans une machine, le support matériel du point fixe s'opposant à ce qu'il puisse être continu dans le cas général.

2^o L'obstacle consiste en deux points ou une droite fixe ; dans le cas général où la résultante de toutes les forces agissant sur le corps ne passera pas par cette droite, il se produira un mouvement de rotation autour de celle-ci, un *mouvement circulaire* continu. Le *tour* est la machine simple, type du mouvement circulaire.

3^o L'obstacle consiste en trois points fixes ou un plan *inébranlable* passant par ces trois points. Dans le cas général, le corps se mouvra suivant un élément linéaire de ce plan, ne pouvant déplacer les obstacles inébranlables. Le mouvement ayant lieu en chaque instant suivant un élément linéaire de ce plan, l'ordre de la succession de ces éléments déterminera le *mouvement rectiligne ou suivant une courbe donnée*.

Le *plan incliné*, ainsi nommé parce qu'on considère le plus souvent le plan fixe supportant des corps pesants et incliné à l'horizon, est la machine simple, type de ce genre de mouvement.

Le nombre de points fixes, non en ligne droite, peut être plus grand que trois ; mais il n'en résulte pas de nouveau genre de mouvement. En effet, trois points fixes déterminant, pendant un instant, le mouvement le long du plan passant par ces trois points, un quatrième point fixe ne peut que s'opposer au mouvement du corps ou le faire tourner en même temps qu'il glisse sur le plan des trois points fixes. Ce n'est donc alors que la réunion d'un des systèmes précédents et du système plan, c'est-à-dire qu'un plus grand nombre de points ne produira pas une autre nature de mouvements. Si des points fixes sont convenablement disposés pour permettre le mouvement, ils pourront seulement servir par leur action successive à déterminer la direction du mouvement élémentaire, fournir des guides courbes, par exemple. Un nombre de points plus grand que trois ne sert donc qu'à assurer les formes particulières du mouvement dans un même plan, ou dans des plans successifs, mais ne fournit pas de système nouveau. De ceci résulte une importante conséquence, c'est que les seules machines simples sont : le levier, le tour et le plan, et que si l'on décompose en leurs derniers éléments les systèmes complexes appelés machines, ces derniers éléments seront nécessairement un de ces systèmes.

Quant aux mouvements produits, on déduira encore cette conséquence non moins essentielle, que puisque les obstacles qui gênent le mouvement des corps pour constituer des machines

ne peuvent fournir que l'un des trois systèmes précédents, les mouvements produits sont nécessairement ceux engendrés dans le genre *levier*, ou dans le genre *tour*, ou dans le genre *plan*, en comprenant dans ce dernier les successions de plans, les surfaces courbes, etc. Par suite, les mouvements élémentaires seront tous ou circulaires alternatifs, ou circulaires continus, ou enfin rectilignes; la succession des éléments linéaires pouvant d'ailleurs engendrer les mouvements suivant une courbe, qui comprennent les mouvements rectilignes alternatifs.

On doit entrevoir, dès à présent, combien cette observation simplifie l'étude de la cinématique. Les machines n'étant plus composées que d'un nombre d'éléments très limité quant à leur mode de mouvement, il n'y aura plus qu'à étudier la théorie géométrique du levier du tour et du plan et des combinaisons de ces éléments, pour en arriver promptement à comprendre les machines les plus compliquées, au lieu d'être contraint d'étudier celles-ci successivement et comme des systèmes n'ayant aucun rapport entre eux. Il en résulte, en un mot, la possibilité de constituer sur des théories élémentaires l'étude géométrique des machines. (Voyez article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.)

Nous citerons parmi les principales applications de la cinématique traitées dans le présent ouvrage :

Les transformations de mouvement;

Tous les appareils combinés, surtout en vue de dispositions géométriques, et notamment les grandes industries de l'horlogerie, de la filature et du tissage.

DEUXIÈME PARTIE. — MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX MACHINES.

La seconde partie de la science des machines, la théorie analytique de celles-ci, constitue une des principales applications des théories de la mécanique rationnelle. Nous entrerons ici dans quelques détails sur la notion fondamentale de cette science, celle du travail des forces, et sur le principe des forces vives qui suffit pour l'étude des machines en mouvement. Nous n'avons pas à traiter ici des applications qui forment des articles étendus de cet ouvrage, puisqu'il s'agit ici de sciences appliquées, c'est-à-dire précisément de l'objet que l'on a eu en vue en le publiant.

Du travail des forces.

Les forces de la nature agissent toujours par une succession continue d'efforts déterminés le long du chemin parcouru par leur point d'application. Il y a donc une relation intime entre les efforts, le chemin parcouru et l'effet produit par les causes de mouvement. Ces deux éléments, l'effort en chaque instant et le chemin parcouru, doivent être étudiés en même temps; si on peut

à la rigueur les étudier séparément quand il s'agit de corps libres, pour lesquels le chemin parcouru résulte directement de la grandeur des forces, il n'en est point de même quand on considère des systèmes de corps pour lesquels des liaisons spéciales contribuent à déterminer les chemins que l'action de la force fait parcourir à son point d'application. Dans ce cas, le mouvement de ce point ne dépend plus seulement de la force, mais encore des liaisons du système.

Pour considérer en même temps la force et le chemin parcouru, on introduit dans le calcul un nouvel élément, le produit de la force par le chemin décrit par son point d'application, évalué suivant la direction de cette force. C'est ce qu'on appelle le travail de cette force, notion fondamentale de la mécanique appliquée. Entrons dans quelques détails à cet égard.

Supposons qu'une force verticale, dirigée de bas en haut, soit employée à élever uniformément un fardeau; cette force sera constante et égale au poids du fardeau. Quant à l'effet produit, il sera évidemment proportionnel au poids du fardeau élevé, ou, ce qui revient au même, à la force considérée, mais il sera aussi proportionnel à la hauteur verticale que le fardeau aura parcourue; en sorte que celui-ci sera, en définitive, mesuré par le produit de cette force par cette hauteur. Cette quantité est ce qu'on appelle le travail. Rien de plus facile donc pour le cas de l'élévation verticale des corps que d'évaluer ce travail en nombres; car, si l'on prend pour unité de travail celui qui consiste à élever l'unité de poids à l'unité de hauteur, il paraîtra évident qu'élever à une hauteur quelconque H un poids donné P , c'est répéter autant de fois l'effet partiel qui répond à l'unité de travail qu'il y a d'unités de longueur dans H et d'unités de poids dans P ; le produit PH est donc la mesure naturelle de l'effet ou du travail utile total de la force motrice qui, par son activité, a élevé le poids P à la hauteur H ; peu importe, au surplus, la manière dont aient varié l'effort et la vitesse propre de l'agent en intensité ou en direction. L'effet dont il s'agit ne suppose en lui-même autre chose qu'un effort vertical constant, mesuré par P , et dont le point d'application décrit un certain chemin H dans sa direction propre.

Cette notion et cette mesure du travail mécanique cadre d'ailleurs avec la manière dont se payent, dans les arts, tous les travaux qui se rapportent à l'élévation verticale des fardeaux; par exemple, quand il s'agit de tirer de l'eau du fond d'un puits, d'élever des terres, des matériaux quelconques à certaines hauteurs. En effet, le prix est toujours réglé proportionnellement au nombre des mètres cubes de chaque espèce de matière, dont le poids, et par conséquent la valeur vénale doivent augmenter avec la densité.

L'unité de poids étant le kilogramme, et l'unité de longueur le mètre, l'unité de travail sera le kilomètre ou le kilogramme élevé à un mètre.

Voyons maintenant comment on peut évaluer le travail mécanique de forces quelconques, dont la grandeur peut toujours être évaluée en poids, et ramener l'expression de sa mesure aux mêmes unités que celle qui se rapporte à l'élévation d'un poids suivant la verticale.

En y réfléchissant un peu, on voit qu'exécuter un travail mécanique quelconque c'est vaincre, d'une manière utile pour le besoin des arts, des résistances telles que la force d'adhésion des molécules des corps, la force du calorique et des ressorts, la force de la pesanteur, la résistance des fluides, les frottements et quelquefois l'inertie de la matière, comme lorsqu'il s'agit de lancer des projectiles, de mettre en action des marteaux, des pilons, etc. Mais, pour vaincre et détruire successivement des résistances continuellement renouvelées le long d'un certain chemin, il faut un effort de traction ou de pression agissant au point d'application de cette résistance, et qui se renouvelle en se déplaçant lui-même constamment. Or il peut arriver, ou que l'effort soit dirigé à chaque instant dans le sens du chemin décrit par son point d'application, ou que cet effet varie d'une manière quelconque, en grandeur et en direction, sans cesser néanmoins de faire constamment équilibre à la résistance que lui oppose directement son point d'application, en vertu du principe de l'action égale et contraire à la réaction.

Considérons d'abord le premier cas, et supposons que l'effort et par suite la résistance conservent une valeur constante à tous les instants, on pourra évidemment appliquer à cet effort le même raisonnement que pour le cas où il s'agit d'élever directement un poids à une certaine hauteur, sans lui faire quitter la même verticale; la quantité d'action qu'il développera dans une longueur de chemin donnée sera donc ici encore directement proportionnelle et à l'intensité constante de cet effort et au nombre de fois qu'il a été répété, ou au nombre des résistances partielles et égales qui ont été vaincues, c'est-à-dire au produit de cet effort, exprimé en unités de poids par la longueur effective du chemin parcouru dans sa direction propre, estimé en unités de distance. Q étant donc le nombre des kilogrammes qui mesurent l'effort, q celui des mètres qui mesurent la longueur du chemin; la valeur du travail pourra encore être exprimée par le produit :

$$Q^k \times q^m \text{ ou } Qq^{km},$$

en faisant attention qu'ici l'unité de travail 1^{km} se rapporte à un effort constant de 1^k , qui se répète le long d'un chemin d'un mètre dirigé d'une manière quelconque.

Dans le second cas, quand le point d'application d'une force se meut dans une direction différente de celle de la force, ce n'est plus l'espace parcouru par ce point qu'on multiplie par la force pour former l'expression du travail produit par la force, c'est la projection de cet espace sur la direction de la force, ou, si l'on aime mieux, on n'a à tenir compte que du travail de la composante suivant le chemin parcouru. La composante perpendiculaire à cette direction ne produit aucun travail, et il n'y a à en tenir compte que pour l'évaluation des résistances, des frottements.

Si l'effort est variable, tout ce que nous venons de dire s'applique encore à ce cas, à la seule condition d'obtenir le travail total par la somme de tous les produits élémentaires de l'effort en chaque instant par le chemin élémentaire parcouru pendant que cet effort est constant, ce qui rentre dans les questions du calcul infinitésimal les plus simples, les questions de quadrature.

Des machines.

On donne le nom de machine à tout système de corps destiné à transmettre le travail des forces et par suite à modifier celles-ci quant à leur intensité, et le mouvement quant à la vitesse et à la direction en raison du but à atteindre.

Ce sont surtout les variations du chemin parcouru qui rendent les machines propres à une infinité d'usages industriels. Ces variations déterminées ne sauraient avoir lieu sur un corps entièrement libre, ne pouvant par suite qu'obéir aux forces qui agissent sur lui, que prendre le mouvement qui résulte de leur direction. C'est en gênant le mouvement d'un corps par des obstacles inébranlables, par des points fixes, que le travail des forces devient utilisable par machines, et que le mouvement est transformé de manière à satisfaire à toutes les conditions nécessaires pour le besoin des arts.

Que des points fixes transforment les mouvements d'un système, cela est bien évident; mais de plus ces points interviennent d'une manière très importante dans l'équilibre des forces qui agissent sur ce système.

On comprend facilement comment, par l'intervention de points fixes, des forces de grandeurs quelconques peuvent se faire équilibre. Dans de pareils systèmes, il n'est plus nécessaire que les résultantes des forces qui agissent sur eux soient nulles d'elles-mêmes, il suffit que leurs directions rencontrent les obstacles inébranlables qui les annulent par leur résistance.

Ainsi, à l'aide d'un corps solide qui s'appuie sur un point fixe, d'un levier, une force minime fera équilibre à une très grande force, si elle est disposée à l'égard de celle-ci de manière que la résultante des deux forces passe par le point fixe;

d'où l'on voit que la plus petite force ne détruit pas la plus grande, ce qui serait impossible, mais qu'elle ne sert en quelque sorte qu'à détourner l'effort de la plus grande et à le faire passer avec le sien propre combiné vers un obstacle invincible. Cet obstacle agit comme une force égale à la résultante et de sens opposé, et par suite en détruit l'effet.

Principe des forces vives. — Le principe des forces vives consiste en ce que l'accroissement de force vive d'un système, pendant un temps quelconque, est égal au double de la somme des quantités de travail des forces qui ont agi sur lui.

On sait que la force vive d'un système est la somme des produits des masses par le carré des vitesses.

Il résulte de ce principe, comme conséquence importante, qu'une fois la machine arrivée à l'état permanent, le travail total développé par les forces qui la sollicitent est nul, ou, en nommant travail moteur celui des forces qui tendent à accélérer le mouvement, et travail résistant celui des forces qui tendent à le retarder, on peut dire que dans l'état permanent le travail moteur est égal au travail résistant pendant un même intervalle de temps. Mais il faut distinguer, dans le travail résistant, le travail utile et le travail inutile. Le travail utile est celui qui provient de la résistance des corps sur lesquels la machine exerce son action; le travail inutile provient du frottement, des chocs, etc. On voit donc que le travail utile d'une machine est toujours moindre que le travail moteur employé à le produire. Le travail est par conséquent une quantité que l'on ne peut augmenter par l'effet de machines; celles-ci peuvent servir à modifier soit la force motrice soit le chemin décrit par leur point d'application, à les partager l'un et l'autre en plusieurs parties, à modifier leur position et leur direction, mais sans jamais augmenter leur produit. Le seul but de la science est de rendre le travail utile une fraction du travail moteur la plus voisine de l'unité qu'il est possible.

Comme théories principales de la mécanique appliquée aux machines que nous n'avons pas à traiter ici, puisqu'elles font l'objet de travaux insérés dans le présent ouvrage, nous citerons :

La dynamométrie, mesure du travail ;

La théorie des machines simples ;

La théorie mathématique des moteurs hydrauliques et notamment des roues hydrauliques, des turbines, etc., et la théorie mathématique de la machine à vapeur (étant supposées connues les conditions physiques de l'emploi de l'eau et de la vapeur dont nous allons traiter).

Nous ne parlons pas des résistances à vaincre

ni des conditions de la production des forces naturelles, qui nous paraissent mieux placées dans la division ci-après qui doit être, au reste, considérée comme liée d'une manière tout à fait intime avec celle-ci.

TROISIÈME PARTIE. — MÉCANIQUE PHYSIQUE.

Dans toutes les applications des forces, c'est-à-dire pour tous les travaux qu'exécute l'industrie de l'homme, la nature propre des corps, leur résistance à toute action extérieure résultant de leur constitution physique est la première chose à considérer. On reconnaît bientôt que cet ordre de phénomènes ne peut s'analyser que par l'étude des forces qui tiennent en place les molécules des corps, et que par suite cette étude est à la fois une application des connaissances qui constituent la physique et de celles qui sont étudiées dans la mécanique.

La production de la force est encore une étude à la fois d'ordre physique et d'ordre mécanique.

On peut donc diviser en deux parties cette science de l'ingénieur :

1° Conditions de la production de la force; mode de l'appliquer à la première pièce de la machine, au récepteur;

2° Résistances des corps à toute action exercée sur eux, soit à l'état statique, lorsqu'ils ne supportent que des pressions, comme lorsqu'ils entrent dans des constructions; soit à l'état dynamique, lorsque des corps doivent être mis en mouvement relatif, soit entièrement, soit partiellement lorsqu'il s'agit de surmonter la résistance qui s'oppose à la désunion de leurs molécules, comme dans les opérations mécaniques qui ont pour objet la division des corps pour les amener à une forme voulue.

Production de la force.

La force motrice, qu'il est possible d'utiliser pour mettre en mouvement des machines qui effectuent des opérations industrielles, provient de quatre sources :

1° De la force des moteurs animés ;

2° Des corps et surtout des liquides et fluides élastiques qui se rencontrent à l'état de mouvement ;

3° De la pesanteur ;

4° De la chaleur, des actions chimiques et électro-magnétiques résultant de la combinaison de diverses substances.

Moteurs animés. — Les efforts des moteurs animés, bien qu'étant pour nous, économiquement parlant, une source de force motrice, sont en réalité le résultat de la machine complexe qui constitue l'animal. Composés d'os et de muscles, c'est-à-dire de leviers et de cordes, les organes qui servent au développement de la force

animale sont de véritables organes de machines et la cause première de la puissance motrice, la combustion produite dans l'acte de la respiration, cause de la vie et de la vigueur de l'animal, a fait établir un parallèle entre la machine animale et la machine à feu.

Quoi qu'il en soit, ce n'est qu'à l'état de moteur primitif que la mécanique considère l'animal, et c'est à l'aide de l'expérience, aidée des lumières des sciences biologiques, que l'on détermine les conditions les plus favorables à leur emploi, la valeur de l'effort et la vitesse au point d'application les plus convenables pour produire le maximum de travail journalier pour une fatigue qui n'altère pas la santé de l'animal supposé recevoir une alimentation convenable.

Corps en mouvement. — Corps solides. — On ne rencontre pas sur la terre de corps solides en mouvement autres que ceux mus par l'action des machines. Leur action à l'état de mouvement constitue un phénomène fort important par ses applications industrielles, le choc qui se produit à la rencontre de deux corps.

La théorie mathématique du choc est une des plus importantes de celles de la mécanique appliquée. Elle se résume dans le théorème de Carnot, qui peut s'énoncer ainsi : La force vive perdue par le choc est égale à la différence des forces vives correspondantes aux vitesses du corps avant et après le choc.

Corps liquides. — Les corps liquides se rencontrent fréquemment en mouvement dans la nature, et la vitesse des cours d'eau est un des moyens les plus fréquemment employés dans l'industrie pour donner le mouvement aux machines. Du principe des forces vives et de l'étude du choc résulte la théorie des moteurs hydrauliques, celle peut-être qui a fait le plus de progrès de nos jours. La détermination des vitesses des récepteurs, de leurs formes, résulte directement de cette théorie.

Gaz. — L'air atmosphérique en mouvement est utilisé pour faire mouvoir des machines par son action sur les voiles. La théorie des moulins à vent, bien qu'ayant fait des progrès importants par l'application des principes généraux qui ont conduit à la théorie complète des roues hydrauliques, est pourtant loin d'être arrivée au même degré de perfection.

Forces agissant d'une manière continue. — *Pesanteur.* — *Pression atmosphérique,* etc. — La pesanteur agissant d'une manière continue et constante sur tous les corps placés à la surface de la terre, est une source de travail mécanique. Comme la pression atmosphérique, la pression d'un ressort, etc., la pesanteur des corps solides n'est utilisée que comme moteur secondaire, c'est-à-dire quand un premier travail les a écartés de la position de repos, l'action de la pe-

santeur est employée à leur faire reprendre la position initiale

L'eau, au contraire, se formant dans les parties les plus élevées du globe, par la condensation, sur les sommets des montagnes, des vapeurs produites par l'action de la chaleur (source première du travail) descend, en vertu de la pesanteur, vers les parties basses. Lorsqu'on utilise la vitesse qu'elle prend en obéissant à l'action de la pesanteur, on rentre dans le premier cas dont nous venons de parler. Lorsqu'au contraire, soit par le barrage d'un cours d'eau, soit par une disposition quelconque, on maintient le liquide à un niveau supérieur à celui qu'elle peut prendre dans un réservoir avec lequel elle communique, on peut utiliser directement par machines le travail mécanique dû à la descente du poids de l'eau, d'un niveau supérieur au niveau inférieur. Le principe de la transmission du travail s'applique facilement dans ce cas à l'étude des récepteurs convenablement disposés, et permet la détermination des règles d'établissement des roues à augets, des balances d'eau, etc.

Chaleur. — La chaleur est la source de force la plus générale et la plus importante; c'est elle qui, par la vaporisation, élève les masses liquides à l'état de nuages. La chaleur est encore la cause ou au moins la condition essentielle du travail des moteurs animés, dont l'appareil respiratoire constitue un véritable appareil de combustion, et qui ne peuvent produire du travail qu'en raison des aliments qui fournissent les matériaux que consume cette combustion.

Ne parlant ici que de la chaleur produite par la combustion dans les foyers, le principe fondamental de son emploi est celui-ci, qui est presque évident de soi : le travail d'une unité de chaleur (capable d'échauffer un kilogramme d'eau d'un degré) a un maximum théorique dont on s'approche plus ou moins dans la pratique, comme un poids d'eau qui tombe d'une certaine hauteur. Autrement ce serait admettre qu'une quantité limitée de chaleur pourrait produire un travail infini, ce serait admettre par voie détournée le mouvement perpétuel.

Nous n'entrerons pas dans beaucoup de détails sur cette importante question, que nous avons cherché à élucider dans cet ouvrage (Voyez *Travail d'une calorie*); nous rapporterons seulement les énoncés des principes qui servent de base à la théorie des machines à feu :

1° Le travail est produit, non par une consommation absolue de calorique, mais par le passage de celui-ci d'un corps chaud à un corps froid;

2° Partout où il y a différence de température, il y a production de force motrice;

3° Une certaine quantité de chaleur introduite dans un corps ou soustraite de ce corps, doit faire naître contre des résistances opposées à sa dilatation ou à sa contraction, des quantités de travail absolues qui sont les mêmes et indépendantes de la nature des corps, mais dont une certaine partie (dans les liquides et surtout dans les solides) est employée à contre-balancer les attractions moléculaires.

Nous prions le lecteur de remarquer la tentative que nous avons faite dans cet essai, de réunir dans la notion du travail les principaux éléments de l'action de la chaleur sur un corps (la chaleur spécifique, la dilatation, le coefficient d'élasticité, etc.), seule voie, à notre avis, qui puisse faire faire de grands progrès à cette partie de la science physique (1).

Production de travail par des actions chimiques et électro-magnétiques — Pour compléter les considérations qui précèdent, et qui limitent le champ des résultats qu'il est possible d'obtenir des machines à feu, on peut pousser plus loin les recherches et se demander si, comme bien des inventeurs en ont conçu l'espérance, on peut espérer produire, par certaines actions chimiques ou électro-magnétiques, un travail mécanique dont le prix de revient soit notablement inférieur à celui obtenu à l'aide de la vapeur d'eau produite par la combustion du charbon.

Actions chimiques. — Les actions chimiques peuvent fournir de la chaleur, comme le fait la combustion du charbon, mais aucune dans des conditions comparables sous le rapport de l'économie, et sans aucun avantage spécial.

En est-il de même de celles qui, comme le mélange d'acide sulfurique et de bi-carbonate de soude, peuvent donner lieu à un dégagement de gaz qui se continue même sous des pressions très considérables? Cela est infiniment probable; mais néanmoins on ne peut pas dire qu'il ne puisse y avoir certains cas spéciaux dans lesquels, indépendamment de l'économie, on ne puisse employer, quelque jour, quelques réactions, soit connues, soit de celles que la chimie pourra faire découvrir. Remarquons toutefois que ces actions n'ont lieu que jusqu'à une certaine pression, en raison de l'affinité; ainsi M. Galy-Cazalat a reconnu par expérience que l'hydrogène cessait de se dégager lors de l'action de l'eau acidulée sur le zinc sous une pression de 28 atmosphères (2).

(1) Dès 1844 nous avons indiqué ces principes et sommes étonnés de ne pas les voir encore reconnus généralement. Nous ne pouvons croire que les savants persistent longtemps encore à ne pas utiliser pour les progrès de la science des vérités incontestables.

(2) Cette curieuse expérience nous paraît un moyen précieux, et le seul que nous connaissions, de mesurer la valeur réelle des affinités chimiques. On les évaluerait par la mesure des pressions sous lesquelles un gaz se déga-

Les seules actions chimiques utilisées jusqu'à ce jour sont les explosions et surtout celles de la poudre à canon, dont la puissance paraît due, en grande partie, à la haute température de la vapeur d'eau formée par la combustion. Le moyen de l'utiliser consiste à faire naître l'explosion dans un cylindre résistant qui reçoit une partie mobile, le boulet, de même diamètre. La projection du boulet qui est ici le travail à produire et la grande vitesse nécessaire pour atteindre le but, constituent un problème mécanique d'un ordre particulier. Quant à utiliser la poudre à canon pour produire un travail mécanique utilisable dans l'industrie, M. Poncelet a calculé (voyez *Introduction à la mécanique*) que le travail fourni par la poudre était 90 fois plus cher que celui fourni par la houille.

Le mélange des gaz hydrogène ou hydrogène carboné et d'air a été aussi tenté; de semblables systèmes présentent l'inconvénient majeur qui résulte de leur nature même, d'agir par chocs, c'est-à-dire de manière à n'utiliser qu'une faible partie du travail théorique déjà plus coûteux que celui fourni par l'emploi des combustibles pour vaporiser l'eau. Ce que nous rapportons ci-après, d'après M. Liebig, relativement aux actions électro-chimiques, s'applique, au reste, en partie, aux actions chimiques et nous paraît limiter parfaitement ce qu'on peut retirer de semblables recherches.

Nous ne parlerons pas des machines à gaz acide carbonique gazéifié et liquéfié par l'échauffement et le refroidissement, de M. Brunel, etc.; machines dont le résultat a bien clairement prouvé qu'avec peu de chaleur on ne pouvait obtenir un grand travail.

Actions électriques et électro-magnétiques. — Dans l'application la plus importante de ces actions, dans le télégraphe électrique, on produit le mouvement de va-et-vient d'un morceau de fer doux par les établissements et les interruptions successives de l'attraction d'un aimant momentané qui soulève un contre-poids. Cette application a prouvé les grands avantages de l'électricité pour transmettre instantanément de petites forces à de très grandes distances; résultat fort précieux, mais pour lequel le prix de revient de l'unité de travail est sans importance.

A l'aide d'électro-aimants disposés en cercle et d'une roue portant des morceaux de fer doux qu'ils viennent attirer, on a construit des machines électro-magnétiques qui sont fort curieuses et dont on a prétendu quelquefois tirer une production économique de travail. Aussi M. Liebig s'est-il posé cette question : Quel est le plus économique des deux moteurs, l'un

gerait d'un corps sous l'action de divers corps. Il y a là un admirable sujet de recherches.

étant la houille servant à produire de la vapeur, l'autre du zinc se dissolvant dans l'acide sulfurique et produisant un courant capable d'attirer et de repousser un aimant ?

« Lorsque, dit-il, nous prenons du zinc et que nous le mettons en contact avec de l'acide sulfurique étendu, il se dissout sous forme d'oxyde de zinc : il y a combustion de zinc aux dépens de l'oxygène que lui cède le liquide. Cette action chimique a pour résultat la formation d'un courant électrique qui, si on le conduit au moyen d'un fil, fait passer ce fil à l'état magnétique.

« Dans l'exemple que nous venons de citer, nous savons que la puissance motrice est produite par la dissolution (par l'oxydation) du zinc. Mais si nous faisons abstraction du nom que l'on donne à la force motrice qui se développe dans ce cas-ci, nous savons que nous pouvons également la produire au moyen d'un appareil tout différent. Ainsi, lorsque nous faisons brûler du zinc sous la chaudière d'une machine à vapeur, c'est-à-dire dans l'oxygène de l'air au lieu de l'oxygène de la pile galvanique, nous produisons de la vapeur d'eau, et, par le moyen de cette vapeur, une certaine quantité de force motrice. Si maintenant nous admettons (ce qui du reste n'est nullement prouvé) que la quantité de force obtenue soit inégale dans les deux cas de combustion du zinc, c'est-à-dire que nous obtenions deux ou trois fois plus de force, ou bien, si l'on veut, que la déperdition de force soit beaucoup moins considérable quand nous employons la pile galvanique, nous ne devons pas perdre de vue que le zinc peut être représenté par certains équivalents de charbon ; et nous devons les prendre pour éléments de notre calcul. D'après les expériences de Despretz, 6 kil. de zinc, en se combinant avec l'oxygène, ne développent pas plus de chaleur que la combustion d'un seul kil. de charbon : par conséquent, toutes choses étant égales d'ailleurs, 1 kil. de charbon produira six fois plus de force motrice que 1 kil. de zinc. Il est évident qu'en supposant la perte de force égale de chaque côté, il serait beaucoup plus avantageux de se servir de charbon que de zinc, alors même que ce métal brûlé dans la pile galvanique produirait quatre fois autant de chaleur qu'un poids égal de zinc brûlant sous la chaudière d'une machine à vapeur. En un mot, il est extrêmement probable que si nous brûlions sous la chaudière d'une machine à vapeur la quantité de charbon nécessaire pour traiter une certaine quantité de minerai de zinc, nous obtiendrions une somme de travail de beaucoup supérieure à celle que pourrait produire le zinc obtenu, sous quelque forme et dans quelque appareil que ce métal fût employé.

« Il existe entre la chaleur, l'électricité et le

magnétisme des rapports intimes. Avec une quantité donnée d'électricité, nous produisons une proportion correspondante de chaleur ou de force magnétique : la chaleur et la force obtenues sont réciproquement équivalentes. Nous nous procurons cette quantité déterminée d'électricité au moyen de l'affinité chimique qui, sous une forme, donne de la chaleur, et, sous une autre, de l'électricité ou du magnétisme. Avec une certaine somme d'affinité, nous produisons un équivalent d'électricité ; de même, en sens inverse, avec une somme déterminée d'électricité, nous décomposons des équivalents de combinaisons chimiques. Ainsi donc la dépense de force magnétique correspond rigoureusement à la dépense d'affinité chimique. Dans la pile, c'est l'affinité chimique du zinc et de l'acide sulfurique qui produit la force motrice ; dans la machine à vapeur, c'est l'affinité du charbon et de l'oxygène du courant d'air. »

Si donc on songe, d'une part, au bas prix auquel on obtient le charbon de terre (le seul corps combustible qui se trouve, dans la nature, en masses considérables), on en conclut qu'aucun corps combustible ne peut lui être comparé pour l'économie dans la production du travail, d'autant plus qu'en général ceux-ci n'ont pu être extraits de leurs combinaisons qu'à l'aide d'un poids de charbon capable de produire une quantité de chaleur au moins égale à celle qui pourrait être produite par une nouvelle combinaison de ces corps avec l'oxygène ou par une force électro-magnétique correspondante à cette quantité de chaleur.

Des résistances que les corps opposent à l'action directe des corps et au mouvement d'autres corps.

Les corps solides sont formés de molécules juxtaposées. On a donné le nom de cohésion à la force qui les réunit, et qui est mesurée par celle qu'il faut employer pour les séparer.

On sait que les corps placés dans des conditions convenables cristallisent, c'est-à-dire que les atomes chimiques qui constituent les molécules, et par suite les molécules elles-mêmes, possèdent, quant à leurs forces d'attraction réciproques, des propriétés qui varient, non-seulement avec leurs distances absolues, mais encore avec leurs positions relatives, avec la direction de leurs axes ; de sorte qu'elles ont elles-mêmes une tendance à se grouper dans un certain ordre régulier lorsque les circonstances sont favorables, et que rien ne vient troubler le jeu des forces qui les animent. Tel est le phénomène de la cristallisation ou de la formation des cristaux ou corps à facettes planes, décomposables avec le minimum de résistance suivant des plans parallèles à ces faces planes, dits plans de clivage.

La lenteur dans le rapprochement des molécules est une condition indispensable de la cristallisation; autrement elles se trouvent en quelque sorte *surprises* dans leur mouvement, et il en résulte un état de cristallisation incomplète ou confuse, qui est celui de tous les corps qui passent brusquement de l'état liquide à l'état solide.

Les corps organisés, les végétaux et les animaux sont d'une constitution toute différente. On n'y trouve plus des formes polyédriques, et sous l'influence des forces vitales les molécules sont groupées d'une manière spéciale. En général, elles se disposent en fibres ou filets rangés les uns à côté des autres, ou croisés de manière à former tantôt des cylindres, tantôt des tissus à mailles plus ou moins serrées.

Des hypothèses concernant les forces moléculaires. — L'ensemble des phénomènes que présentent les corps considérés au point de vue de leur structure est assez bien représenté par l'antagonisme de la force attractive, dite attraction, cohésion, considérée comme propre à ces molécules, et de la force répulsive du calorique interposée entre ces molécules. Suivant que la distance qui joint les molécules est augmentée ou diminuée par l'action d'une cause ou force étrangère, l'état de stabilité est altéré et l'attraction l'emporte sur la répulsion, ou la répulsion sur l'attraction.

Elasticité moléculaire. — Des molécules écartées de leur position de stabilité par une force étrangère se rapprochent ou s'éloignent jusqu'à la position qui répond à l'énergie de la force étrangère et pour laquelle il y aura équilibre ou repos; si ensuite cette force vient à cesser son action, les molécules tendront à reprendre leur première position. Comme elles sont alors animées d'une certaine vitesse, ou plutôt d'une force vive égale au double de la quantité de travail, elles dépasseront leur position d'équilibre naturel pour y revenir bientôt, et ainsi de suite indéfiniment par une série d'oscillations qui décroissent de plus en plus par la communication du mouvement aux corps environnants.

De l'analyse de ces mouvements se déduit le principe suivant, qui est fondamental pour l'application du calcul aux phénomènes d'élasticité :

Les forces totales en vertu desquelles les molécules des corps s'attirent ou se repoussent entre elles sont proportionnelles aux déplacements correspondants de ces molécules, tant qu'ils demeurent très petits par rapport à l'intervalle absolu qui sépare celles-ci.

Mesure de la force élastique. — La résistance élastique des molécules, leur raideur, est d'autant plus grande que les déplacements qu'elles subissent, au premier instant, sont plus petits par rapport aux efforts de traction ou de compression

qui les produisent; le rapport de ceux-ci à ceux-là donne immédiatement la mesure de cette raideur.

Le principe ci-dessus énoncé revient donc à dire que, pour des déplacements très petits des molécules des corps, la force élastique conserve des valeurs sensiblement constantes.

Au delà d'un certain écartement, la force élastique devient nulle ou négative, et l'équilibre mixte, indifférent ou instable.

Causes de l'imparfaite élasticité des corps. — La cause la plus fréquente de l'imparfaite élasticité des corps réside dans les opérations mécaniques qu'ils ont supportées et qui ont fait dépasser la limite d'écartement à quelques molécules, limite au-dessus de laquelle l'action moléculaire cesse de s'exercer; le corps s'est en quelque sorte rompu dans certaines régions, quoiqu'on n'en aperçoive aucune trace extérieure.

De plus, il faut tenir grand compte du mode d'agrégation des molécules qui rend, par exemple dans des cristaux, l'élasticité bien différente dans la direction des axes ou perpendiculairement à ceux-ci. Or nous avons vu que dans nombre de corps des groupes de molécules forment des cristallisations partielles, et il faut évidemment tenir compte de la forme de ces groupes, de leurs points de contact, des vides plus ou moins grands par rapport à leur grosseur qui les séparent dans certaines parties.

C'est par de semblables considérations qu'on peut apprécier les effets des causes qui, tendant à modifier l'état d'agrégation moléculaire des corps, changent par cela même leurs propriétés physiques. Parmi ces causes, la plus importante et celle dont les arts tirent le plus grand parti, la trempe, est dans cet ouvrage l'objet d'un article étendu qui nous permet de ne pas insister ici sur les considérations relatives à ce phénomène, si important pour la pratique des arts.

Résistance des corps solides.

Des principes que nous venons d'exposer relativement à la structure des corps solides se déduisent quelques théories importantes, et, dans beaucoup de cas, seulement quelques règles empiriques qui règlent l'emploi des divers corps solides dans les arts et le mode d'action le plus convenable à employer pour en modifier les formes.

Les forces qui agissent sur les corps solides peuvent se classer, au point de vue de leur action sur les corps, en deux classes, celles qui dépassent les limites de l'élasticité et celles qui restent dans ces limites.

Premier cas. — L'effet de forces supérieures à la limite d'élasticité produit :

1° *La désagrégation, la pulvérisation des corps durs.* — C'est sur cette propriété que reposent les règles qui dirigent dans l'opération du

brayage des substances qui doivent être amenées à l'état pulvérulent ;

2^o *La rupture par extension*, qui s'évalue pour chaque corps par le poids nécessaire pour rompre une barre de ce corps ayant une section d'un centimètre carré. Les métaux successivement allongés par le poids des charges ne reprennent pas leurs dimensions primitives après la rupture, à cause des ruptures intérieures qui ont produit l'altération du corps dans les parties voisines du point de rupture.

3^o *La rupture par écrasement*, qui n'a lieu que pour des efforts bien plus considérables que ceux qui produisent la rupture par extension. Pour les corps cassants, les pierres, les briques qui forment les massifs en maçonnerie, les efforts doivent être dans la pratique bien inférieurs à ceux qui pourraient, en causant un commencement d'altération, faire courir les plus grands dangers à la solidité d'un édifice. On voit par là quel rôle capital jouent, dans l'art de l'architecture et les arts de construction en général, les recherches dont il s'agit, et dont l'ensemble constitue la théorie de la résistance des matériaux. Celle-ci résulte de l'ensemble des expériences faites sur les substances employées, expériences interprétées avec toutes les ressources du calcul.

4^o *La rupture par un effort transversal*. — La partie où le calcul prête le plus d'aide à l'expérience est celle qui se rapporte à la résistance des corps de sections diverses soumis à un effort transversal qui tend à en déterminer la rupture. Cette théorie conduit à la forme parabolique des solides d'égale résistance, forme si usitée dans les grandes constructions de machines, et qui est celle du solide qui, encastré à une de ses extrémités et chargé d'un poids à l'autre, offre la même résistance en tous les points quelle que soit leur distance du point où le poids est suspendu.

5^o *Le changement de forme pour les métaux*. — On distingue la propriété si précieuse pour l'industrie, de modifier la forme des métaux par l'action des forces en deux classes. La *malleabilité* se rapporte à la faculté de s'étendre en lames, de se forger, soit à froid, soit à chaud, base de tout le travail du fer, du cuivre pour chaudronnerie, etc., propriété surtout utilisée par des actions de compression. La *ductilité* se rapporte seulement aux actions d'extension dans un cas spécial, à la facilité du corps à s'étendre en fils, en lames, par son tirage à la filière.

Dans les deux cas, les molécules sont déplacées au-delà de la limite d'élasticité, puisqu'elles ne reviennent pas à leur position primitive, ce qui explique la nécessité des réchauffages dans ces opérations pour ressouder les molécules entre elles.

6^o *Division des corps*. — C'est en réalité par

une action de rupture par compression qu'agissent tous les outils qui servent à donner la forme voulue aux corps sur lesquels on opère. Seulement la forme tranchante donnée aux outils permet d'opérer la division avec de faibles efforts, d'après la théorie mécanique du plan incliné. Cela est vrai non-seulement pour les corps fibreux, le bois, par exemple, mais aussi pour les corps fondus, pour la fonte de fer, par exemple; l'outil agit encore comme un corps dur qui repousse et comprime la partie du métal qu'il rencontre, la fait rompre des parties voisines du corps.

Deuxième cas. — Les forces qui restent dans les limites d'élasticité des corps sont telles qu'après leur disparition le corps reprend sa forme primitive.

La limite d'élasticité, c'est-à-dire le point au-delà de laquelle la force de cohésion ne ramène plus à leur position primitive les molécules préalablement écartées, est une quantité variable pour chaque corps. L'élasticité dépend moins de la valeur absolue de la force de cohésion que de la sphère d'action de cette force, ou peut-être de la dimension des molécules élémentaires. Il suffit de citer le caoutchouc pour prouver combien l'élasticité peut être étendue dans des corps dont la ténacité est peu considérable.

L'analyse des efforts d'élasticité s'établit en admettant :

Que la résistance d'une barre est indépendante de sa longueur absolue et proportionnelle à l'aire de sa section par un plan perpendiculaire à sa longueur ;

Que les allongements sont proportionnels à la longueur de la barre ;

Enfin, que la réaction élastique a pour mesure le rapport des charges aux allongements très petits qui correspondent aux premiers déplacements des molécules, avant que le corps puisse avoir subi aucune altération. C'est de ce rapport que se déduit le module ou coefficient d'élasticité pour chaque corps. Une fois ce coefficient déterminé à l'aide de la loi ci-dessus, on obtiendra facilement l'allongement (dans les limites où l'élasticité n'est pas altérée) d'un corps quelconque, de section et de longueur données, pour une charge aussi donnée.

Résistances au mouvement.

Frottement de glissement. — Des expériences très précises et fort utiles, puisqu'elles ont permis d'évaluer exactement des résistances qui se rencontrent à chaque instant du mouvement d'un corps, et qui sont souvent presque les seules forces retardatrices qui s'opposent à la continuation d'un mouvement une fois imprimé, ont permis d'établir les trois grandes lois du frottement, qui sont :

1° Le frottement est proportionnel à la pression ;

2° Le frottement est indépendant de l'étendue des surfaces en contact ;

3° Le frottement est indépendant de la vitesse du mouvement.

Il suit de là que, pour avoir le travail consommé par le frottement, il suffit de connaître par expérience le rapport du frottement à la pression pour les surfaces en contact, ce qu'on appelle le coefficient du frottement. Les valeurs de ces coefficients déterminées avec grande précision pour les substances habituellement en contact dans les applications, forment des tableaux qui permettent d'évaluer avec facilité la résistance passive due au frottement de glissement, la plus importante de toutes.

Frottement de roulement. — On appelle frottement de roulement la résistance qui s'exerce au contact d'une partie circulaire qui roule sans glissement. Cette résistance est tout à fait insignifiante ; si, dans la pratique, il ne paraît pas quelquefois en être ainsi, c'est qu'on confond avec le roulement soit une action de compression sur le support, soit un frottement de glissement qui se produit en même temps.

Résistance des liquides. — La résistance des liquides n'a pas jusqu'à ce jour pu être ramenée à une théorie simple. Ce sont les résultats obtenus par voie expérimentale et principalement les travaux de Dubaut qui fournissent les règles de la pratique.

La règle fondamentale, celle qui semble s'offrir *à priori*, et qui serait exacte si les filets liquides ne participaient au mouvement imprimé, c'est que la résistance est proportionnelle au carré de la vitesse du corps en mouvement dans le fluide.

Cette loi doit être modifiée en raison de la forme des corps, tant de la forme de la partie antérieure que de la partie postérieure et latérale. C'est sur l'étude du mode d'inflexion des filets fluides et leur séparation avec le minimum de communication de forces vives à la masse liquide qu'est fondée la science de l'ingénieur maritime, du constructeur de navires.

Résistance de l'air. — Les recherches expérimentales fournissent seules des ressources sérieuses pour évaluer cette résistance. On ne peut considérer que comme une approximation la proportionnalité de la résistance au carré de la vitesse.

V. GÉOMÉTRIE INDUSTRIELLE.

APPLICATIONS DE LA GÉOMÉTRIE.

La géométrie étant, comme nous l'avons dit, basée sur la considération de l'étendue figurée, fournit la base de plusieurs sciences d'application d'une grande importance, de l'ordre de celles

que nous avons appelées sciences d'ingénieur.

Les méthodes qu'elles emploient, constituées en corps de doctrine, forment une science qui s'étudie avec raison aujourd'hui dans toutes les écoles industrielles à la suite de la géométrie. Elle fournit des instruments indispensables pour toutes les industries, et constitue sans contredit la base de l'instruction de tout ingénieur ; nous voulons parler de la géométrie descriptive.

Nous allons tâcher d'indiquer en quoi elle consiste ; puis nous énumérerons les principaux groupes d'applications de cette science.

GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE.

C'est sous ce nom que l'illustre Monge a résumé sous forme scientifique l'ensemble des méthodes qui ont pour but, soit de représenter toutes les formes extérieures des corps, soit de résoudre sur des figures considérées dans l'espace, à l'aide de constructions exécutées seulement sur un plan, tous les problèmes qui peuvent se présenter.

Pour parvenir à ce but, la géométrie descriptive emploie la méthode des projections ; rappelons en quoi elle consiste essentiellement.

Si l'on considère un point dans l'espace, et trois plans se coupant à angles droits, la position de ce point sera complètement déterminée si l'on connaît la distance de ce point aux trois plans ; ou, ce qui revient au même, les longueurs des perpendiculaires abaissées de ce point sur chacun des trois plans ; puisqu'il se trouve à la rencontre des trois plans parallèles aux premiers distants de ces longueurs de perpendiculaires. Si on suppose celles-ci construites, et qu'on abaisse du point de rencontre de chaque perpendiculaire avec le plan une perpendiculaire sur la ligne d'intersection de ces plans, on formera ainsi pour chaque système de deux plans un rectangle, et les lignes tracées sur un plan représenteront la distance du point à l'autre plan. Donc les deux lignes tracées sur deux des plans suffiront, avec les pieds des deux perpendiculaires abaissées du point, et qui sont dites *projections* de ce point, à déterminer rigoureusement la position du point, par rapport à ces deux plans, et même d'une manière absolue, car l'ensemble des deux perpendiculaires détermine le plan parallèle au troisième, que nous avons supposé passant par le point ; ce troisième est donc superflu.

Mais si le système des deux plans suffit pour déterminer la position d'un point, en faisant tourner un de ces plans autour de la ligne d'intersection, dite *ligne de terre*, rien ne sera déformé dans ce plan qui viendra se superposer au premier.

Donc, rigoureusement, mathématiquement, la position d'un point dans l'espace sera déterminée par des tracés faits sur un seul plan.

Une ligne droite, une ligne courbe seront de même déterminées par les projections des points qui composent ces lignes. Un plan sera déterminé par ses intersections avec les deux plans de projection; un corps engendré par une ligne droite (cylindres, cônes, etc.), corps qui, s'exécutant à l'aide de la règle, sont seuls usités dans les constructions, par leur intersection avec les plans de projection et la projection des droites génératrices.

Il est difficile de montrer en quelques mots comment se résout, dans chaque cas, le problème, théoriquement assez simple, qui forme l'objet des méthodes de la géométrie descriptive; à savoir : passer d'une ligne dans l'espace, déterminée par des relations avec des lignes connues, à ses projections, ou inversement, à l'aide des projections connues, construire cette ligne.

Sans entrer dans aucun détail, on comprend facilement que le problème se réduit toujours à déterminer pour chaque point le rectangle formé par le plan passant par les deux perpendiculaires qui déterminent les projections de ce point et qui coupe les plans de projection. Ayant obtenu les projections, en rabattant ce rectangle sur un des plans de projection (et on a tous les éléments nécessaires pour le construire), on pourra obtenir tout point appartenant à un système dont les projections sont connues.

En réunissant ainsi les méthodes simples qui conviennent pour chaque nature de problème, on peut résoudre tous les problèmes d'intersection, de tangence, etc., des divers corps, comme si on opérât sur les mêmes corps eux-mêmes, trouver la solution rigoureusement exacte de tout problème qui peut être proposé sur tous les corps dans l'espace. Toutes les opérations d'assemblage, de construction, pourront donc partir de ces dessins dits *épure*s, au moyen desquels on déterminera la forme exacte des parties qui doivent s'assembler, dont les formes seront complètement déterminées par le tracé.

Arts de construction.

Une des plus importantes applications de la géométrie descriptive est celle que l'on en fait aux arts de construction et notamment à la coupe des pierres et à la charpente, pour déterminer les formes les plus convenables à la solidité de toutes les parties qui entrent dans une voûte, un pont, ou dans un système de charpente.

Coupe des pierres. — La voûte qu'il s'agit de diviser en voussoirs étant représentée par les projections de ses lignes génératrices, il faudra mener par les points de division les plus convenables les plans suivant lesquels le contact doit avoir lieu. Les projections des intersections de ces plans avec la surface intérieure et extérieure de la voûte étant construites, il suffira de faire tourner ces plans jusqu'à ce qu'ils se con-

fondent avec un plan de projection, pour en déduire le tracé exact des *panneaux* qui servent à tailler les voussoirs.

Charpente. — Le travail des épures nécessaires pour le travail des bois et l'assemblage des charpentes est de même nature que celui relatif à la coupe des pierres. De la projection faite en plan horizontal et vertical résulte presque toujours directement l'écartement de grande partie des pièces principales; les plans de projection étant parallèles aux plans verticaux et horizontaux qui renferment en général ces pièces dans une charpente. Les assemblages obliques déterminés en projection sont tracés à l'aide de *panneaux déterminés au moyen de la méthode de rabattement* dont nous venons de parler.

Arts du dessin.

Nous venons de parler des épures, du dessin linéaire qui suffit pour les arts de construction. Il en est encore de même quand les objets sont disposés parallèlement, et que le dessin doit servir à l'exécution, que par suite on doit éviter d'en altérer les formes et proportions, comme pour les machines, l'architecture, les fortifications, etc. On les trace alors en général le plus souvent sur un plan parallèle à la disposition générale des objets, et on construit une projection qui se trouve être en même temps un dessin représentatif.

Traisons maintenant des méthodes scientifiques qui s'appliquent surtout au dessin artistique :

Perspective. — La *perspective* a pour but la représentation sur un plan des objets tels qu'ils nous apparaissent dans la réalité. Le problème à résoudre consiste à tracer sur ce plan ses points de rencontre avec tous les rayons qui, partant de l'œil, vont joindre tous les points des objets, c'est-à-dire tous les rayons lumineux qui, partant des contours des objets, se dirigent en ligne droite vers l'œil.

On voit que la détermination de la perspective est entièrement d'ordre géométrique, et que les méthodes de la géométrie descriptive suffisent parfaitement pour l'obtenir.

Le plan du tracé étant le plan vertical de projection, et les projections de l'objet et du point de vue étant données, le problème se réduit à déterminer le point de rencontre de chaque ligne menée par le point de vue et un point de l'objet, problème de géométrie descriptive fort simple.

On voit facilement que :

Toute ligne droite reste droite en perspective;

Toute droite parallèle au plan du tableau reste parallèle à elle-même en perspective;

Les droites parallèles entre elles, mais qui ne sont pas parallèles au plan du tableau, concourent en perspective; et, pour obtenir leur point de fuite ou de concours, il faut par l'œil

du spectateur mener une droite parallèle aux premières et la prolonger jusqu'à la rencontre du plan du tableau.

Ombres.— On appelle *ombre* la portion de l'espace pour laquelle tous les rayons lumineux émanant d'un corps de forme quelconque sont interceptés par la présence d'un autre corps opaque, et *pénombre* la portion où parvient une partie seulement des rayons éclairants.

Le problème général des ombres consiste dans la détermination des lignes qui limitent l'ombre et la pénombre projetées sur une surface quelconque pour des formes connues du corps lumineux et du corps opaque.

Si l'on imagine un plan dont la position varie, mais de telle sorte qu'il reste toujours à la fois tangent aux deux corps, les intersections du plan dans ses positions successives détermineront une surface développable tangente à ces deux corps. Cette surface aura généralement plusieurs nappes dont la plus extérieure déterminera les limites extrêmes de la pénombre, et la plus intérieure les limites de l'ombre proprement dite. Les intersections de ces nappes, avec une surface quelconque, donneront les contours de l'ombre et de la pénombre portées sur cette surface.

Toutes ces constructions s'effectueront dans chaque cas particulier d'après les principes de la géométrie descriptive, puisque le problème se réduit à mener des plans tangents à des surfaces (le plus souvent seulement un cône tangent, quand l'objet lumineux se réduit à un point). La perspective des lignes d'ombre dont on aura ainsi obtenu les projections se trouvera d'après les méthodes dont nous venons de parler précédemment.

Du dessin en général.— Le dessin artistique étant surtout fondé sur la perspective et les ombres trouve donc dans la géométrie descriptive la règle des déterminations que l'expérience permet ensuite de tracer, à main levée, avec une exactitude suffisante.

C'est encore l'étude de la géométrie descriptive qui permet à l'artiste d'apprécier les lignes essentielles d'un corps, celles qui accusent sa forme plus complètement que toute autre, les génératrices des surfaces de révolution, les lignes de plus grande courbure, dont l'emploi judicieux fait le charme des travaux des grands graveurs; travaux qui paraissent engendrés à peu de frais, et qui cependant sont le résultat d'une science profonde.

Dans la gravure, dit Monge, les teintes des différentes parties de la surface des objets représentés sont exprimées par des hachures que l'on fait d'autant plus fortes ou d'autant plus rapprochées, que la teinte doit être plus obscure. Lorsque la distance à laquelle la gravure doit être vue est assez grande pour que les traits individuels de la gravure ne soient pas aperçus,

le genre de la hachure est à peu près indifférent; et; quel que soit le contour de ces traits, l'artiste peut toujours les forcer et les multiplier, de manière à produire la teinte qu'il désire et à produire l'effet demandé. Mais, et c'est le cas le plus ordinaire, quand la gravure est destinée à être vue d'assez près pour que les contours des traits de la hachure soient aperçus, la forme des contours n'est plus indifférente. Pour chaque objet et pour chaque partie de la surface d'un objet, il y a des contours de hachure plus propres que tous les autres à donner une idée de la courbure de la surface; ces contours particuliers sont toujours au nombre de deux, et quelquefois les graveurs les emploient tous deux à la fois, lorsque, pour forcer plus facilement leurs teintes, ils croisent les hachures.

Ces contours, dont les artistes n'ont encore qu'un sentiment confus, sont les *projections des lignes de courbure* de la surface qu'ils veulent exprimer.

Comme les surfaces de la plupart des objets ne sont pas susceptibles de définition rigoureuse, leurs lignes de courbure ne sont pas de nature à être déterminées, ni par le calcul, ni par les constructions graphiques. Mais si, dans leur jeune âge, les artistes avaient été exercés à rechercher les lignes de courbure d'un grand nombre de surfaces différentes et susceptibles de définitions exactes, ils seraient plus sensibles à la forme de ces lignes et à leur position, même pour les objets moins déterminés; ils les saisiraient avec plus de précision, et leurs ouvrages auraient plus d'expression.

Représentation des surfaces du sol.

Représentations de petite étendue.— Pour représenter un terrain, c'est-à-dire une surface ondulée suivant des lois souvent très complexes, on suppose celui-ci coupé par des plans horizontaux équidistants, et on projette ces courbes à l'échelle du lever sur un plan horizontal, par suite sans les défigurer. Ces courbes sont cotées suivant la hauteur du plan coupant, et serviront par suite à tracer sur le terrain, avec une extrême facilité, les routes, canaux, etc., assujettis à des conditions déterminées de pentes. Tous les éléments nécessaires sont fournis par le lever dont les méthodes sont des applications si directes de la géométrie, que nous ne pensons pas utile d'en parler ici en détail. (Voyez LEVER DE PLANS.)

Si l'on désire une figure du terrain plus représentative, on trace entre chaque courbe les lignes de plus grande pente, qui sont perpendiculaires aux deux courbes. Ces lignes étant tracées d'autant plus fortes qu'elles sont moins longues, les pentes les plus rapides seront plus noires, et l'œil saisira avec grande facilité les mouvements du terrain.

Le terrain ainsi figuré permet en fortification l'opération du défilement, opération qui consiste essentiellement à mener d'un point donné un plan tangent au terrain, afin de pouvoir élever un rempart dont la crête atteigne ce plan, et soit par suite assez élevée pour que du point culminant du sol on ne puisse voir l'intérieur d'un ouvrage de fortification.

C'est l'étude de cette question, la tradition des travaux faits dans le corps du génie, et surtout à l'école de Mézières, qui a permis à Monge d'extraire tout ce qu'il y avait de général dans les méthodes employées, et d'en faire le corps de doctrine dit de *Géométrie descriptive*, si important depuis lui, et devenu une des bases fondamentales de l'enseignement industriel.

Représentations d'une grande étendue. — Cartes de géographie. — La position d'un point sur le globe se détermine à l'aide de deux coordonnées, les longitudes et les latitudes, c'est-à-dire par l'arc du méridien compris entre ce point et l'équateur (la latitude); et l'angle de ce méridien avec un autre méridien servant de point de départ, celui de Paris, par exemple (la longitude).

Sur toutes les cartes ces deux systèmes de coordonnées sont tracés, mais d'une certaine manière, en raison de la nature de la carte. De la même manière devront être représentées les parties du globe entrant dans ces carreaux, en partant toutefois du système précédemment décrit pour les détails.

C'est par la méthode des projections que l'on obtient le mode de représentation dont il s'agit.

La projection *stéréographique* est l'une des plus simples, ce n'est autre chose que la perspective du globe terrestre, le point de vue étant ordinairement pris sur la surface même de ce globe, et le tableau un plan passant par ce point.

Ce mode de représentation n'est guère employé que pour représenter des hémisphères entiers. Quand il s'agit de régions d'une étendue moins considérable, il est plus commode d'avoir recours aux projections par développement, en regardant la surface d'une partie du globe terrestre comme rapportée à une surface conique ou cylindrique que l'on développe ensuite.

La projection de Mercator est un développement cylindrique usité pour les cartes marines. Les méridiens, comme les parallèles, y sont représentés par des lignes droites; mais les longueurs des degrés de latitude y vont en croissant, suivant une certaine loi, de l'équateur au pôle.

ARTS D'IMITATION.

Passons maintenant au cas plus général où il s'agit, non plus comme dans les arts du dessin,

de produire l'image d'un objet, mais de donner naissance à l'objet même. Cette question paraît surtout une question de mécanique; en effet, une section importante des applications de celle-ci correspond aux moyens de donner à un corps une forme voulue; mais ces moyens mécaniques ne sont pas les seuls; il est d'autres procédés physiques et chimiques, le moulage, par exemple, qui sont destinés au même but, et qui, assez simples par eux-mêmes, sont utilement réunis au point de vue géométrique, au point de vue des formes à obtenir, car ils constituent alors l'industrie qui dérive des beaux-arts, la classe des arts d'imitation. La question de la forme, de la pureté et de la proportion des lignes de l'objet à créer en rend le caractère d'arts géométriques prédominant et doit lui faire subordonner les moyens qui sont utilisés pour les produire.

L'industrie qui modifie la forme et la couleur des corps produit des résultats analogues à ceux qui sont dus aux beaux-arts, avec cette différence toutefois que ceux-ci ont pour but le beau, tandis que l'industrie se propose l'utile comme but principal. Les procédés des beaux-arts constituent des moyens industriels trop simples pour devoir être, la plupart du temps, longuement décrits; ils deviennent dignes d'une étude spéciale quand le procédé technique se complique et que la production perd de son caractère purement artistique. Ainsi le procédé industriel qu'emploie le sculpteur pour produire une statue avec un ciseau et un marteau est d'une extrême simplicité; mais si cette statue est produite par un outil dont la position varie de manière à engendrer successivement tous les points de la surface, le procédé qui permet d'atteindre ce résultat exige toutes les ressources de la mécanique.

On voit de plus que ce mouvement ne peut être produit convenablement qu'autant qu'il est déterminé par un système qui a une relation intime avec la surface à produire. Un genre de relations semblables existe nécessairement pour toute création analogue à celles des beaux-arts engendrés par procédés industriels, c'est-à-dire dont la production peut être répétée à l'infini, indépendamment du talent de l'opérateur; c'est pour ce motif qu'ils constituent la division des arts d'imitation.

Il en sera de même, en général, de tout ce qui contribue à la décoration, à l'ornement de tout produit industriel. Le produit spontané du talent de l'artiste sera de l'art, la reproduction indéfinie de cet objet sera du domaine de l'industrie.

Comme procédés rentrant dans cette division, nous citerons ceux : de la gravure en tout genre, — de la sculpture, — du moulage, — de l'impression en général.

RÉSUMÉ.

Nous pouvons résumer le travail qui précède aux deux points de vue auxquels nous nous sommes placés, ce qui en montrera bien les relations intimes.

Étude de la nature et des lois au point de vue de la connaissance.

- I. MATHÉMATIQUE PURE. — Étude des lois et des relations en elles-mêmes.
- II. GÉOMÉTRIE. — Étude de l'étendue figurée.
- III. MÉCANIQUE RATIONNELLE. — Étude des lois du mouvement.
- IV. PHYSIQUE. — Étude des propriétés générales des corps de la nature.
- V. CHIMIE. — Étude des modifications de la nature intime des corps.
- VI. BIOLOGIE. — Étude de la vie des êtres organisés.

Application au travail industriel des connaissances recueillies par les sciences précédentes.

- I. PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — Règles pour le chauffage, l'éclairage, l'emploi de l'électricité, etc.
- II. CHIMIE INDUSTRIELLE. — Lois des actions réciproques des corps. — Leur extraction. — Métallurgie. — Produits chimiques, etc.
- III. BIOLOGIE INDUSTRIELLE. — Agriculture. — Culture des plantes. — Élevage des animaux.
- IV. MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — Cinématique (mouvement au point de vue géométrique). — Mécanique appliquée aux machines (établissement des récepteurs). — Mécanique physique (résistances qui consomment le travail moteur).
- V. GÉOMÉTRIE INDUSTRIELLE. — Géométrie descriptive. — Arts du dessin. — Arts d'imitation.

Si le lecteur veut bien réfléchir un instant à ce qui précède, à moins que nous n'ayons pas su nous faire comprendre, il admettra avec nous :

1^o Que notre classification des sciences pures comprend dans son cadre toutes les connaissances positives qui peuvent être acquises sur les lois des phénomènes que peuvent présenter tous les corps de la nature, tous les travaux, à l'aide desquels il peut prévoir le résultat d'une action quelconque ;

2^o Que notre classification de l'emploi de ces connaissances comprend toutes les méthodes à l'aide desquelles l'homme peut agir, le travail industriel s'effectuer. Toutes les pratiques industrielles doivent donc pouvoir se rattacher directement à l'une de ces divisions, et y trouver leurs règles.

S'il en est ainsi, nous avons terminé l'œuvre que nous nous étions proposée, et la table suivante des matières renfermées dans le *Dictionnaire des Arts et Manufactures*, disposée d'après l'ordre ci-dessus indiqué, fait de cet ouvrage un grand traité de technologie, tout en lui laissant les avantages pour la facilité de recherches, la variété pour la lecture, que lui procure l'ordre alphabétique.

DICTIONNAIRE

DES

ARTS ET MANUFACTURES.

A

ABATTOIR. Établissement dans lequel on force les bouchers à venir tuer et préparer les animaux destinés à la vente. Avant la création des abattoirs à Paris, chaque boucher avait sa tuerie particulière, ce qui était une cause permanente d'accidents, par suite du fréquent passage des animaux, et d'infection pour les alentours, par la rapide putréfaction des débris. Créé surtout dans des vues de police municipale, ce genre d'établissements, qui s'est répandu dans la plupart des grandes villes de France, a encore présenté de très grands avantages au point de vue industriel, surtout en permettant de tirer un parti très avantageux de résidus autrefois perdus. Ainsi le sang qu'on laissait autrefois couler dans les ruisseaux est aujourd'hui recueilli avec soin pour la clarification des sucres, dans les raffineries. Les fondoirs de suifs ont pu être munis des appareils les plus économiques. Aussi, tandis que l'administration pouvait s'applaudir d'avoir débarrassé la ville de Paris de foyers d'infection, et de les avoir remplacés par de grands et vastes ateliers bien aérés, où une distribution abondante d'eau entretient une grande propreté; de pouvoir surveiller, dans l'intérêt de l'hygiène publique, la qualité des viandes livrées au commerce, et faire rejeter celles provenant d'animaux malades; l'industrie s'est félicitée de cette grande association réalisée sous l'influence du gouvernement. Elle y a trouvé tous les avantages résultant de la mise en valeur des résidus, et en même temps tous ceux provenant d'une bonne division du travail. Au lieu d'être forcé de faire par lui-même toute la préparation de ses viandes, chaque boucher a pu, pour un droit modique, faire exécuter telle partie de son travail à son choix, par des hommes expérimentés, ne faisant habituellement qu'une même opération.

Les abattoirs de Paris offrent d'excellents modèles aux ingénieurs qui peuvent être chargés de la création d'établissements de ce genre. On y a disposé avec soin les diverses parties dont se compose l'abattoir, étables, échaudoirs, fonderies, etc., dans l'ordre le plus convenable au travail. Ce qu'on peut faire de mieux est d'en imiter les dispositions, en y faisant quelques légères améliorations dont l'expérience a démontré la nécessité.

M. Bruyère, ingénieur des ponts et chaussées, auquel revient pour la majeure partie l'honneur de ces constructions, en a publié des plans très détaillés dans ses *Études relatives à l'art des constructions*, Paris, 1823, ouvrage à consulter par les personnes chargées de constructions d'un intérêt général, comme halles, marchés, etc., etc.

ABATTOIR DE CHEVAUX. Si les établissements dont nous venons de parler présentent de grands avantages pour l'abattage des animaux destinés à l'alimentation des villes, ils sont peut-être encore plus nécessaires

quand il s'agit des chevaux morts ou impropres au service, dont les dépouilles ont bien moins de valeur. Aussi on doit considérer comme une innovation très importante la construction d'un abattoir de chevaux établi depuis très peu d'années près de Paris.

L'écarissage des chevaux s'est fait pendant plusieurs siècles dans l'intérieur de la capitale; plus tard les émanations putrides, bien autrement incommodes que celles des boucheries, que développaient ces établissements, les firent rejeter hors de la ville. Jusqu'à ces dernières années, l'écarissage ne tirait que très peu de chose des chevaux abattus; la peau destinée au tannage, la graisse, les crins, quelques boyaux, et une partie de la chair servant à la nourriture des chiens et même secrètement à celle des habitués de quelques gargotes des barrières, étaient les seules parties utilisées; tous les autres débris des animaux morts, entassés pêle-mêle, soumis à une putréfaction incessante, devenaient des foyers d'infection pour les environs et même pour les quartiers les plus riches de la capitale. On peut se faire une idée de tous les abus et de tous les inconvénients qui résultaient d'un semblable état de choses, lorsqu'on saura qu'année commune, Paris et les environs envoient à l'abattoir 12 à 13,000 chevaux.

Au point de vue de la police municipale et de la salubrité publique, l'établissement d'un abattoir de chevaux a donc réalisé une amélioration d'une haute importance; mais au point de vue industriel les avantages obtenus sont bien autrement considérables; la réunion des écarissages a permis de tirer un grand parti de tous les débris des chevaux, et une fabrique s'est élevée à côté de l'abattoir pour transformer ces détritons en produits d'une assez grande valeur. Le sang recueilli avec soin dans des rigoles cimentées est transformé en un engrais énergique; la chair musculaire, desséchée et réduite en poudre, trouve son application dans les fabriques de produits chimiques; sous cette forme elle constitue également un puissant engrais facile à transporter au loin; une porcherie adjointe à l'établissement trouve une nourriture abondante dans la chair cuite. Les os que l'on brûlait autrefois sont recherchés aujourd'hui par les fabricants de colle-forte et de noir animal; la peau, la graisse, les crins, etc., etc., recueillis et préparés avec plus de soin, ont augmenté de valeur; enfin les intestins et quelques autres débris peuvent être transformés en peu de temps et sans inconvénient pour le voisinage en un engrais excellent. En résumé, l'écarissage, qui était autrefois un sujet continuel de réclamations et d'inconvénients, est devenu une source de richesse pour l'industrie et surtout pour l'agriculture.

Nous ne parlerons pas ici des opérations qui se succèdent dans l'abattage des chevaux. ces détails trouveront

ABATTOIR.

leur place à l'article ÉCARRISSAGE ; nous insisterons plus particulièrement sur la distribution de l'abattoir construit près de Paris, dans la plaine des Vertus ; ces renseignements peu connus, sont par cela même intéressants.

Cet abattoir se compose : 4° d'un grand bâtiment central de 10 mètres de largeur, et divisé dans sa longueur en 8 compartiments destinés aux différents écarisseurs ; c'est dans ce bâtiment principal que s'exécutent les opérations de l'écarissage ; entre autres appareils, chaque compartiment renferme une cuve chauffée à la vapeur qui sert à faire bouillir plusieurs chevaux à la fois. Au-dessus de l'atelier du rez-de-chaussée, à 4 mètres du sol, se trouve un plancher à claire-voie, qui facilite le travail dans les cuves, et qui peut servir d'étable. Le toit qui recouvre le bâtiment est muni de tabatières destinées à activer le renouvellement de l'air dans toutes ses parties ; du reste le sol de l'atelier est dallé en pierres dures à joints mastiqués, et suffisamment incliné pour rendre les lavages faciles ;

2° De deux hangars, ouverts à tous les vents et placés parallèlement de chaque côté du bâtiment central, à 3 mètres de distance de ce dernier. C'est sous le toit de ces hangars que l'on abat et que l'on saigne les chevaux ; un dallage en pierres cimentées, et des rigoles profondes creusées dans la pierre de taille permettent de recueillir tout le sang. Ces rigoles aboutissent à des cuvettes hydrauliques qui déversent dans un égout d'écoulement le sang non recueilli et les eaux de lavage ;

3° De hangars couverts, qui règnent le long des murs de clôture, parallèlement au bâtiment central, et qui servent de remises, soit pour les voitures, soit pour les marchandises ;

4° De 2 fondoirs, munis des chaudières, des presses, et en général de tous les appareils nécessaires à la fonte des suifs ;

5° D'emplacements dallés et disposés convenablement pour recevoir momentanément les détritres qui doivent être enlevés chaque jour ;

6° D'une machine à vapeur, pompes, grand réservoir, etc., destinés à fournir l'eau nécessaire à l'établissement ; des tubes nombreux partent de ce réservoir et conduisent l'eau dans toutes les parties de l'abattoir ;

7° De générateurs destinés à fournir la vapeur à la machine et aux cuves que renferme le bâtiment principal ;

8° De deux bâtiments placés de chaque côté de l'entrée de l'abattoir ; l'un sert d'habitation à l'inspecteur et renferme les bureaux de l'administration ; dans l'autre demeure le concierge de l'établissement.

Les murs d'enceinte de l'abattoir sont environnés d'une plantation d'arbres, destinés à rejeter, autant que possible, dans les parties supérieures de l'atmosphère, les principes fétides dont les vents se seraient chargés ; ce rideau n'existe pas sur la face qui reçoit l'action des vents les plus constants.

Un bâtiment entièrement distinct, mais adossé à l'abattoir, est destiné à transformer les débris des chevaux en produits faciles à transporter, tels que la chair desséchée et le sang coagulé. Une porcherie attenante renferme un très grand nombre de porcs que l'on engraisse avec la chair bouillie des chevaux. (Pour complément de cet article, voyez le mot ÉCARRISSAGE.)

ABEILLE. Une ruche d'abeilles constitue, comme chacun sait, un immense atelier, dans lequel une multitude d'ouvrières industrieuses produisent la cire et le miel que l'homme n'a plus qu'à récolter.

Il n'entre pas dans le cadre que nous nous sommes tracé de nous étendre ici longuement sur la physiologie de ces insectes et les mœurs de cette république ; cette étude est plus spécialement du ressort de l'histoire naturelle et de l'agriculture, et nous ne pouvons que

ABEILLE.

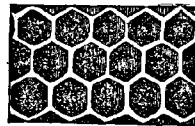
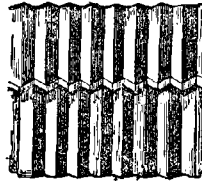
dire ici quelques mots de la création des deux produits utiles que l'abeille fournit à l'industrie, la cire et le miel.



abeilles ; elle se forme en rubans autour des anneaux de leur ventre.

Réaumur admettait que l'abeille ne faisait que récolter la cire brute, et la purifier par l'élaboration de ses organes digestifs. Conduits aussi à penser que l'origine des graisses animales devait se trouver dans le règne végétal, et qu'elles étaient fournies par les parties grasses des végétaux, MM. Dumas et Milne-Edwards se sont livrés dernièrement à une série d'expériences qui ont démontré que cette théorie ne devait pas être prise d'une manière trop absolue. Des abeilles nourries avec du sucre ont constamment produit de la cire. La production de cette substance, très voisine au point de vue chimique des substances grasses, a prouvé que les organes des animaux pouvaient produire les corps gras, et ne se bornaient pas à les accumuler.

L'insecte réunit et travaille la cire avec ses pattes. Il en construit les gâteaux qui lui servent à emmagasiner le miel pour la saison d'hiver, et à fournir un asile aux œufs pondus par la reine, qui y accomplissent toutes leurs métamorphoses avant d'en sortir abeilles.



sont espacés de 3 à 4 centimètres, distance suffisante pour qu'il reste un passage entre ces gâteaux. Ils sont formés d'alvéoles hexagonales disposées horizontalement et opposées par la base.

Il faut remarquer que la quantité de miel produite par les abeilles est bien supérieure à celle qui est strictement nécessaire à leur entretien pendant la mauvaise saison. Une partie de leur récolte en miel doit cependant leur être conservée. Quant à la cire, il est inutile d'en laisser, et le travail des ouvrières a bientôt regarni la ruche. La cire a du reste plus de valeur que le miel.

La cire brute est jaune sale ; elle sert en cet état au frottage des appartements, à fabriquer l'encaustique. On la blanchit pour en faire des bougies, des figures, etc., en l'exposant à l'air après l'avoir mise sous forme de longs rubans. Voir BOUGIES.

ACÉTATES (*angl.* acetates, *all.* essigsäure salze).

On désigne sous ce nom tout sel formé par l'acide acétique. Les acétates sont généralement solubles; ceux qui le sont très peu (acétates d'argent et de mercure) n'ont aucun emploi dans l'industrie. Ces sels, traités par l'acide sulfurique, donnent lieu à un dégagement d'acide acétique qui les fait aisément reconnaître. La chaleur décompose tous les acétates; mais les produits de cette décomposition sont très variables, suivant la stabilité du sel. Les acétates les plus stables, tels que ceux de potasse et de chaux, donnent à la distillation un liquide extrêmement volatil, ayant une odeur éthérée qui porte le nom d'*esprit pyro-acétique* ou d'*acétone* (voir ce dernier mot). Les acétates peu stables, celui de cuivre par exemple, donnent lieu à un dégagement d'acide acétique très concentré; enfin les acétates moyennement stables, comme ceux de plomb et d'argent produisent un mélange d'acide acétique et d'acétone. Les acétates employés dans les arts sont les suivants:

ACÉTATE D'ALUMINE (*angl.* acetate of alumina, *all.* essigsaurer Alaunerde). Ce sel est le mordant le plus habituellement employé pour fixer les couleurs sur les tissus. Sa solubilité permet de l'appliquer à l'état de dissolution très fortement chargée. Étant déliquescents, il reste, en se desséchant, sous forme de pâte, et il ne peut offrir l'inconvénient de détruire, en cristallisant, les dessins des étoffes. Enfin, la facilité avec laquelle il perd son acide le rend propre à céder au tissu dont il est imprégné, de l'alumine ou un sous-sel d'alumine capable de fixer les matières colorantes.

L'acétate d'alumine se prépare dans les ateliers en décomposant, à froid, l'alun par l'acétate de plomb; il se précipite du sulfate de plomb, tandis qu'il reste dans la liqueur filtrée ou décantée de l'acétate d'alumine et de l'acétate ou du sulfate de potasse, suivant que l'on a employé plus ou moins d'acétate de plomb. L'acétate d'alumine que l'on obtient ainsi n'est donc pas pur, mais le sel avec lequel il est mêlé ne produit aucun effet nuisible sur les couleurs qu'il s'agit de fixer. 62 parties en poids d'alun octaédrique ordinaire sont complètement décomposées par 400 parties d'acétate de plomb.

L'acétate d'alumine se prépare aussi depuis quelque temps en traitant l'alumine pure par de l'acide acétique.

ACÉTATE DE CHAUX (*angl.* acetate of lime, *all.* essigsaurer kalk). Voyez acide ACÉTIQUE.

ACÉTATES DE CUIVRE (*angl.* acetate of copper, *all.* essigsaurer kupferoxid, grüspan). On en distingue jusqu'à cinq variétés, dont deux seulement, l'acétate neutre ou *verdêt*, et le sous-acétate dit *vert-de-gris*, sont livrés au commerce. La fabrication de ces produits est surtout concentrée aux environs de Montpeller.

On prépare le *vert-de-gris* au moyen du marc de raisin; pour cela, on place le marc dans des tonneaux défoncés, ou dans de grands vases en terre, en le divisant le plus possible; on couvre les vases et on abandonne le tout à lui-même, pour que la fermentation acide s'y développe. La masse s'échauffe, une odeur de vinaigre se fait sentir, et si on laissait l'action se continuer d'elle-même, la température s'élèverait au point de perdre une grande partie de l'acide: au bout de trois à quatre jours, dans les circonstances les plus ordinaires, on procède à la suite de l'opération; mais si la formation de l'acide acétique n'a pas lieu assez promptement, on chauffe artificiellement le local où se trouvent les vases, au moyen de réchauds; on prend soin de les couvrir avec des couvertures, pour prévenir la déperdition de la chaleur développée par l'acte de la fermentation, et de temps à autre on remue la masse pour que l'air y pénètre mieux. Quelquefois, au contraire, l'acétification fait des progrès si rapides, qu'une grande quantité d'acide se répand au dehors. Dans une bonne opération, la température du marc se maintient entre 35 et 40°

centigrades. Les feuilles de cuivre que l'on emploie proviennent ordinairement du doublage des vaisseaux; on commence par les diviser en plaquettes de 8 centimètres de large sur 42 à 46 centimètres de long, et pesant 250 grammes environ chaque. Ces plaquettes ne seraient que difficilement attaquées, si on n'avait eu préalablement soin de les frotter avec un linge imprégné d'une dissolution de vert-de-gris, et de les faire sécher ensuite à l'air en les plaçant du champ; il suffit encore de les laisser quelque temps sur du marc, la surface s'oxyde, et la formation du vert-de-gris peut marcher avec facilité.

Pour savoir si le marc est à l'état convenable, on y laisse pendant vingt-quatre heures une laine de cuivre; au bout de ce temps, elle doit être recouverte d'une couche mince de vert-de-gris. Si, au contraire, il s'y dépose des gouttelettes de liquide, la température est trop élevée. Cela fait, on forme dans des vases de terre nommés *oules* des couches alternatives de marc et de feuilles de cuivre, qui ont été élevées à une température telle qu'on ne puisse les toucher avec la main, en les tenant sur une grille placée dans un tonneau défoncé par les deux bouts, et au-dessous de laquelle on fait du feu. On reconnaît la fin de l'opération à ce que le marc blanchit; on enlève alors les plaques de cuivre qui sont recouvertes de petits cristaux soyeux, on les pose de champ sur des bâtons, et à diverses reprises on les plonge dans l'eau et on les remet dans la même position. Après trois ou quatre immersions, qui ont lieu tous les cinq ou six jours, on gratte la surface avec un couteau pour détacher la couche de vert-de-gris, que l'on comprime dans des sacs de peau, de manière à lui donner la forme de pains cubiques, sous laquelle on le rencontre dans le commerce.

On place dans chaque vase 45 à 20 kilogrammes de cuivre, et on obtient environ 3 kilogrammes de vert-de-gris.

Dans cette opération, l'acide acétique, produit par la fermentation de l'alcool contenu dans le marc de raisin, détermine l'oxydation du cuivre, qui devient alors susceptible de se combiner avec l'acide; mais il ne peut se former qu'un sous-sel, parce que l'acide est en faible quantité, relativement à celle du métal.

L'acétate neutre ou *verdêt* est très vénérable, soluble dans cinq fois son poids d'eau bouillante; il s'obtient en faisant chauffer ensemble une partie en poids de vert-de-gris récemment préparé et deux parties de bon vinaigre distillé. On agite de temps en temps avec une spatule de bois, et quand la couleur du liquide n'augmente plus d'intensité, on le laisse déposer, puis on le décante. On verse de nouveau vinaigre sur le dépôt, et s'il se colore moins que le premier, on y ajoute un peu de vert-de-gris. Les résidus épuisés ne consistent qu'en cuivre peu oxydé. On les distribue en couches de 5 centimètres d'épaisseur, au plus, sur des planches étagées autour de l'atelier. On les humecte de temps en temps avec du vinaigre, et on renouvelle les surfaces. Celles-ci se recouvrent d'efflorescences que l'on traite comme le premier vert-de-gris. Quant à la dissolution, on la fait évaporer jusqu'à pellicule, et on la fait cristalliser dans des vases où l'on place des tiges de bois fendues en quatre à l'un des bouts, autour desquelles les cristaux viennent se grouper en grosses grappes.

En distillant au bain de sable l'acétate neutre de cuivre, il reste dans la cornue un résidu de cuivre métallique mêlé d'un peu de charbon, et on obtient dans le récipient un liquide formé d'un mélange d'acide acétique, d'eau, d'acétone, et d'acétate de deutroxyde de cuivre, troublé par quelque peu de cuivre très divisé. Ce produit liquide, rectifié par une nouvelle distillation, donne un acide composé d'acide acétique, d'un peu d'acétone et d'eau, qui est livré au commerce sous le nom de *vinaigre radical*.

ACÉTATES.

ACÉTATE DE FER (*angl.* acetate of iron, *all.* essigsäures eisenoxid). Ce sel se prépare aisément en traitant des rognures de fer ou de tôle par l'acide acétique étendu. Il est très soluble dans l'eau, de laquelle une douce évaporation le sépare en une gelée d'un rouge brun très foncé, déliquescence. On le prépare en grand dans les fabriques d'acide pyrolygneux, pour les besoins de la teinture; on emploie pour cet objet l'acide distillé. On avait d'abord essayé de se servir de l'acide qui n'avait subi aucune purification; mais on obtenait alors un sel tellement impur qu'il ne contenait jamais moins de 2 p. 100 de goudron, lequel nuisait à la couleur que l'on fixait sur le tissu, et offrait plusieurs graves inconvénients. Comme le goudron qui s'attachait à la ferraille sur laquelle on versait l'acide pyrolygneux, ne tardait pas à la recouvrir d'une couche épaisse qui la soustrayait à l'action dissolvante de l'acide, il fallait pour l'en débarrasser, la disposer de temps en temps en tas, et y mettre le feu; le goudron brûlait, et la chaleur produite par la combustion produisait l'oxydation du fer.

On préfère aujourd'hui prendre l'acide distillé marquant 3° à l'aréomètre de Baumé, ce qui correspond à une richesse de 6 1/2 d'acide acétique anhydre pour 100 de liquide. On le verse sur de la tournure ou des copeaux de fer, disposés dans un tonneau à deux fonds, muni d'un robinet placé à la partie inférieure. Après quelque temps de contact, il se dégage des bulles d'hydrogène en assez grande quantité: ce qui s'écoule par le robinet est reversé de temps à autre dans le tonneau; et au bout de trois ou quatre jours la dissolution est ordinairement achevée; elle marque 40° à l'aréomètre; on la concentre jusqu'à ce qu'elle arrive à 44 ou 45°. Arrivée à ce point, elle est livrée au commerce, et elle y est connue sous le nom de *bouillon noir*. Avec 40 parties de ferraille, on obtient 400 parties de bouillon noir.

ACÉTATE DE PLOMB (sel de Saturne; *angl.* acetate of lead, *sugar of lead*; *all.* essigsäures bleioxid, bleizucker). On prépare ce sel en dissolvant à chaud de la litharge dans de fort vinaigre de malt, de bois ou de vin, jusqu'à ce que l'acide soit complètement saturé. Pour faire cette opération sur une grande échelle, l'appareil le plus convenable que l'on puisse employer est une chaudière de cuivre doublée en plomb à l'intérieur. 325 parties d'oxyde de plomb bien pulvérisé, neutralisent 375 parties d'acide acétique marquant 7° à l'aréomètre de Baumé et donnent 960 parties d'acétate de plomb cristallisé. On verse peu à peu l'oxyde dans le vinaigre, et l'on agite constamment le mélange, afin d'empêcher les parties solides de s'attacher au fond, la dissolution se fait immédiatement avec une grande chaleur. On entretient l'élévation de température en faisant un peu de feu sous la chaudière dans laquelle on opère. On ajoute de l'eau provenant des lavages des opérations antérieures, et après avoir fait bouillir le tout, on laisse refroidir lentement et reposer. Il faut alors retirer avec un siphon la dissolution limpide, et la concentrer jusqu'à 32° B., en ayant soin d'y maintenir toujours un petit excès d'acide, pour empêcher la formation de sous-sels qui pourraient gêner la cristallisation ultérieure. Lorsque la liqueur concentrée est colorée, on la décolore en la filtrant sur une couche de noir en grains.

Les vases en faïence vernis au feu sont ceux qui conviennent le mieux pour cristalliseurs. On empêche l'acétate de s'attacher à leurs bords en les graissant avec du suif. Les cristaux obtenus doivent être égouttés et séchés dans une étuve, à une douce chaleur. Il est à remarquer que le linge, la paille, le bois, le papier imbibés d'acétate de plomb et séchés, prennent facilement feu et se consomment comme des mèches. Quand les eaux mères ne déposent plus de cristaux, on les

ACÉTATES.

décompose par le carbonate de soude, ou par une petite quantité de chaux, et l'on obtient un carbonate ou un oxyde de plomb que l'on peut traiter avec nouveau vinaigre. L'acétate de soude qui surnage peut fournir de l'acide acétique pur, en le traitant par l'acide sulfurique.

Il est essentiel de se servir d'un acide concentré pour préparer l'acétate de plomb; autrement on perdrait beaucoup de temps à rapprocher les dissolutions. Le sel, extrait d'un liquide moyennement concentré, donne des cristaux à 4 et à 6 pans, qui sont incolores et transparents; obtenu dans une dissolution plus concentrée, il cristallise en petites aiguilles qui jaunissent en se fondant, pour peu que l'acide dont on s'est servi soit impur. L'acétate de plomb est inodore, il a un goût métallique doux et astringent, une pesanteur spécifique de 2,345; il se conserve à l'air à la température ordinaire, mais lorsqu'on le chauffe à 57° 1/2, il éprouve la fusion aqueuse, perd son eau de cristallisation, et forme une poudre qui, à l'air, se transforme peu à peu en carbonate de plomb. Le sel cristallisé est efflorescent, et très soluble dans l'eau et l'alcool; il rougit faiblement le papier de tournesol. Mais sa réaction sur les teintures de curcuma et de violette est alcaline. Il est formé de:

oxyde de plomb.	58,74
acide acétique.	27,08
eau.	14,21
	100,00

On emploie souvent l'acétate de plomb dans l'impression sur calicot. Ce sel est un poison dont l'emploi exige une grande circonspection.

Il y a deux sous-acétates de plomb: le premier, qui est un tri-sous-acétate, a trois atomes de base pour un d'acide; il est connu depuis longtemps sous le nom d'*extrait de Goulard*. On l'obtient en faisant digérer à chaud une dissolution d'acétate neutre avec de la litharge ou du massicot. Il se forme alors des écailles blanches, cristallines, qui ont une saveur moins douce que celle de l'acétate neutre de plomb, ne se dissolvent que dans 30 fois leur poids d'eau, sont insolubles dans l'alcool, et font éprouver une réaction alcaline très marquée au papier de tournesol. L'acide carbonique en précipite le plomb à l'état de carbonate, ainsi que l'a indiqué *Thénard*, en parlant de la fabrication du blanc de plomb. Le sous-acétate est formé de 88,66 d'oxyde et de 13,34 d'acide. On s'en sert pour préparer le sous-chromate orangé de plomb, et il est quelquefois employé en chirurgie.

On peut encore obtenir un autre sous-acétate à 6 atomes de base, en ajoutant un excès d'ammoniaque à la dissolution du sel précédent, et en lavant le précipité avec de l'eau ammoniacale. On obtient alors une poudre blanche, soluble dans l'eau bouillante, et qui, par le refroidissement, se dépose sous la forme de paillettes blanches soyeuses. Ce sel se compose de 92,86 d'oxyde et de 7,14 d'acide.

ACÉTATE DE SOUDE (*angl.* acetate of soda, *all.* essigsäures natron.) Voy. acide ACÉTIQUE.

ACÉTATES (*nouveau procédé de préparation des*). Quelques-uns des acétates que nous venons d'indiquer peuvent se préparer par un procédé qui a pris naissance dans les fabriques d'acide pyrolygneux, et qui est appliqué depuis très peu de temps dans la fabrique de Choisy-le-Roi. La matière première est l'acétate de soude torréfié, que l'on obtient, comme il est dit à l'article acide ACÉTIQUE, par la réaction simultanée de l'acide acétique, du sulfate de soude et de la craie. En traitant une dissolution de cet acétate de soude, par un sulfate soluble, également en dissolution, comme les sulfates de cuivre ou de fer, il y a double décomposition; il se forme un acétate avec la base du sulfate employé, et du sulfate de soude dans les deux cas. On

arrive facilement à séparer l'acétate de cuivre ou de fer, du sulfate de soude, par l'évaporation et par la différence de solubilité de ces sels; les opérations sont en un mot tout à fait les mêmes que lorsqu'il s'agit de séparer deux sels solubles, et cristallisables à des degrés de concentration différents.

L'acétate de fer et l'acétate de cuivre s'obtiennent très bien par ce procédé; mais il est évident que l'acétate de plomb ne se trouve pas dans les mêmes conditions, puisque le sulfate est insoluble.

Le sulfate de soude qui résulte de cette méthode très ingénieuse, de préparer les acétates de fer et de cuivre, sert à décomposer l'acétate de chaux pour obtenir de nouveau de l'acétate de soude. Il n'y a donc de perdu dans cette opération que le déchet inévitable que l'on éprouve toujours en fabrication. Les acétates que l'on obtient sont très purs quoiqu'ils n'aient pas été préparés avec de l'acide acétique rectifié, ce que l'on est obligé de faire dans la préparation directe; on évite donc une distillation toujours assez coûteuse.

ACÉTIFICATION. Voyez acide ACÉTIQUE.

ACÉTIMÈTRE. Appareil pour déterminer la force ou le degré d'acidité du vinaigre. Voyez à la fin de l'article acide ACÉTIQUE.

ACIDE ACÉTIQUE (*angl.* acetic acid, *all.* essigsäure.) C'est le nom du principe acide qui constitue le vinaigre; on le trouve tout formé dans plusieurs produits du règne végétal; et il résulte de la fermentation spontanée de plusieurs sucres végétaux et animaux. Le *sambucus nigra* ou sureau noir, le *phoenix dactylifera* et le *rhus typhinus* sont des plantes dont on peut extraire une grande quantité de vinaigre. On trouve aussi cet acide dans la sueur, l'urine, le lait et l'estomac des animaux. Toute infusion de matière animale ou végétale dans l'eau, exposée à l'air pendant quelque temps à une température modérée, éprouve la fermentation acide. Beaucoup de végétaux, lorsqu'ils sont soumis à la décomposition par le feu, donnent aussi des vapeurs d'acide acétique que l'on peut condenser. Tous les liquides contenant de l'alcool, de l'eau et du gluten sont susceptibles de se transformer en vinaigre; mais la préexistence de l'alcool n'est point nécessaire à ce changement, ainsi que nous le voyons par l'acétification des soupes végétales et celle des infusions de choux, d'amidon, de colle, etc.

On peut distinguer quatre variétés de vinaigres suivant leur mode de préparation, quoiqu'ils puissent tous être convertis par des moyens chimiques en un acide acétique identique. Ce sont : 1° le vinaigre de vin; 2° le vinaigre de grain; 3° le vinaigre de sucre; 4° le vinaigre de bois, autrement dit, acide pyroligneux. C'est par la fermentation que l'acide se forme dans les trois premières variétés. Il se produit d'abord de l'alcool, et celui-ci est ensuite transformé en vinaigre sous l'influence de l'air, à une température convenable; changement dont nous nous occuperons avec plus de détails au mot FERMENTATION. Mais la conversion de l'esprit-de-vin en acide acétique peut se démontrer par une expérience directe. Lorsque la vapeur d'alcool est mise en contact, dans l'air atmosphérique, avec la poudre noire qui résulte de la précipitation du chlorure double de platine et de potassium par l'alcool, il se forme rapidement du vinaigre aux dépens de l'alcool employé. En Allemagne, où l'alcool commun est à bas prix, on a monté des fabriques de vinaigre sur ce principe. Comme ce procédé jette quelques lumières sur les phénomènes qui se passent dans l'acétification, nous allons le décrire en peu de mots.

On met sous une large cloche plusieurs soucoupes en terre cuites ou en bois, qu'on range sur des tablettes superposées les unes aux autres à une distance de quelques pouces. On suspend ensuite au-dessus de chaque soucoupe, préalablement remplie d'esprit-de-vin, une cer-

taine quantité de noir de platine humecté. On a soin de placer ce simple appareil dans un endroit éclairé (exposé au besoin aux rayons du soleil) main enu à une température de 20° à 30° centigrades, et on favorise l'évaporation de l'alcool en suspendant sous la cloche plusieurs feuilles de papier buvard, de manière que leurs bords inférieurs plongent dans le liquide. Quelques minutes après, on voit se produire un phénomène des plus intéressants. L'action mutuelle du noir de platine et de l'alcool se manifeste par une augmentation de température, et donne lieu à la formation de vapeurs acides qui viennent se condenser sur les parois de la cloche d'où elles tombent en ruisselant vers le fond. Cette transformation remarquable continue jusqu'à ce que tout l'oxygène de l'air renfermé sous la cloche soit absorbé. Si l'on veut alors que l'opération ne s'arrête pas, il suffit de renouveler l'air, ce qui est l'affaire d'un instant. Avec une caisse ayant une capacité de 700 litres et 200 à 240 grammes de poudre de platine, on peut, dans le cours d'une journée, convertir un kilogr. d'alcool en acide acétique pur, pouvant servir à toute espèce d'usages, soit culinaires, soit chimiques. Avec 20 ou 30 kilogr. de cette même poudre (qui ne s'use pas) on peut transformer journellement près de 300 kilogr. de mauvais esprit-de-vin en vinaigre de première qualité.

Voici quels sont les nombres qui représentent la conversion de l'alcool en acide acétique :

574,88 part. en poids d'alcool	= H ¹² C ⁶ O ² renfermant
74,88 »	» d'hydrog. = H ¹²
300,00 »	» carbone = C ⁶
200,00 »	» oxygène = O ²

étant combinées au moyen du procédé ci-dessus avec 400 parties d'oxygène = O⁴. On aura :

Eau	= 337,44 = H ⁶ O ³
Acide acétique	= 637,44 = H ⁶ C ⁶ O ³

Ainsi, dans la formation du vinaigre, 400 parties en poids d'alcool s'emparent de 69,6 parties d'oxygène; et il se produit 58,4 parties d'eau, et 444,2 d'acide acétique.

Ces belles expériences prouvent que dans un simple mélange d'alcool et d'eau, il se forme du vinaigre, après un temps considérable, et que, sous la double influence de l'air atmosphérique et de la chaleur, il s'en forme également, d'une manière toute semblable mais beaucoup plus efficace, en présence d'un ferment qui exerce alors une action à peu près analogue à celle du noir de platine dans le cas actuel. Plusieurs substances azotées peuvent servir à provoquer et accélérer la fermentation acide telles sont le vinaigre déjà fait, son résidu ou sa lie, l'orge germé, le levain, la levure de bière et toute matière végétale semblable qui contient du gluten. Toutefois, le meilleur des ferments est le vinaigre lui-même. Nous devons y joindre, comme une condition essentielle de l'acétification, l'accès libre de l'air atmosphérique.

C'est un fait bien connu que les liqueurs spiritueuses telles que l'eau-de-vie faible, le vin, la bière, etc., peuvent être conservées pendant des années en vases clos, sans éprouver la fermentation acide, même lorsque le liquide repose sur un dépôt de lie; personne n'ignore non plus que si ces mêmes liquides sont renfermés dans des vases ouverts, ils s'aigrissent promptement, surtout lorsqu'ils sont exposés à une température tant soit peu élevée. Si l'on remplit un flacon d'eau-de-vie commune, et qu'on le laisse débouché sous l'influence de l'air et de la chaleur, la liqueur peut ne manifester aucun signe sensible d'acidité, même après plusieurs semaines: si on ajoute à l'eau-de-vie un ferment, et qu'on tienne le flacon privé d'air et hermétiquement bouché, il ne se manifeste encore aucun changement; mais si on a laissé dans le flacon une certaine quantité d'air, ou bien si on

l'a tenu débouché, l'eau-de-vie ne tardera pas à s'aigrir.

En s'assurant de la nature du gaz qui vient à la surface du liquide pendant l'acte de l'acétification, on trouvera que ce n'est plus qu'un mélange d'acide carbonique et d'azote, tout l'oxygène ayant été transformé en acide acétique et en eau.

Puisque cette absorption de l'oxygène de l'air ne peut avoir lieu qu'à la surface des liquides en fermentation, nous voyons par là la nécessité et l'importance pratique qu'il y a d'amplifier cette surface pour accélérer l'acétification et la rendre plus complète en multipliant les points de contact entre l'alcool et l'oxygène de l'air. La nouvelle méthode allemande de M. *Schutzenbach* pour obtenir une acétification rapide repose tout à fait sur ce principe.

La température exerce aussi une influence remarquable dans la formation du vinaigre; la fermentation acide marche lentement sous une basse température, et s'accélère rapidement à mesure que celle-ci s'élève. Il paraîtrait même que les vapeurs spiritueuses qui viennent d'elles-mêmes se mettre en contact avec l'air atmosphérique, peuvent, sans l'intervention d'aucun ferment, être converties en acide acétique, car on a vu l'acidité se manifester dans la simple opération de la rectification de l'eau-de-vie, dans un alambic muni d'un grand chapiteau auquel était adapté un tube qui permettait à l'air de s'introduire dans l'intérieur. Ainsi la chaleur ne semble pas se borner seulement à provoquer la combinaison de l'alcool avec l'oxygène sous le point de vue purement chimique, elle agit encore, si l'on peut parler ainsi, physiquement. A la surface du liquide chauffé, on voit flotter une couche de vapeurs spiritueuses, laquelle venant pour ainsi dire lutter là avec l'oxygène atmosphérique, donne probablement lieu à la formation d'une certaine quantité d'acide acétique qui accélère ensuite l'opération beaucoup plus que ne fait le simple contact de l'oxygène avec la surface liquide.

Lorsqu'on expose à l'action de l'air des liquides spiritueux, tels que le vin, la bière, etc., avec la quantité de ferment nécessaire, et à une température de 17 à 20 degrés centigrades, le liquide, de clair qu'il était auparavant, devient trouble en peu de temps; on commence par apercevoir de petits filaments visqueux, nageant au milieu et sur les côtés du vase, qui viennent ensuite former une écume au-dessus de la liqueur. Lorsque cette écume a acquis une certaine épaisseur et une certaine consistance, elle tombe au fond sous la forme d'un sédiment, auquel on a donné le nom de *mère de vinaigre*, ou simplement *mère*, parce qu'il sert à déterminer l'acétification de nouvelles liqueurs. En même temps la température du liquide s'est élevée au-dessus de la température ambiante, et les progrès de la transformation en vinaigre, se trahissent par un arôme particulier qui se répand dans le laboratoire. Lorsque tout l'alcool employé a été converti en acide acétique, la température descend au même point que celle de l'atmosphère, le liquide s'éclaircit, et devient un article commercial bien connu par son goût et son odeur, sous le nom de vinaigre.

Le vinaigre de vin diffère des vinaigres de cidre, de sucre, de bière, etc., en ce qu'il contient du tartre; c'est cette particularité qui le fait distinguer des autres, à moins que pour déguiser ceux-ci, on n'y ait ajouté artificiellement une certaine dose de tartre du commerce. Le vinaigre de drêche contient une certaine quantité d'acide phosphorique, à l'état de phosphate de chaux ou de magnésie provenant du grain.

Ces considérations générales sur l'acétification étant posées, nous allons maintenant décrire les procédés suivis dans la fabrication des vinaigres livrés au commerce.

1. *Vinaigre de vin.* — Le premier objet dont doit

s'occuper un fabricant de vinaigre, c'est d'avoir un bon atelier de fermentation où les vins puissent être soumis à une température constante, et toujours en présence d'une quantité suffisante d'air atmosphérique. Comme cet air est rapidement privé de son oxygène, il doit être pourvu d'avance au moyen de la renouveler, par une ventilation modérée. Les soupoux ménagés dans ce but, doivent être disposés de manière à pouvoir être fermés aussitôt que la température commence à s'abaisser par trop, ou bien lorsqu'il fait du vent. Le meilleur moyen de procurer une chaleur convenable à un atelier de ce genre, c'est d'employer des tuyaux de poêles, ou des tubes, dans lesquels circule de l'eau chaude, placés les uns ou les autres le long du parquet, sur les côtés, et aux extrémités de l'atelier, ainsi qu'on le pratique pour les étuves; on place le foyer en dehors, afin qu'aucune poussière ne pénètre dans l'atelier. Un tuyau de briques ayant une section de 25 à 30 centim. en travers sur 38 centim. de profondeur vaudrait encore mieux. La suie qui se dépose, même lorsqu'on brûle du charbon, trouverait assez d'espace dans un tuyau de cette dimension pour ne pas nécessiter de ramonage, et par conséquent d'interruption pendant un long espace de temps. L'atelier sera toujours mieux placé au rez-de-chaussée, que dans toute autre partie de la maison; il convient que les murs soient épais, construits avec des matériaux peu conducteurs de la chaleur, tels que des briques, qu'on recouvrirait avec des lattes et du plâtre gâché; si toutefois le local avait un plafond élevé, les cuves de fermentation pourraient être rangées sur un échafaudage, et placées à une hauteur convenable pour mieux profiter de la chaleur des couches d'air supérieures.

La ville d'Orléans est très célèbre pour ses fabriques de vinaigre. Les ateliers destinés à cette fabrication y portent le nom de *vinaigreries*; ils sont indifféremment placés sur le sol, ou sur un plancher qu'on y a superposé; mais on a toujours soin de les exposer au midi, afin de profiter de l'influence des rayons solaires. Les vaisseaux employés pour l'acétification sont des tonneaux nommés *mères*. Aujourd'hui ce sont des futailles en chêne de 230 litres au plus, très solides, et cerclées en fer. Il est maintenant bien constaté que le vin s'aigrit d'autant plus promptement que la masse sur laquelle on opère est plus petite, que la surface de contact avec l'air atmosphérique est plus grande, et que la température est plus convenable. Ces tonneaux étaient autrefois disposés sur trois rangs par le moyen d'un échafaudage massif; on les place aujourd'hui sur quatre rangs, et ils reposent sur des solives plus petites, qui permettent de les rapprocher les uns des autres. Les barriques qui sont placées horizontalement, sont percées à la partie supérieure du fond antérieur, de deux trous, l'un de ces trous s'appelle *l'œil*, il a deux pouces de diamètre; il sert à introduire le liquide dans le tonneau, et à en soutirer le vinaigre, lorsqu'il est fait; l'autre trou beaucoup plus petit, et placé tout à côté du premier, sert à donner issue à l'air intérieur, lorsqu'on remplit le tonneau, vu qu'alors l'entonnoir bouche complètement *l'œil*.

Lorsque les tonneaux sont neufs, on commence par se procurer du meilleur vinaigre; on le fait bouillir, et on en remplit au tiers tous les tonneaux; c'est sur cette première portion, qui devient la vraie *mère*, de tout le vinaigre, que l'on ajoute successivement tout le vin à acidifier. Dans cette manipulation, on commence ordinairement par ajouter à la *mère* qui occupe le tiers du tonneau un broc de dix litres de vin rouge ou blanc; huit jours après, on en ajoute un second, puis un troisième, puis un quatrième, en observant toujours le même intervalle de temps. Après cette dernière charge, on soutire environ 40 litres de vinaigre, et l'on recommence les additions successives.

Il est nécessaire que le tonneau reste toujours à moitié vide, si l'on veut que l'acétification s'opère régulièrement. Mais comme il se forme du tartre et de la lie, qui en s'accumulant au fond du tonneau finissent par contrarier et ralentir la fermentation, il arrive un moment où il faut interrompre l'opération, pour enlever ce résidu, et nettoyer tous les tonneaux. Le matériel doit être renouvelé tous les dix ans; mais si les tonneaux ont été bien faits et sont bien réparés, ils peuvent durer 25 ans.

Nous venons d'établir une période déterminée après laquelle on soutire le vinaigre fait; mais c'est dans la supposition que l'opération a eu tout le succès qu'on peut désirer: il y a des circonstances, difficiles à apprécier, qui en modifient la marche, et que nous allons maintenant exposer. On doit donc, avant de soutirer, déguster le liquide, et s'assurer que la fermentation a été complète. On procède comme il suit: on plonge dans la liqueur un bâton blanc recourbé par un de ses bouts, et on le retire en le levant dans la situation horizontale; s'il est recouvert d'une écume blanche et épaisse, à laquelle on donne le nom de *travail*, on en conclut que l'opération est terminée; mais si le *travail*, au lieu d'être blanc et perlé, est rouge, les fabricants regardent la fermentation comme non achevée, et ils cherchent alors à l'accélérer, soit en ajoutant de nouveau vin, soit en élevant la température de l'atelier.

Il n'est pas facile d'expliquer pourquoi, dans certains cas, la fermentation marche plus lentement que dans d'autres. Il se présente même quelquefois des phénomènes singuliers dont on ne peut se rendre compte. Ainsi il arrive parfois que quoique tous les tonneaux aient été également alimentés avec le même vin, la fermentation ne se fait cependant pas de la même manière dans tous; elle marchera plus rapidement dans quelques-uns, et elle sera languissante ou inerte dans d'autres. C'est là une anomalie embarrassante; on l'a attribuée à l'électricité, et à d'autres causes obscures, faute de pouvoir l'expliquer par le défaut de chaleur, puisqu'il arrive souvent, contrairement à l'une des lois générales que nous avons énoncées plus haut, que les tonneaux qui sont placés dans les parties les plus chaudes de l'atelier sont le plus en retard, on ne peut non plus attribuer cette singularité à la nature du bois dont sont faits les tonneaux. L'opération est quelquefois paralysée d'une manière si complète, que les fabricants les plus experts n'ont pas d'autre moyen, lorsque cet accident arrive, que de vider entièrement ces tonneaux, qu'ils appellent paresseux, puis de les remplir de leur meilleur vinaigre. La fermentation s'y établit alors de nouveau, et y marche aussi bien que dans les autres. (Voyez au mot FERMENTATION.)

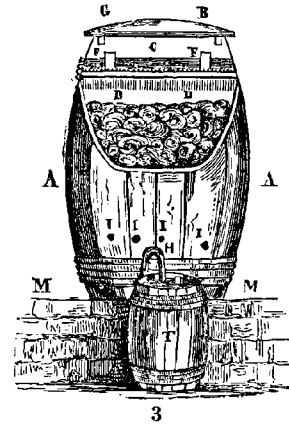
Nous devons faire ici une remarque importante relativement à la température que l'on doit préférer dans un local propre à la fermentation. On trouve dans beaucoup d'ouvrages de chimie que cette température ne doit pas dépasser 22° à 23° centigrades, de crainte d'obtenir de mauvais produits. Cependant les vinaigriers maintiennent toujours leurs ateliers à une température de 30° centigrades environ, c'est celle qui fait marcher rapidement l'acétification, tout en donnant du vinaigre aussi fort que les températures plus basses. La meilleure preuve que cette température n'est pas trop élevée, c'est que, sous son influence, les tonneaux qui sont placés à la partie supérieure de l'atelier travaillent mieux et plus vite que les autres. A Orléans on se procure cette chaleur avec des poêles de fonte qu'on chauffe avec du bois.

Avant de verser le vin dans les *mères*, on le clarifie de la manière suivante: On a de grandes futailles, qui peuvent contenir de 42 à 45 pièces de vin, et qui portent au centre du fond supérieur une ouverture de 40 à

42 centim. de diamètre, qu'on peut boucher ensuite avec un tampon en bois; cette ouverture ou bonde est destinée à recevoir le goulot d'un gros entonnoir. L'intérieur de la futaille est rempli de copeaux de bois de hêtre bien tassés. On verse le vin sur ces copeaux, et on l'y laisse séjourner pendant quelque temps, puis on le soutire doucement par un robinet placé au bas du tonneau. La lie se dépose sur les copeaux, et le vin sort tout à fait clair. Cependant il arrive quelquefois que malgré cette précaution, le vinaigre, lorsqu'il est fait, exige une nouvelle clarification, surtout lorsqu'on a employé du vin faible. Cette clarification s'exécute comme nous venons de l'indiquer pour le vin, et à l'avantage de mélanger les produits des divers tonneaux, de manière à donner un vinaigre d'une qualité uniforme.

Cette méthode, telle qu'elle est pratiquée à Orléans, exige plusieurs semaines avant que l'acétification soit complète. Récemment, en Allemagne, M. Schutzenbach a trouvé le moyen de hâter considérablement la fermentation acide par une disposition particulière des appareils. On a donné à ce système le nom de *Vinaigrerie rapide*, parce qu'en effet, l'opération de l'acétification est complète en deux ou trois jours, et même souvent dans un temps plus court encore. Il est fondé principalement sur une construction particulière des vaisseaux de fermentation, qui permet de multiplier considérablement les points de contact des liqueurs alcooliques avec l'air atmosphérique.

Voici la description de ces appareils, extraite du journal polytechnique de Dingler.



Un poinçon ou tonneau AA (fig. 3), de 2 mètres de hauteur, 4 mètres de diamètre, et pouvant contenir 44 à 45 hectolitres, est surmonté d'un couvercle B, qui ferme exactement, mais qu'on peut enlever à volonté. Ce tonneau est en chêne et fortement cerclé en fer. A un demi-pied du haut, il est muni intérieurement d'un cercle très fort en chêne ou en hêtre, qui porte un fond mobile C. L'espace au-dessous de ce fond est destiné à l'acétifica-

tion du liquide, et pour que celui-ci soit le plus possible en contact avec l'air atmosphérique, on a disposé l'appareil de la manière suivante. Le fond mobile C est percé comme un crible de trous de 3 à 4 millimètres de diamètre, et distants les uns des autres de 35 à 40 millimètres. Dans chacun de ces trous est passée une ficelle DD, de 16 à 17 centimètres de longueur, qui pend dans l'intérieur du tonneau, et est retenue par le haut à la surface supérieure du fond au moyen d'un nœud. Ce nœud doit être d'une grosseur telle, qu'il permette seulement à un liquide versé sur le fond de s'écouler goutte à goutte, et pour empêcher l'infiltration sur les bords du cercle intérieur, on garnit et on bourre les jours ou fentes avec du coton, de l'étope ou du vieux linge. L'espace inférieur du tonneau est presque entièrement rempli de copeaux minces de hêtre rouge, bien sains, tassés et non foulés. Le liquide qui filtre le long des ficelles tombe goutte à goutte sur ces copeaux, coule sur eux avec lenteur, et arrive au fond du tonneau où il se rassemble. Ces copeaux avant d'être

placés dans le tonneau ont été échaudés à l'eau bouillante, séchés, puis arrosés à plusieurs reprises avec de bon vinaigre chaud. Pour le renouvellement continu de l'air, ce vase est percé à environ 30 à 35 centim. de son fond inférieur de 8 trous I, I..., également espacés, de 16 à 18 millimètres de diamètre, percés dans une direction plongeant vers l'intérieur et par lesquels l'air pénètre, sans que le liquide qui s'écoule le long des parois intérieures puisse s'échapper au dehors. Pour que l'air dépouillé de son oxygène, par suite de la formation de l'acide acétique, puisse être porté au dehors de l'appareil, on a ménagé dans le fond C, 4 grandes ouvertures équidistantes, dont la surface totale est un peu moindre que celle des 8 trous I, I..., pratiqués près du fond du tonneau. Sur ces ouvertures sont établis des tubes en verre F, F..., qui s'élevaient de quelques centimètres au-dessus du fond, afin que les premières ne laissent pas écouler le liquide qu'on verse sur celui-ci. C'est par ces ouvertures tubulées que l'air chargé d'acide carbonique s'échappe, et afin d'en favoriser l'expulsion au dehors, on perce dans le couvercle B, une autre ouverture G, de 60 à 65 millimètres de diamètre, qui sert en même temps, au moyen d'un entonnoir, à ajouter du nouveau liquide, après que celui versé précédemment, a filtré de la première capacité du tonneau dans la seconde, et s'est rassemblé dans la partie inférieure.

Pour être à même de connaître la température à l'intérieur de l'appareil, on a percé dans les parois, vers le milieu, un trou incliné, de dehors en dedans, et fermé par un bouchon dans lequel glisse un thermomètre.

Enfin pour faire écouler le liquide qui se rassemble au fond du tonneau, avant qu'il ait atteint les trous I, I..., qui renouvellent l'air, on perce un peu au-dessus de ce fond une ouverture qui reçoit un bouchon au travers duquel passe un tube de verre en forme de siphon H, disposé de telle sorte que sa courbure n'atteigne pas tout à fait les trous I, I..., et que l'ouverture de sa branche la plus courte se trouve à environ 8 centimètres au-dessous du plan des trous. Le liquide qui s'écoule lentement par le siphon est reçu dans un tonnelet T, et le tonneau lui-même est établi sur un bâtis en bois, ou un petit massif en maçonnerie M, de 30 à 40 centimètres de hauteur.

Une cuve construite ainsi que nous venons de le décrire, s'appelle un *tonneau de graduation*. Voici maintenant comment on opère : l'atelier doit être d'abord chauffé à une température de 40 à 45° centigrades ; jusqu'à ce que le thermomètre centigrade du tonneau de graduation marque au moins 25°, on laisse alors tomber le feu, puis on verse par l'ouverture G du couvercle supérieur de la cuve, un mélange de 8 parties d'eau-de-vie, de 25 parties d'eau de pluie ou de rivière, de 45 parties de bon vinaigre, et d'une égale quantité de vin pur ou de bière, le tout chauffé à 62° centigrades. On commence par faire chauffer l'eau, puis on y ajoute le vinaigre, l'eau-de-vie et le vin ou la bière froids. On ne verse de ce mélange sur le second couvercle qu'autant qu'il en faut pour le recouvrir sur une hauteur de 6 à 8 centimètres. On ajoute ensuite peu à peu le reste, à mesure que le liquide déjà versé s'écoule dans la partie inférieure du tonneau.

Le liquide qui n'a traversé qu'une seule fois le tonneau de graduation, n'est pas encore suffisamment acidifié ; aussi le vinaigre faible qui en résulte et que l'on recueille dans le tonnelet T est introduit une seconde, et même, s'il le faut, une troisième fois dans la cuve, afin de convertir tout l'alcool en acide acétique. Il faut remarquer, qu'en général, plus la liqueur vineuse est forte, plus elle est difficile et lente à se convertir en vinaigre, mais celui-ci n'en est que plus fort. Afin de diminuer jusqu'à un certain point cette difficulté, il serait convenable de ne pas mettre toute l'eau-de-vie à la première

fois dans le mélange, mais de l'ajouter à mesure qu'on repasse une deuxième ou une troisième fois le liquide dans le tonneau de graduation, surtout lorsqu'on désire obtenir du vinaigre très fort.

Quand l'appareil est en activité depuis quelques jours, il ne devient plus nécessaire d'ajouter du vinaigre et de la bière au mélange d'eau-de-vie ou de vin et d'eau, car alors les parois de la cuve, les copeaux et les mêches sont imprégnés du ferment. Le mélange que l'on introduit dans le tonneau doit toutefois toujours être préalablement porté à la température de 40 à 45° centigrades.

Au lieu du mélange ci-dessus d'eau-de-vie, d'eau et de vin, généralement usité en Allemagne, on peut employer, d'après *Dingler*, du moult de drêche fermenté, clarifié et mêlé avec une petite quantité d'alcool. Le vinaigre que l'on recueille dans le tonnelet T, lorsque l'acétification est complètement terminée, peut être mis immédiatement dans les tonneaux destinés à la vente.

On a objecté contre ce dernier procédé, que par l'effet du mélange de matières sucrées et glutineuses qui sont contenues dans la bière ou dans le moult, en même temps qu'il y a la fermentation acéteuse, il se produit aussi, en partie, une fermentation vineuse qui donne lieu à un dégagement d'acide carbonique assez considérable pour arrêter l'acétification. Mais on peut remédier à cet obstacle en rendant la circulation de l'air plus libre, ou en mettant dans l'atelier de la chaux vive. On a fait à ce système une autre objection plus grave : c'est que, à la suite de l'addition répétée de la bière, etc., il se dépose beaucoup de lie dans la cuve de graduation, ce qui oblige de la nettoyer fréquemment, ainsi que les copeaux, et donne lieu à une perte inévitable de temps et de vinaigre. Le seul moyen d'obvier à cet inconvénient, c'est de n'employer le mélange liquide qu'après l'avoir bien clarifié.

Un autre inconvénient, inhérent à la rapidité de l'acétification, est une perte par évaporation des parties spiritueuses des liquides employés. Puisque dans la cuve de graduation il existe une température de 40 à 45° centigrades, il devient impossible d'éviter la perte d'une certaine quantité de vapeurs alcooliques, entraînées par la circulation de l'air. Il est vrai que l'air qui s'échappe par l'ouverture du couvercle supérieur pourrait être forcé de traverser à sa sortie un appareil réfrigérant, où les vapeurs alcooliques se condenseraient en grande partie ; mais, après tout, cette crainte d'éprouver par là de grandes pertes, est, nous le pensons, sans fondement ; car l'alcool est rapidement acidifié par l'oxygène de l'air, et perd alors sa volatilité.

La cuvette qui doit fournir au fur et à mesure le mélange liquide et chaud, à la cuve de graduation, doit être placée près du plafond de l'atelier où la température est plus élevée, et elle doit être remplie de nouveau avec le liquide faiblement acétifié qui s'écoule dans le récipient T, qui est placé sous le siphon. Il est convenable, pour atteindre ce but, de placer deux cuvettes à la partie supérieure, et de tenir toujours le liquide de l'une d'elles assez chaud pour que l'opération marche sans interruption.

2° *Vinaigre de malt*. La plus grande partie du vinaigre fabriqué en Angleterre est fait avec du malt, par le procédé que voici : on brasse un *boil* (218 litres) de bon malt d'orge, grossièrement moulu, avec de l'eau à la température de 74° centigrades ; la première eau doit avoir cette température, la seconde doit être plus chaude, et la troisième eau, pour l'extraction de toute la matière soluble, doit être bouillante. En tout on ne doit pas extraire plus de 400 gallons (454 litres) de moult. Lorsque le liquide s'est refroidi, et que sa température est descendue à 24° centigrades environ, on y verse 3 ou 4 gallons (de 13 à 18 litres) de levure de bière, et on mêle avec soin à l'aide d'un agitateur convenable. Après trente-six ou quarante heures, selon la

température de l'air et la qualité du mélange en fermentation, on le soutire dans des barils qui sont placés à plat dans l'atelier de fermentation de la vinaigrierie, lequel doit être maintenu à la température de 24° centigrades au moins. Pendant l'été la chaleur solaire suffit en partie pour produire cette température, mais en général on se la procure par le moyen de poêles, comme nous l'avons décrit plus haut. Les bondes doivent rester ouvertes, et les barils ne doivent pas être entièrement remplis, afin que l'air puisse agir sur une plus grande surface de liquide. Il serait convenable de faciliter la circulation de l'air en perçant un trou à chaque extrémité du baril, près du rebord supérieur. Comme le liquide, par l'effet de l'évaporation, aurait ordinairement une température inférieure de quelques degrés à celle de l'air de l'atelier, la circulation s'établirait du dehors au dedans par la bonde, et du dedans au dehors par les trous pratiqués dans les extrémités. En opérant par les méthodes ordinaires, il faut trois mois pour obtenir une acétification complète et un vinaigre susceptible d'être livré au commerce, ou employé à la fabrication de l'acétate de plomb. Lorsqu'il s'agit de la fabrication du vinaigre destiné aux usages domestiques, les barils sont ordinairement posés sur leur fond, et ils ont quelquefois un faux fond percé de trous, placé à 33 centimètres environ au-dessus du premier; sur ce double fond on met du marc de raisin ou d'autres fruits provenant des fabriques de vin anglais. On ajoute au liquide obtenu une quantité convenable de levure. Après vingt-quatre heures environ, la température s'est élevée notablement, et on le soutire alors dans un autre baril semblable au premier; on continue ce transvasement pendant quelque temps, puis on laisse la fermentation acéteuse s'achever tranquillement. On doit toujours maintenir le baril à une température convenable, en le plaçant dans un endroit chaud. Une petite quantité de tartre ajoutée au liquide en fermentation, lui donne plus d'analogie avec le vinaigre de vin. On emploie quelquefois de la colle de poisson pour clarifier le vinaigre, et on y ajoute souvent une certaine quantité d'acide sulfurique, afin de lui donner plus de force.

Voici le tableau des dépenses d'une fabrique de vinaigre de malt, en Angleterre, produisant annuellement 400,000 gallons (4,543 1/2 hectolitres) de vinaigre, par le procédé que nous venons de décrire.

Matières premières et combustibles.	91689 ^r ,75 ^c
Salaires de 8 ouvriers, à 34 ^r ,55 ^c chaque, par semaine.	43124 ^r ,80 ^c
Entretien de 3 chevaux pour le manège qui dessert la fabrique.	2263 ^r ,50 ^c
Frais de direction, réparations et frais divers.	31749 ^r ,00 ^c
Capital et fonds de roulement pour six mois, 110,000 fr., dont l'intérêt à 5 p. 100 est.	5500 ^r ,00 ^c
Droit à payer à la régie 0 ^r ,21 ^c par gallon (4 1/2 livres environ) de vinaigre fabriqué.	2850 ^r ,50 ^c
Total des frais.	447177 ^r ,55 ^c
Produit, 400,000 gallons, vaut 4 ^r ,90 ^c le gallon (0 ^r ,42 ^c le litre).	490000 ^r ,00 ^c
Bénéfice net.	42822 ^r ,45 ^c

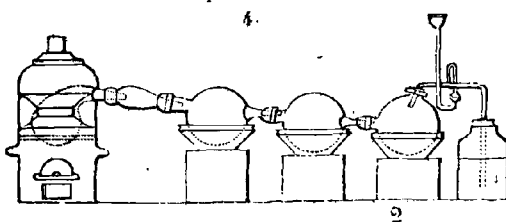
3° *Vinaigre de sucre.* On peut faire un excellent vinaigre de sucre en se conformant au procédé qui suit : Dans 480 litres à peu près d'eau bouillante, faites dissoudre 5 kilogr. de sucre et 3 kilogr. de tartre; mettez la dissolution dans un tonneau pour la faire fermenter; lorsqu'elle s'est refroidie à la température de 24° à 26° centigrades, ajoutez 4 litres et demi de levure de bière. Brassez bien le mélange, puis couvrez légèrement le tonneau, et tenez-le pendant 6 à 8 jours à une température de

24 à 24° centigrades, pour provoquer la fermentation vineuse. Quand la liqueur vineuse s'est éclaircie, soutirez-la, et faites-la acidifier soit dans une cuve de graduation comme celle que nous avons décrite ci-dessus, soit par le procédé ordinaire des vinaigriers. Avant que l'acétification ne soit terminée, ajoutez 43 litres et demi de forte eau de-vie, et 47 litres de bon vinaigre, afin de compléter la fermentation acide. Cette addition de vinaigre n'est pas nécessaire si l'on fait usage d'une cuve de graduation.

La recette suivante pour faire le vinaigre de sucre est plus simple et mérite attention. Pour chaque hectolitre d'eau chaude mettez 42 kilogr. et demi de sucre, et lorsque le sirop s'est refroidi à la température de 24° centigrades, ajoutez en volume 4 p. 100 de levure de bière. Lorsque la fermentation vineuse est assez avancée, c'est-à-dire après 2 ou 3 jours, tirez au clair le liquide, mettez-le dans un tonneau convenable et ajoutez-y, pour chaque hectolitre d'eau employée, 70 grammes de tartre, et autant de raisins écrasés. Exposez ensuite le tout d'une manière et pendant un temps convenables, à la fermentation acide, d'après l'un ou l'autre des procédés décrits; puis, soutirez le vinaigre et clarifiez-le sur des copeaux de hêtre; on le mettra ensuite dans des bouteilles qu'on aura soin de bien boucher.

Le vinaigre obtenu par les méthodes qui précèdent a toujours une couleur jaunâtre ou brunâtre; on le décolore par distillation; on pratique cette distillation dans une cornue de verre, dans les laboratoires de chimie; mais quand il s'agit d'opérer sur une plus large échelle, on se sert d'un alambic de cuivre, très propre, muni d'un chapiteau et d'un serpent in argent ou en étain. L'acide se volatilise à la température de l'eau bouillante et si l'opération est conduite avec rapidité, il ne corrode pas sensiblement le cuivre. Mais, par ce moyen, on ne peut jamais obtenir un produit concentré parce qu'il arrive un certain degré de concentration qu'on ne peut dépasser en élevant la température de crainte de donner à l'acide une odeur empyreumatique, parce qu'alors le gluten, la matière colorante, etc., commencent à adhérer au fond de l'alambic; on est donc forcé de suspendre l'opération au moment même où le vinaigre acquiert de la force. On a aussi proposé de concentrer le vinaigre par la congélation; mais il en reste beaucoup au milieu de la glace, et le vinaigre commun, après avoir été concentré par distillation, est encore si faible qu'il se congèle tout d'une masse.

Vinaigre radical. Avant que le moyen d'extraire l'acide pyrologneux, ou le vinaigre de bois, fût connu, il n'y avait qu'une seule méthode pratiquée par les chimistes pour obtenir du vinaigre fort; ils la suivent même encore pour préparer ce qu'on appelle le vinaigre radical ou aromatique. Cette méthode consiste à décomposer par la chaleur le bi-acétate de cuivre cristallisé. On se sert à cet effet d'une cornue de grès (fig. 4) d'une grandeur proportionnée à la quantité de matière sur laquelle on veut opérer; on la revêt d'un mélange d'argile et de crottin de cheval, pour lui faire mieux supporter la chaleur; lorsque cette couverture est sèche, on introduit dans la cornue l'acétate cristallisé, légèrement concassé, et très sec; on remplit celle-ci de manière qu'il ne puisse en rien sortir lorsqu'on tient le bec fortement incliné;



on la pose alors sur un fourneau convenable; on adapte une allonge au goulot, et l'on dispose à la suite deux ou trois matras à deux tubulures; le dernier matras a une de ses tubulures verticales; l'appareil se termine par un tube de Welter à double branche; la plus courte sort du dernier matras, et l'autre plonge dans un flacon rempli de vinaigre distillé; chaque chose étant ainsi arrangée, on lutte les joints avec un mastic fait avec de la terre à pipe et de l'huile de lin, et on les recouvre avec du papier et de la colle forte. Chaque matras est placé dans une bassine à part remplie d'eau froide, ou bien le tout peut être mis dans un baquet oblong dans lequel on fait passer un courant constant d'eau froide. On doit laisser sécher le lut pendant tout un jour; le lendemain on procède à la distillation en ayant le plus grand soin de modérer la chaleur au commencement, et de l'augmenter graduellement et très lentement, jusqu'à ce qu'on voie les gouttes se succéder assez rapidement en sortant du goulot de la cornue, ou par l'extrémité de l'allonge. Comme les vapeurs qui s'échappent sont très chaudes, il s'ensuit qu'il faut une série de matras pour les condenser; on doit renouveler de temps en temps l'eau des bassines, et tenir des linges humides sur les matras; mais cela demande le plus grand soin, principalement si le feu marche un peu trop vite, car alors les vases deviennent si chauds qu'ils se briseraient infailliblement, s'ils étaient mis subitement en contact avec de l'eau froide. Il est toujours facile de régler l'opération d'après la sortie du gaz par l'extrémité de l'appareil. Lorsque les bulles d'air se succèdent avec une grande rapidité on doit ralentir le feu.

Le produit que l'on obtient pendant la première demi-heure a peu de force; cela vient, jusqu'à un certain point, d'une petite quantité d'eau restée dans les cristaux, lesquels, néanmoins, lorsqu'ils ont été bien préparés, doivent être anhydres. Il arrive un moment, vers le milieu de l'opération, où l'on voit l'extrémité du bec de la cornue, et celle de l'allonge, couvertes de cristaux lamellaires ou sous forme d'aiguilles, et d'une teinte vert pâle. Ces cristaux sont entraînés peu à peu par les vapeurs acides dans le liquide condensé qu'ils colorent; ce sont des cristaux d'acétate de protoxyde de cuivre. A mesure que l'opération approche de la fin il faut augmenter l'intensité du feu pour que les vapeurs acides puissent continuer à se dégager; finalement, on juge que la distillation est achevée, quand les matras deviennent froids, quoique le fourneau soit à son plus haut degré de chaleur, et quand il ne sort plus de vapeurs; on doit alors retirer le feu et laisser refroidir la cornue.

Comme l'acide qu'on a obtenu par ce moyen est légèrement coloré par le cuivre, on doit le rectifier avant de le mettre en vente. On se sert pour cela du même appareil, seulement on remplace la cornue de grès par une cornue de verre qu'on chauffe au bain de sable. Tous les matras doivent être parfaitement propres et secs. On conduit la distillation comme ci-dessus. Si l'on divise les produits en trois parts, la première donnera l'acide le plus faible, et la troisième le plus fort. On ne doit point pousser l'opération jusqu'à refus, parce qu'il reste toujours dans la cornue des impuretés qui astringent l'arôme et la bonne saveur de l'acide.

La totalité de l'acide qu'on obtient par ce moyen forme à peu près la moitié, en poids, de l'acétate employé, et le résidu en est les trois dixièmes. De sorte que deux dixièmes de l'acide ont été décomposés par la chaleur, et sont perdus. Comme l'oxyde de cuivre est promptement réduit à l'état métallique, son oxygène s'unit aux éléments d'une partie de l'acide, et forme de l'eau, laquelle se mêle aux produits gazeux, acide carbonique, hydrogène carboné et oxyde de carbone, qui se dégagent; il ne reste donc plus dans la cornue que du charbon mêlé avec du cuivre métallique. Ces deux matières sont dans un tel état de division, que le résidu

est pyrophorique; aussi prend-il souvent feu au moment où on le retire de la cornue après le refroidissement. La grande perte que l'on éprouve dans cette opération a porté plusieurs chimistes à essayer différentes méthodes pour obtenir tout l'acide contenu dans l'acétate. On a conseillé, par exemple, d'ajouter une certaine quantité d'acide sulfurique; mais outre que le vinaigre radical qu'on obtient par ce procédé contient toujours de l'acide sulfureux, dont il est difficile de le débarrasser, il perd par cela même cet esprit qu'on appelle *pyro-acétique* ou *arétone*, qui tempère le piquant de son odeur, et lui donne un arôme agréable. Il est donc à présumer que le procédé que nous venons de décrire, continuera à être préféré quand on voudra obtenir du vinaigre aromatique ou *vinaigre radical*. On modifie souvent après coup l'odeur de celui-ci, par l'addition d'huiles essentielles diverses, telles que celles de romarin, de lavande, etc.

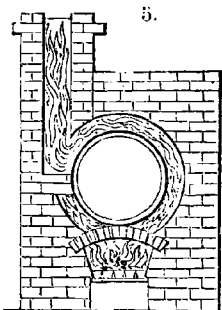
On peut encore préparer l'acide acétique des chimistes par les procédés suivants: 1° On distille lentement, dans une cornue de verre, deux parties d'acétate de potasse fondu, et une partie d'acide sulfurique concentré, et le produit de la distillation, recueilli dans un réfrigérant, est de l'acide acétique concentré; comme celui-ci est souillé par une petite quantité d'acide sulfureux, on l'en débarrasse en le distillant de nouveau avec un peu d'acétate de plomb. 2° Quatre parties d'acétate neutre de plomb traitées par une partie d'acide sulfurique, donnent un acide acétique un peu plus faible que ci-dessus. 3° En mélangeant du sulfate de fer ou *vitriol vert* légèrement torréfié avec de l'acétate neutre de plomb, dans la proportion de 4 parties du premier sel et de 2 1/2 parties du second, ou bien avec de l'acétate de cuivre, et distillant le mélange avec précaution dans une cornue de porcelaine qui communique à un réfrigérant, on obtient dans ce dernier de l'acide acétique très concentré. Dans ce procédé, le sulfate de protoxyde de fer se transforme par une évaporation et une légère torréfaction au contact de l'air, en sous-sulfate de peroxyde, qui agit alors par l'acide sulfurique qu'il retient avec très peu de force et qu'il laisse dégager par l'action de la chaleur. Toutefois, de tous ces divers modes de préparation, celui par le bi-acétate de cuivre que nous avons décrit, est encore préférable.

4° *Acide pyrotigineux, ou vinaigre de bois.* Le procédé suivi pour obtenir cet acide est fondé sur cette propriété générale, que possède la chaleur de séparer les éléments des substances végétales, et de les combiner de nouveau dans un autre ordre, en donnant lieu à des composés qui n'existaient pas dans les corps soumis à son action. Les proportions respectives des produits obtenus varient non seulement avec les différentes substances, mais aussi pour le même corps, selon que l'intensité de la chaleur à laquelle ils ont été soumis, a été plus ou moins forte, ou que le feu a été conduit avec plus ou moins d'habileté. Lorsqu'on distille une substance végétale en vase clos, on obtient d'abord l'eau qu'elle renferme, ou l'eau de végétation; il se forme ensuite une autre portion d'eau aux dépens de l'oxygène et de l'hydrogène que le corps renferme; une quantité proportionnelle de charbon devient libre, et par l'augmentation successive de la chaleur, une petite portion de celui-ci se combine avec de l'oxygène et de l'hydrogène pour former de l'acide acétique. Ce dernier produit fut considéré, pendant quelque temps, comme un acide particulier, et on lui donna le nom d'*acide pyrotigineux*. A mesure que la proportion de carbone devient prépondérante, celui-ci se combine avec d'autres principes, et alors il se volatilise une huile empyreumatique qui a d'abord peu de couleur, mais qui s'épaissit et se colore de plus en plus, à mesure qu'elle se charge davantage de carbone.

Plusieurs fluides élastiques accompagnent ces divers

produits; il se dégage de l'acide carbonique, mais en petite quantité, beaucoup d'hydrogène carboné, et vers la fin une proportion considérable d'oxyde de carbone. L'excédant de charbon qui n'est point entraîné dans ces diverses combinaisons, se retrouve dans la cornue, y conservant ordinairement la forme du végétal qui l'a fourni. Depuis qu'on a commencé à se rendre raison des différentes opérations pratiquées dans les arts, et qu'on en a fait le but de recherches scientifiques, on a introduit dans plusieurs branches de l'industrie une multitude d'améliorations, dont elles ne paraissaient pas susceptibles. C'est ainsi, par exemple, que les procédés de carbonisation du bois se sont singulièrement améliorés, et que par suite des observations qui précèdent, on a tiré profit de plusieurs produits, qui auparavant n'étaient pas même recueillis.

L'appareil employé pour obtenir le vinaigre de bois brut, par l'action de la chaleur, se compose de plusieurs grands cylindres de fer. En Angleterre, ces cylindres sont en fonte, et posés horizontalement sur le foyer. En France, ils sont en feuilles de tôle rivées ensemble, et posés debout sur le feu. La fig. 5 donne une idée exacte de la



disposition adoptée en Angleterre, elle est presque la même que celle adoptée pour la décomposition de la houille dans les usines à gaz; seulement les cylindres des fabriques d'acide pyroligneux sont généralement plus grands; ils ont fréquemment 4^m,33 de diamètre, sur 2^m à 2^m,66 de longueur, et ils reposent horizontalement sur la brique, de manière qu'il y en ait deux dans chaque fourneau. Il y aurait probablement de l'avantage à leur donner des dimensions approchant de celles des cornues à gaz pour l'éclairage, et à assimiler tout le système des opérations, à celui de cette dernière industrie.

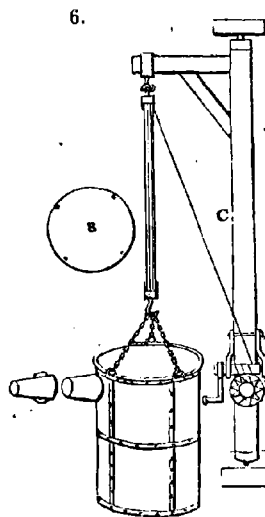
On a adopté la disposition suivante, dans un des premiers établissements de Glasgow : les cylindres aussi grands que ceux dont nous avons parlé d'abord, y ont 2 mètres de long, et les deux extrémités dépassent tant soit peu la maçonnerie en briques. L'une de ces extrémités est garnie d'un disque de fonte, bien ajusté et fortement boulonné; il part du centre de ce disque un tube de fer, d'environ 30 centim. de diamètre, qui entre à angle droit dans le tube principal du réfrigérant. Le diamètre de ce dernier peut avoir de 24 à 36 centimètres, suivant le nombre de cylindres. L'autre extrémité de chaque cylindre s'appelle la bouche de la cornue; elle est également fermée par un disque en fonte recouvert, tout autour de ses bords, avec un lut d'argile grasse, et maintenu dans sa position, à l'aide de coins de sapin. La charge de bois pour un cylindre de cette dimension est d'environ 406 kilog. Les bois durs, tels que le chêne, le frêne, le bouleau et le hêtre, sont seuls employés; le sapin ne convient pas. On entretient le feu pendant le jour, et on laisse refroidir le fourneau pendant la nuit; le lendemain matin, on ouvre les cylindres, on en retire le charbon, et on y introduit une nouvelle charge de bois. Le rendement en vinaigre brut, appelé *acide pyroligneux*, est de 463 litres par charge. Il est très souillé de goudron, et d'une couleur brun foncé; sa pesanteur spécifique est de 4,025, le poids total du produit est donc d'environ 136 kilogr.; mais comme le résidu en charbon ne pèse plus guère que le cinquième du bois employé, il s'ensuit que près de la moitié de la matière pondérable du bois, s'est transformée en gaz non condensés. Le comte de Rumford a

avancé que le charbon obtenu forme en poids plus de quatre dixièmes du bois employé. Cette erreur grossière tient à la faible température du four, dans lequel il avait placé le cylindre de verre qui renfermait le bois sur lequel il expérimentait. Les résultats que nous donnons ici ressortent de l'expérience d'un éminent chimiste manufacturier.

On rectifie l'acide pyroligneux brut, par une seconde distillation dans un alambic, en cuivre, dans l'intérieur duquel il reste environ 20 p. 400 d'une espèce de goudron visqueux. Le vinaigre présente alors une couleur brune mais transparente, et une odeur fortement empyreumatique. Sa pesanteur spécifique n'est plus que de 4,043. Son acidité est supérieure à celle des meilleurs vinaigres de ménage, dans la proportion de trois à deux. En le redistillant de nouveau, saturant par la chaux vive, faisant évaporer l'acétate liquide jusqu'à siccité, et convertissant en acétate de soude par le sulfate de soude, on le dépouille si complètement de la matière empyreumatique à laquelle il était mélangé, qu'en décomposant l'acétate de soude pur par l'acide sulfurique, on obtient à la distillation un vinaigre tout à fait sans couleur et très agréable au goût, dont la force est proportionnelle au degré de concentration de l'acide décomposant.

Dans un des principaux établissements de Manchester, on se sert de cornues en fonte de 2 mètres de long sur 4^m,20 de diamètre. Il y a deux cornues par fourneau, disposées de telle sorte que la flamme les enveloppe de toutes parts. Leur fond seul est protégé par des briques réfractaires contre l'action directe du feu. Un quintal métrique de houille suffit pour effectuer la distillation d'une seule charge de bois, qui produit 468 litres d'acide pyroligneux brut, d'une pesanteur spécifique de 4,025. Après vingt-quatre heures, qui est la durée d'une opération, on retire le charbon de bois resté dans la cornue, et après l'avoir jeté dans un étouffoir que l'on ferme aussitôt, on procède à un nouveau chargement.

On purifie l'acide pyroligneux en le faisant bouillir dans une grande chaudière, sur le bord de laquelle est pratiqué un bec ou échancrure inclinée, par laquelle s'écoule la plus grande partie du goudron, à mesure qu'il monte sous forme d'écume à la surface du bain, par l'action de la chaleur. En saturant l'acide ainsi purifié, par de la chaux éteinte, on obtient du pyrolignite de chaux, que l'on peut purifier par plusieurs cristallisations successives, ou mieux, en le torréfiant à 250 ou

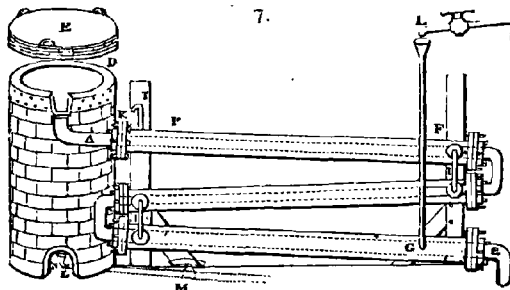


300° centigrades au plus, avec beaucoup de précaution, entre deux plaques de tôle où de fonte; puis, reprenant par l'eau et faisant cristalliser. En décomposant le pyrolignite ou l'acétate de chaux, par une dissolution d'alun, il se précipite du sulfate de chaux, et la dissolution qui surnage est de l'acétate d'alumine impur ou *liqueur rouge*, employée dans l'impression des calicots.

En général, on conduit en France la fabrication de l'acide pyroligneux de la manière suivante :

On introduit le bois à carboniser dans de grands cylindres en tôle (fig. 6), au haut et

sur le côté desquels se trouve ajusté un autre petit cylindre également en tôle : un couvercle de tôle B s'adapte à la partie supérieure du grand cylindre, et y est fixé par des boulons. Le cylindre ainsi fermé représente, comme on voit, une vaste cornue. Lorsqu'il a été chargé, ainsi que nous venons de le dire, on le soulève au moyen d'une grue C et on le place dans le fourneau D (fig. 7), dont la forme correspond à celle du cylindre, et dont l'ouverture est recouverte du dôme E en maçonnerie ou en briques. Tout étant ainsi disposé, on allume le feu au bas du fourneau. L'eau hygrométrique du bois commence d'abord par se dégager, mais le liquide cesse par degrés d'être incolore, et devient fuligineux ; c'est alors qu'on ajuste le tube A au petit cylindre latéral, ce tube entre dans un autre ayant la même inclinaison, et qui est le commencement de l'appareil de condensation. Le mode de condensation varie selon les localités. Dans certaines fabriques, on refroidit avec l'air, en faisant passer les vapeurs à travers de longues séries de cylindres, et quelquefois même à travers une série de barriques communiquant ensemble. Mais le plus ordinairement on condense avec l'eau froide, lorsqu'on peut s'en procurer facilement et en abondance. L'appareil de condensation le plus simple employé pour cela, consiste en deux cylindres F, F (fig. 7), l'un enveloppant l'autre, et laissant



entre eux un espace suffisant pour qu'une quantité d'eau considérable puisse y circuler et condenser les vapeurs.

On ajuste ce double cylindre FF au vaisseau distillatoire, en lui donnant une certaine inclinaison. On en ajuste à la suite un second, quelquefois même un troisième tout à fait semblables, et qu'on fait revenir sur eux-mêmes en zig-zag, afin de ménager la place. On fait ensuite circuler l'eau par un moyen ingénieux adopté aujourd'hui dans un grand nombre de fabriques. De l'extrémité inférieure G du système condenseur, s'élève perpendiculairement un tube dont la hauteur dépasse à peine le point le plus élevé dudit système. L'eau froide fournie par un réservoir L, entre au moyen du tube perpendiculaire, à l'extrémité inférieure du condenseur, et remplit tout l'espace qui se trouve entre chaque double tube. Quand l'appareil est en activité, les vapeurs en se condensant élèvent la température de l'eau, celle-ci pressée par la colonne LG, est poussée vers la partie supérieure des tubes et s'élève enfin dans le tube K, auquel est adapté un autre bout de tube, recourbé vers le sol, qui sert de dégorgeoir.

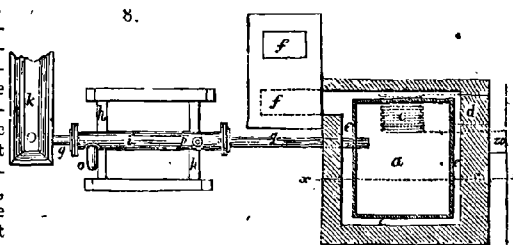
L'appareil de condensation se termine par un conduit souterrain en briques, divisé au moins en 2 réservoirs, un petit à la tête et un grand à la suite. Le liquide condensé dans les appareils FF tombe par le tube recourbé E dans le premier réservoir ; lorsque celui-ci est plein, il se vide de lui-même par un tuyau de dégorgement dans un autre grand réservoir. Le tube E plonge dans le liquide, de sorte que toute communication est interceptée entre les gaz qui se rassemblent à la partie supérieure du réservoir et l'intérieur de l'appareil. Ces gaz non condensés qui se dégagent sont con-

duits au moyen des tuyaux ML placés sur l'un des côtés du réfrigérant, dans la partie inférieure du cendrier. Ces tuyaux sont munis de robinets M, placés à quelque distance en avant du fourneau, qui permettent de régulariser le jet de gaz, et d'interrompre à volonté toute communication avec l'intérieur de l'appareil. L'extrémité N des tubes qui entre sous le fourneau s'y élève perpendiculairement de quelques pouces au-dessus du sol, et s'épanouit comme la pomme d'un arrosoir. Par cette disposition, les gaz peuvent se distribuer uniformément d'eux-mêmes dans le foyer, sans que le tuyau qui les amène vienne jamais à s'obstruer par du fraïsil ou des cendres.

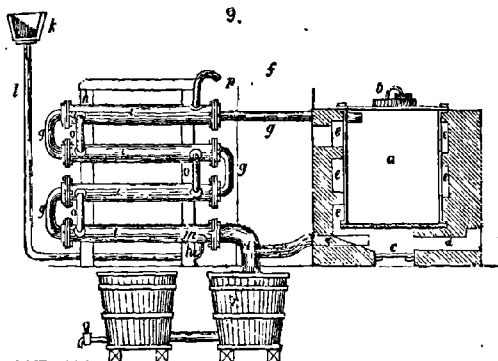
La température nécessaire pour opérer la carbonisation n'est pas considérable ; cependant vers la fin de l'opération elle doit s'élever assez, pour que le cylindre qui renferme le bois devienne rouge. La durée de l'opération est nécessairement proportionnelle à la quantité de bois à carboniser. Avec un cylindre qui contient 5 mètres cubes de bois, il suffit de huit heures de feu. On reconnaît que la carbonisation est complète à la couleur de la flamme des gaz. Celle-ci est d'abord d'un rouge jaunâtre ; elle devient ensuite bleuâtre dès qu'il se dégage une plus grande quantité d'oxyde de carbone que d'hydrogène carboné ; et vers la fin elle est tout à fait blanche. Cette circonstance est probablement due à ce que la température du fourneau est alors

beaucoup plus élevée, et que la combustion est plus complète. Il y a encore un autre moyen de reconnaître la marche de l'opération, auquel on a très souvent recours. Il consiste dans le refroidissement des premiers tubes de dégagement qui ne sont pas rafraîchis par un courant d'eau ; si lorsqu'on fait couler sur leur surface quelques gouttes d'eau, elles s'évaporent avec lenteur, on en conclut que la carbonisation a été poussée suffisamment loin. Alors on délute le tube de communication et on le fait glisser dans son tube de jonction, puis on bouche immédiatement les orifices des cornues avec des plaques de tôle qu'on lute avec du plâtre. On enlève ensuite le couvercle E du fourneau au moyen de la grue tournante ; on en fait autant à l'égard du cylindre, et on remplace immédiatement celui-ci par un autre qu'on a chargé d'avance. Lorsque le cylindre qu'on a retiré du fourneau est tout à fait refroidi, on défait son couvercle, et on retire le bois carbonisé. Dix stères de bois fournissent environ 4 stères $\frac{1}{2}$ de charbon.

M. Kestner, à Thann (Alsace), emploie un appareil dont l'usage s'est très répandu en France dans ces



derniers temps, et qui est représenté en plan fig. 8 et en coupe fig. 9. Le bois est chargé dans un cylindre en fonte a, dont la capacité est de 3 mètres cubes environ ; on l'y introduit par une ouverture b pratiquée dans le couvercle du cylindre ; après l'avoir préalablement débité en bûchettes de dimensions convenables. Le cylindre est placé dans un fourneau à grille c que l'on charge par la porte d. La flamme du combustible s'élève en circulant tout autour du cylindre a, dans les carneaux e, e., et se rend enfin dans la cheminée d'appel f, comme il est indiqué fig. 8.



Les produits de la distillation se rendent par le tuyau en tôle *y*, dans l'appareil de condensation qui se compose de quatre tuyaux horizontaux placés les uns au-dessus des autres, réunis par des coudes, et enveloppés de manchons en tôle *z*, dans lesquels on fait continuellement circuler un courant d'eau. Cet appareil est soutenu par une charpente en bois *hh*. L'eau froide arrive d'un réservoir *k*, et se rend par le tube *l* en *m* dans le manchon inférieur, puis passe successivement dans les autres manchons par les tubes verticaux *o, o, o*, et s'échappe enfin bouillante, par le tube recourbé *p*. Les produits condensés de la distillation, tombent par le conduit *q* dans le premier réservoir *r*, tandis que les gaz inflammables se rendent par le conduit *s*, muni d'une valve régulatrice, sous le cylindre *a*; de sorte qu'il n'est besoin de charger du combustible sur la grille, qu'au commencement de l'opération, la chaleur produite par la combustion des gaz non condensés étant ensuite suffisante pour achever la distillation. On laisse refroidir le charbon de bois pendant cinq à six heures, et on le retire ensuite par une porte pratiquée au bas du cylindre *a*, et correspondant à l'ouverture *u* du fourneau. Chaque stère de bois de sapin soumis à la distillation donne 5 hectolitres d'acide pyroligneux brut. Cet acide est très fortement coloré en brun, très chargé de goudron et marque 5° à l'aréomètre de Baumé. Il reste dans la cornue environ 220 kilogrammes de charbon de bois, et on consomme sur la grille 4 stère de fagots et menus branchages. Les 5 hectolitres d'acide brut, purifiés par plusieurs distillations successives, donnent 40 kilogr. de goudrons, et 375 litres d'acide pyroligneux propre à être livré au commerce et contenant 7 p. 100 d'acide acétique anhydre.

Les différentes qualités de bois employés dans cette opération donnent à peu près les mêmes produits en acide; mais il n'en est pas de même relativement au charbon; celui-ci est d'autant meilleur que le bois employé est plus dur; et l'on a remarqué que le bois qui a été longtemps exposé à l'air donne un charbon de moins bonne qualité que celui qui a été carbonisé peu de temps après qu'il a été coupé.

L'acide brut obtenu a une couleur brune rougeâtre. Il tient en dissolution une certaine quantité d'huile empyreumatique et de goudron qui se sont formés pendant la distillation; une autre portion de ces produits *y* existe aussi à l'état de simple mélange. Celle-ci peut en être séparée en laissant reposer et décantant. Nous avons dit plus haut que l'appareil de distillation se terminait par un réservoir souterrain, où tous les produits vont se rendre et se mêler.

L'acide pyroligneux est séparé par décantation du goudron non dissous, et transporté dans de grandes chaudières en tôle, où on le sature, soit avec de la chaux vive, soit avec de la craie. Pendant la saturation, il se sépare une nouvelle quantité de gou-

dron sous la forme d'écumes, qui viennent nager à la surface du bain, et que l'on retire avec des écumeurs. On laisse ensuite reposer; puis on décante la liqueur qui surnage. On fait ensuite évaporer la dissolution saline ainsi clarifiée jusqu'à ce qu'elle ait atteint une densité de 4,144 (15° de l'aréomètre de Baumé); on y ajoute alors une dissolution saturée de sulfate de soude. Il se précipite du sulfate de chaux, et il reste en dissolution de l'acétate de soude. Dans quelques manufactures, au lieu de suivre ce procédé, on dissout le sulfate de soude dans l'acide pyroligneux chaud, qu'on sature ensuite avec de la craie ou avec de la chaux. Par ce moyen, on n'a pas besoin d'employer de l'eau pour dissoudre le sulfate, et par conséquent on obtient une dissolution suffisamment concentrée sans avoir besoin de l'évaporer. Dans les deux modes d'opérer, on laisse déposer le sulfate de chaux, puis on décante la dissolution d'acétate de soude qui surnage. Le résidu est lavé à part; les premières eaux de lavages sont repassées avec la dissolution d'acétate de chaux, et les dernières servent à laver une première fois de nouveaux résidus. On évapore ensuite la dissolution d'acétate de soude ainsi obtenue, jusqu'à ce qu'elle ait atteint une densité de 4,225 ou de 4,23, selon la saison. On la verse ensuite dans de grands cristallisoirs, d'où l'on décante les eaux-mères après trois ou quatre jours, selon leur capacité, et l'on obtient de premiers cristaux, fortement colorés et très volumineux, se présentant sous la forme de prismes rhomboïdaux. Les facettes de ces cristaux sont très polies et leurs arêtes très vives. Les eaux mères sont soumises à des évaporations et à des cristallisations successives, jusqu'à ce qu'elles ne donnent plus de cristaux; puis, en les évaporant à sec et calcinant, on obtient du carbonate de soude.

Pour éviter d'établir d'une manière conjecturale les proportions des matières à employer, ce qui est toujours préjudiciable, tant par suite de la perte de temps qui en résulte, qu'à cause des mauvais résultats que les tâtonnements ne peuvent manquer de produire, on doit déterminer d'avance, expérimentalement, les quantités absolument nécessaires pour la décomposition réciproque, spécialement quand on change l'acide acétique ou le sulfate de soude précédemment employés. Mais il faut remarquer que, quelles que soient les précautions que l'on prend, il se perd toujours une quantité notable de sulfate de soude et d'acide acétique; cela tient à ce qu'il reste toujours une certaine quantité d'acétate de soude ou de chaux avec le sulfate de chaux qui se précipite. Celui-ci, de son côté, n'est pas entièrement insoluble, de sorte qu'il y en a toujours une certaine quantité qui se concentre dans les dernières eaux mères, et qui, par l'évaporation et la calcination, donne naissance à une quantité correspondante de sulfate de soude, qui se trouve mélangé avec le carbonate de soude provenant de la décomposition par la chaleur, de l'acétate de soude; et lorsqu'on reprend ce carbonate impur par l'eau, il reste un résidu de carbonate de chaux. On pourrait supposer qu'en torréfiant convenablement l'acétate de chaux, on détruirait complètement l'huile empyreumatique avec laquelle il se trouve mélangé; mais cela n'est pas. Quelques manufacturiers préfèrent fabriquer l'acétate de soude par une saturation directe de l'acide par l'alcali, et ils pensent que le prix plus élevé de cette dernière substance est plus que compensé par l'économie de temps et de combustible que ce procédé procure.

On purifie aisément l'acétate de soude par des cristallisations répétées ou par la torréfaction; ce dernier procédé, lorsqu'il est bien conduit, le débarrasse complètement des moindres particules de goudron. Cette torréfaction, à laquelle on peut donner le nom de fusion, exige beaucoup de soin et de dextérité. On la fait ordinairement dans des chaudières en fonte, peu pro-

ACIDE ACÉTIQUE.

fondes et de forme hémisphérique. Pendant tout le temps que la chaleur se maintient à peu près à 250 à 300° centigrades, la masse en fusion doit être soigneusement remuée avec des râbles, opération qui dure environ vingt-quatre heures pour 500 kilogrammes de matières. On doit éviter avec le plus grand soin d'élever la température au point de décomposer l'acétate, et s'assurer que la chaleur est également distribuée; car si un seul point de la masse entre en décomposition, celle-ci se propage avec une si grande rapidité, qu'il devient excessivement difficile d'en arrêter les progrès et d'empêcher la destruction de la totalité de la charge. La chaleur ne doit jamais devenir assez forte pour qu'il se dégage la moindre fumée, même lorsque tout l'acétate est liquéfié. Lorsqu'il ne se forme plus d'écume à la surface et que la masse coule comme de l'huile, l'opération est terminée; on laisse alors refroidir en bloc, ou bien on coule dans des moules, ce qui est préférable.

On dissout ensuite l'acétate torréfié dans l'eau et on en sépare la matière charbonneuse, provenant de la décomposition du goudron, par filtration, ou en faisant bouillir la dissolution jusqu'à ce qu'elle ait été ramenée à la densité de 1,144; alors la matière charbonneuse tombe au fond; et en évaporant le liquide clarifié, on obtient un acétate parfaitement pur, qui donne de magnifiques cristaux incolores par le refroidissement. Dans cet état de pureté, on le décompose par l'acide sulfurique pour en séparer l'acide acétique.

Cette dernière opération, quoique simple en apparence, n'en exige pas moins beaucoup de soins et d'adresse. L'acétate de soude cristallisé et broyé est mis dans une chaudière de cuivre, et on verse par-dessus de l'acide sulfurique à la densité de 1,842, en quantité suffisante (environ 35 p. 400 du sel employé) pour décomposer, sinon tout, du moins presque tout l'acétate. On laisse réagir entre elles les matières en présence. L'acide acétique se sépare par degrés de sa combinaison et vient à la surface. La plus grande partie du sulfate de soude, qui résulte de la réaction, tombe au fond sous forme pulvérulente ou en petits cristaux granuleux; une autre portion reste dissoute dans le liquide, qui a alors une densité spécifique de 1,08. Par la distillation, on sépare ce sulfate, et on obtient finalement dans le récipient un acide acétique ayant une pesanteur spécifique de 1,05, d'un goût et d'une odeur agréables, quoique vers la fin il passe un peu empyreumatique et coloré; c'est pourquoi on doit recueillir à part les derniers produits de la distillation.

L'acide destiné aux usages culinaires doit être distillé dans un alambic dont le chapiteau et le serpent sont d'argent; et pour l'avoir parfaitement pur, on doit le clarifier avec un peu de noir animal bien lavé. On l'obtient ordinairement ainsi assez concentré, mais si l'on désire l'avoir dans un plus grand état de concentration, il suffit de le distiller sur du chlorure de calcium. On peut ensuite faire congeler l'acide ainsi concentré, et la portion qui cristallisera sera celle qui aura le plus de force. On décantera, et les cristaux obtenus se fondront si on les expose à une température de 45 à 21° centigrades. On répète l'opération jusqu'à ce que l'acide se congèle sans résidu à la température de 42 à 43° degrés centigrades; il a alors atteint son maximum de concentration et sa densité est de 1,063.

Nous ajouterons une observation sur le mode indiqué plus haut pour décomposer l'acétate de soude par l'acide sulfurique, et qui est assez délicat. Si on verse l'acide sulfurique par petites quantités à la fois, il se dégage des vapeurs acides tellement irritantes que les ouvriers sont obligés de quitter l'atelier. On prévient cet inconvénient en versant tout l'acide sulfurique à la fois, il gagne alors le fond de la chaudière, et ne décompose que la portion d'acétate qui est en contact avec lui. La

ACIDE ACÉTIQUE.

chaleur qui se dégage par suite de la réaction se distribue dans toute la masse, et ne produit plus aucun effet sensible.

On n'a pu jusqu'ici obtenir l'acide acétique anhydre, et l'acide le plus concentré que l'on puisse préparer renferme encore un équivalent d'eau, ou 44,86 pour 100 en poids. Les procédés que l'on suit pour préparer l'acide acétique concentré tendent quelquefois à le priver de cette eau, sans laquelle il ne peut pas exister; il arrive alors qu'une partie de l'acide se décompose et fournit l'eau de constitution nécessaire à ce qui reste. Les principes constituants de la portion décomposée forment alors un liquide particulier, d'une saveur âcre et brûlante, très inflammable, qu'on appelle esprit pyroacétique, ou *acétone* (voyez ce mot).

L'acide le plus concentré a une densité de 1,063. Celle-ci augmente jusqu'à un certain point en ajoutant de l'eau, puis diminue ensuite. Selon Berzélius, l'équivalent primitif de cet acide est de 643,489; l'oxygène était représenté par 400. En conséquence l'acide le plus concentré dont il s'agit se trouve formé d'un équivalent d'acide 643,489, et d'un équivalent d'eau 442,479. Lorsqu'il contient trois atomes d'eau, c'est-à-dire 337,437 parties pour 643,489 d'acide, ou 34,44 centièmes d'eau pour 65,59 d'acide anhydre, en tout 400,00 d'acide hydraté, il atteint son maximum de densité qui est de 1,079; mais si on ajoute encore de l'eau sa pesanteur spécifique diminue, ainsi que l'indique la table suivante dressée par Mollérat. L'acide primitif dont il est question ici a une densité de 1,063, et contient 44,86 d'eau.

ACIDE au maximum DE CONCENTRATION.	EAU AJOUTÉE.	PESANTEUR spécifique DU MÉLANGE.
440 parties.	0,0 part.	4,0630
—	40,0 —	4,0742
—	22,5 —	4,0770
—	32,5 —	4,0791
—	43,0 —	4,0763
—	55,0 —	4,0742
—	66,5 —	4,0728
—	97,5 —	4,0658
—	408,5 —	4,0637
—	448,2 —	4,0630

L'acide acétique prend rapidement feu lorsqu'il est chauffé dans des vases ouverts, à la température de l'ébullition; il brûle alors avec une légère flamme bleue, presque semblable à celle de l'alcool. On doit le conserver en vases clos, autrement il perd sa force en attirant à lui l'humidité de l'air. A l'état de concentration, il n'est guère employé que comme excitant, sur les organes de l'odorat, dans les indispositions et les défaillances. Ses propriétés anti-épidémiques sont apocryphes. Ce qu'on trouve chez les marchands, sous le nom de sels de vinaigre, n'est autre chose que du sulfate de potasse, renfermé dans de petits flacons et imprégné d'acide acétique, qu'on aromatise quelquefois avec de l'essence de romarin ou de lavande.

Lorsqu'on fait passer de l'acide acétique, réduit en vapeur, à travers un tube de fer chauffé au rouge, il se convertit en eau, en acide carbonique, en hydrogène carboné, et principalement en acétone.

L'acide acétique dissout un grand nombre de produits organiques, tels que le camphre, le gluten, les gomme résines, les résines, la fibrine du sang, le blanc d'œuf, etc.

C'est un problème important que de pouvoir s'assurer de la force et de la pureté du vinaigre. On le rend souvent acide en le frelatant avec des acides à bas prix, tels que l'acide sulfurique et l'acide nitrique. On découvre aisément l'acide sulfurique en y ajoutant un sel soluble de baryte ou de plomb, qui donne lieu à un précipité blanc lorsque le vinaigre a été falsifié par ce moyen. Lorsqu'il l'a été par l'acide nitrique, qui est plus difficile à reconnaître, on le fait chauffer dans un verre de montre avec un peu d'acide muriatique pur et un morceau de feuille d'or; celle-ci se dissout avec dégagement de vapeurs nitreuses, s'il y a de l'acide nitrique. On peut employer de la tournure de cuivre, ce qui réussit tout aussi bien, et se borner à constater la formation de vapeurs nitreuses, ou bien ajouter à la dissolution un peu de sulfate de protoxyde de fer, qui prendra une couleur violette très intense passant au noir. Si le vinaigre contenait de l'acide hydrochlorique, on le reconnaîtrait à ce qu'il donnerait lieu par le nitrate d'argent à un précipité blanc cailléboté, qui devient en très peu d'instant d'un bleu violet sale, par l'action de la lumière solaire.

La pesanté spécifique, si on a le soin de la déterminer avec un pèse-acide bien confectionné, est un bon moyen d'essai pour reconnaître la force du vinaigre pur. On peut considérer la table suivante, donnée par MM. Taylor, comme à peu près correcte, ou du moins comme suffisante pour les transactions commerciales.

PESANTEUR spécifique.	TENEUR CORRESPONDANTE en acide anhydre pour 100.
1,0085	5
1,0170	10
1,0257	15
1,0320	20
1,0470	30
1,0580	40

En Angleterre, on ne détermine pas directement la force du vinaigre par sa pesanté spécifique, mais bien par la densité qu'il prend, quand il est saturé de chaux vive. La fraction décimale de la pesanté spécifique de l'acétate de chaux, est à très peu près le double de celle du vinaigre pur qui lui correspond; c'est à-dire que cette densité étant de 1,009 pour le vinaigre, elle devient 1,018 pour l'acétate de chaux. Le vinaigre de grain ou de malt contient tellement de mucilage ou de gluten, qu'un vinaigre de malt de même force que le précédent, a une densité de 0,014, qui devient de 1,023, quand ce vinaigre est converti en acétate de chaux; il s'ensuit que 0,005 de sa densité sont dus à la présence de matière mucilagineuse, qu'il renferme. Ce fait démontre l'erreur que l'on peut commettre en déterminant par l'aréomètre la force des vinaigres qui sont plus ou moins mélangés de gluten. Le seul procédé d'essai exact, pour cet acide, comme du reste pour tous les autres, consiste à déterminer la quantité d'alcali, qu'un poids ou un volume donné peuvent saturer.

On peut employer le bicarbonate de potasse, qu'il est facile de se procurer très pur, en se basant sur ce fait, que ce sel saturé à très peu près exactement la moitié de son poids d'acide acétique anhydre.

On peut également pour mesurer la concentration des vinaigres, se servir d'ammoniaque caustique d'une densité et d'un titre connus, et c'est sur ce procédé qu'est basé l'acétimètre de M. F.-J. Otto, dont voici la description.

Un tube (fig. 40) fermé par un bout, de 32 centimètres de longueur, et 13 à 14 millimètres de diamètre, porte près de sa partie inférieure, un trait de lime A, niveau auquel s'élève à la température de 15° C, un gramme d'eau distillée. L'espace entre A et B ou 0, contient 40 grammes de la même eau à cette température; de B en C, de C en D et ainsi de suite, le tube est partagé en parties égales, subdivisées elles-mêmes en plus petites. Les premières peuvent contenir chacune, 2,080 grammes d'eau ou 2,070 grammes d'ammoniaque liquide, contenant 1,369 p. 100 d'ammoniaque.

Cette quantité de 2,070 grammes de liqueur ammoniacale, à ce titre, est suffisante pour saturer un décigramme d'acide acétique hydraté, contenant un équivalent ou 44,86 pour 100 d'eau. Comme les divisions à partir de C répondent à des centièmes, on peut les désigner aussi par les chiffres 1, 2, 3, etc.

Voici la manière de se servir de cet instrument :

On verse dans le tube jusqu'en A, une teinture bleue de tournesol faite pour cet objet, avec une partie de tournesol en pain et quatre parties d'eau; puis, on ajoute jusqu'en B le vinaigre à essayer, dont il faut environ 40 grammes. Toute la liqueur du tube devient aussitôt rouge. Maintenant on prend la liqueur ammoniacale d'épreuve au titre annoncé ci-dessus, et on la verse par parties avec précaution, en secouant chaque fois et en fermant l'extrémité du tube avec le doigt. On continue ainsi lentement jusqu'à ce que la teinture bleue du tournesol soit rétablie. La hauteur du mélange dans le tube, donne en centièmes le degré acétimétrique du vinaigre. Par exemple, si la liqueur s'élevait jusqu'en I, le vinaigre essayé contiendrait $\frac{1}{2}$ pour 100 d'acide acétique.

L'avantage de cette méthode est de pouvoir être exécutée par tout le monde, en peu d'instant et sans beaucoup de connaissances préalables. D'ailleurs, il est facile de se procurer toujours de la liqueur d'épreuve au même titre, puisque la quantité absolue d'ammoniaque qu'elle renferme, s'apprécie très exactement au moyen du poids spécifique. On n'obtient pas, il est vrai, ainsi une exactitude rigoureuse, mais le procédé est bien suffisant dans la pratique, et donne de meilleurs résultats que tous ceux proposés jusqu'à ce jour, surtout quand il s'agit de vinaigres d'eau-de-vie et de tous ceux qui sont dépouillés de matières mucilagineuses.

Pour que les praticiens puissent facilement eux-mêmes titrer leurs liqueurs d'épreuve, M. Otto, d'après des essais qui lui sont propres, a dressé la table suivante des quantités d'eau qu'il faut ajouter à une liqueur ammoniacale d'une densité quelconque, pour l'amener à contenir 1,369 p. 100 d'ammoniaque.

On fait usage de cette table de la manière suivante : on prend avec un aréomètre à la température de 13° Réaumur ou 16° C., la pesanté spécifique de l'ammoniaque, dont on peut disposer. Supposons qu'on la trouve de 0,9650; en cherchant ce nombre dans la deuxième colonne de la table, on voit vis-à-vis dans la première colonne, le nombre 3, 5, qui indique la quantité absolue d'ammoniaque contenue dans 100 parties de ce liquide. Maintenant, pour en faire de la liqueur d'épreuve, la 3^e et la 4^e colonnes nous apprennent que sur 1000 parties en poids, ou si on veut 4000 grammes, il faut prendre 464 parties ou grammes (3^e colonne) de cet ammoniaque liquide, et y ajouter 339 parties ou grammes (4^e colonne) d'eau distillée. Cette liqueur d'épreuve est alors versée dans des flacons qu'on conserve bien pleins et bien bouchés pour s'en servir au besoin, en exposant le moins possible au contact de l'air cette dissolution

ACIDE ACÉTIQUE.

ACIDE ACTTIQUE.

LIQUEUR AMMONIACALE		QUANTITÉS	
		qu'il faut prendre pour former une liqueur d'épreuve contenant 1,569 p. 100 d'ammoniaque.	
Contenant en ammoniacale dans 100 part.	d'une pesanté spécifique de	De la liqueur ammoniacale.	D'eau distillée.
42,009	0,9547	444,08	886,02
44,875	0,9524	445,3	884,7
44,750	0,9526	446,5	883,5
44,625	0,9534	447,8	882,2
44,500	0,9536	449,0	884,0
44,375	0,9549	420,0	880,0
44,250	0,9545	424,7	878,3
44,125	0,9550	423,0	877,0
44,000	0,9555	424,5	875,5
40,954	0,9556	425,0	875,0
40,875	0,9559	426,0	874,0
40,750	0,9564	427,3	872,7
40,625	0,9569	429,0	871,0
40,500	0,9574	430,4	869,6
40,375	0,9578	432,0	868,0
40,250	0,9583	433,5	866,5
40,125	0,9588	435,0	865,0
40,000	0,9593	437,0	863,0
9,875	0,9597	438,0	864,4
9,750	0,9602	440,4	859,6
9,625	0,9607	442,2	857,8
9,500	0,9612	444,0	856,0
9,375	0,9616	446,0	854,0
9,250	0,9624	448,0	852,0
9,125	0,9626	450,0	850,0
9,000	0,9634	452,0	848,0
8,875	0,9636	454,0	846,0
8,750	0,9644	456,4	843,6
8,625	0,9645	458,7	841,3
8,500	0,9650	461,0	839,0
8,375	0,9654	463,5	836,5
8,250	0,9659	466,0	834,0
8,125	0,9664	468,5	831,5
8,000	0,9669	471,0	829,0
7,875	0,9673	473,8	826,2
7,750	0,9678	476,6	823,4
7,625	0,9683	479,5	820,5
7,500	0,9688	482,5	817,5
7,375	0,9692	485,6	814,4
7,250	0,9697	488,8	811,2
7,125	0,9702	492,0	808,0
7,000	0,9707	495,6	804,4
6,875	0,9714	499,0	804,0
6,750	0,9716	202,8	797,2
6,625	0,9721	206,6	793,4
6,500	0,9726	210,6	789,4
6,375	0,9730	214,7	785,3
6,250	0,9735	219,0	781,0
6,125	0,9740	223,5	776,5
6,000	0,9745	228,0	772,0
5,875	0,9749	233,0	767,0
5,750	0,9754	238,0	762,0
5,625	0,9759	243,4	756,6
5,500	0,9764	249,0	751,0
5,375	0,9768	254,7	745,3
5,250	0,9773	260,8	739,2
5,125	0,9778	267,0	733,0
5,000	0,9783	273,8	726,2

ammoniacale. Pour les vinaigres très faibles, on réussit

mieux en étendant encore la liqueur d'épreuve avec son volume d'eau distillée. Alors, il faut prendre la moitié du résultat indiqué par l'instrument pour le degré acidimétrique du vinaigre essayé. Pour les vinaigres trop forts, au contraire, il faut les étendre d'une fois leur volume d'eau, ce qui est facile avec l'instrument, lequel porte en H une marque qui partage en deux parties égales l'espace entre A et B. Seulement, après l'épreuve, il faut avoir soin de doubler le nombre donné par l'instrument, pour avoir le véritable degré d'acidité du vinaigre essayé.

Le vinaigre après qu'il a été tiré au clair doit être conservé dans des vases propres, bien pleins et bouchés soigneusement, qu'on dépose dans un lieu tranquille, obscur et frais.

Lorsqu'il est en contact avec l'air, il s'y forme des animaux infusoires connus sous le nom d'*anguilles de vinaigre*, et appelés par les naturalistes *vibron du vinaigre* (*vibrio aceti*); qui sont quelquefois assez gros pour être aperçus à la vue simple. Ces animaux pouvant faire corrompre le vinaigre, il faut les tuer en faisant passer ce liquide à travers un serpent in d'étain entouré d'eau élevée à la température de 90° à 100°. Ces animalcules périssent par l'action de la chaleur; après quoi, on filtre le vinaigre pour le rendre limpide, et ils ne s'y montrent plus. Lorsqu'on opère en petit, on chauffe le vinaigre dans des cruches ou dans des bouteilles qu'on place dans un vase plein d'eau, où on les laisse jusqu'à ce que cette eau entre en ébullition.

Conservé dans des vases ouverts, ou lorsqu'il est en vidange, le vinaigre perd de sa transparence, et peu à peu, il s'y rassemble une masse cohérente, gélatineuse et transparente, qui paraît gluante et gonflée quand on la touche, et que les fabricants désignent improprement sous le nom de *mère de vinaigre*. Elle est produite aux dépens du vinaigre et celui-ci s'affaiblit d'autant plus qu'il se forme une quantité plus considérable de cette substance. Celle-ci est en quelque sorte, suivant M. Berzélius, le produit de la putréfaction du vinaigre; elle ne prend pas naissance dans le vinaigre très concentré, mais seulement dans le vinaigre étendu, et elle se forme d'autant plus facilement que celui-ci est plus faible. On prévient la décomposition, qui ne manque pas d'avoir lieu après ce dépôt, en filtrant le vinaigre à travers une chausse, ou mieux une couche un peu épaisse de poussière de charbon.

Enfin, le vinaigre bien préparé, contenant un peu d'éther acétique et un corps volatil particulier, qui lui donnent en partie l'odeur et la saveur qui le font rechercher, il importe de lui conserver ces principes en ne l'exposant pas à une température élevée, à l'action de la lumière et au contact prolongé de l'air.

On ajoute ordinairement au vinaigre de bois purifié un peu de sucre brûlé (caramel) et d'éther acétique, et même en France un peu de vin, pour lui donner autant que possible la couleur et le goût du vinaigre de vin. La propriété qu'il possède de blanchir les choux rouges qu'on y fait digérer, tient à ce qu'il renferme une petite quantité d'acide sulfureux dont on peut le débarrasser en le distillant, soit avec un peu de peroxyde de manganèse, soit mieux avec une très petite quantité de peroxyde de manganèse et d'acide sulfurique. On perd toujours dans cette opération un peu d'acide, parce qu'il se forme une petite quantité d'acétate de manganèse, et que d'ailleurs on ne peut pas distiller à sec dans le cas où on a ajouté de l'acide sulfurique.

Stolze a reconnu, à la suite d'un grand nombre d'expériences, que par la distillation, 100 kilogrammes de bois, donnent 36 à 48 kilogr. de produits liquides, desquels on retire 42 à 34 kilogr. d'acide pyroligneux, suivant la nature du bois employé. Les bois feuillus, durs et vieux, qui ont cru sur un sol sec, sont ceux qui donnent l'acide le plus concentré. Le bouleau blanc et

le hêtre rouge donnent par 100 kilogr. : 46 kilogr. d'acide pyroligneux distillé, 8 kilogr. d'huile empyreumatique et de goudron et 25 kilogr. de charbon de bois; il faut 524 parties de l'acide obtenu, pour saturer 100 parties en poids de carbonate de potasse. Le pin rouge donne par 100 kilogr. : 44 kilogr. d'acide pyroligneux, 46 kilogr. d'huile empyreumatique et de goudron, et 24 kilogr. de charbon de bois; mais il faut 4309 parties de cet acide pour saturer 100 parties en poids de carbonate de potasse, ce qui lui assigne une force qui est les $\frac{321}{1505}$, ou exactement les deux cinquièmes de celle de l'acide obtenu par la distillation du boue. Il faut de 576 à 640 parties des acides préparés avec du houx, du hêtre blanc, du frêne ordinaire ou du châtaignier sauvage, ou bien 960 à 990 parties des acides provenant de la distillation de l'aune ou du pin blanc pour saturer 100 parties en poids de carbonate de potasse.

L'acide pyroligneux est exclusivement employé dans les arts, pour beaucoup d'opérations qui n'exigent pas de l'acide acétique parfaitement pur. On en fait un grand usage dans les ateliers d'impression sur indiennes, pour la préparation de l'acétate de fer dit *bouillon noir*, et pour celle de l'acétate d'alumine dit *liqueur rouge*. On s'en sert aussi pour fabriquer l'acétate de plomb; mais dans ce cas, si l'acide renferme une quantité notable de matières goudronneuses, l'acétate de plomb ne cristallise qu'avec peine, sous la forme de concrétions imitant les choux-fleurs. On peut remédier à cet inconvénient en faisant bouillir la dissolution saline avec une très petite quantité d'acide nitrique, qui détermine un précipité granulaire brunâtre et donne à la liqueur une teinte rougeâtre. On filtre ensuite sur du charbon pilé, et on obtient une dissolution incolore, qui fournit, par l'évaporation spontanée, des cristaux très réguliers d'acétate de plomb.

L'acide pyroligneux possède au plus haut degré des propriétés anti-putrides. La viande qu'on y met tremper pendant quelques heures, peut ensuite être desséchée à l'air, sans crainte qu'elle se corrompe, mais elle devient dure en quelque sorte comme du cuir, de manière que ce mode de conservation n'est guère praticable pour les viandes de boucherie. Or l'emploi quelquefois pour le poisson.

ACÉTONE ou *esprit pyro-acétique* (*angl.* pyro-acetic spirit, *all.* essiggeist). Ce liquide, découvert par Chenevix, s'obtient en soumettant à une distillation sèche les acétates alcalins ou terreux, tels que ceux de soude et de chaux. On le rectifie, en le distillant de nouveau au bain-marie, sur du carbonate de potasse ou du chlorure de calcium. Quelquefois même, après plusieurs distillations successives, l'acétone conserve une odeur empyreumatique très désagréable, analogue à celle de l'ail; on l'en débarrasse en la rectifiant sur du noir animal. L'acétone, ainsi préparée, est un liquide incolore très limpide et très volatil, d'une odeur éthérée et pénétrante, brûlant comme l'alcool avec une flamme de peu d'apparence et légèrement bleuâtre. Il bout à 56°, sa densité est de 0,7924 à 45° et demi, et la densité de sa vapeur 2,049, sa composition est de :

Carbone.	62,5	} C ³ H ⁶ O
Hydrogène.	10,2	
Oxygène.	27,3	
	100,00	

Ce qui donne une proportion ou atome d'acide acétique, moins un atome d'acide carbonique. On l'emploie pour dissoudre les résines-gommées qui servent à donner de la consistance aux chapeaux.

ACIDES (*angl.* acids; *all.* säure). On donne le nom d'acides aux substances qui ont la propriété de neutraliser les bases salifiables, en produisant une classe particulière de corps qu'on désigne sous le nom de sels. Ils

ont généralement une saveur aigre, piquante, et rougissent certaines couleurs bleues végétales, notamment celles du tournesol.

Les acides sont les agents les plus énergiques qu'emploie la chimie industrielle pour transformer la nature des corps, et créer de nouveaux produits. Leur rôle est d'une importance égale à celui des machines dans la transformation de la forme des corps. Les acides sulfurique et nitrique surtout sont d'un emploi incessant dans une foule d'industries, et nous les rencontrerons presque à chaque page de ce livre.

Nous consacrerons un article à chaque acide important, au nom de chacun.

Pour déterminer la valeur des acides, qui se trouvent toujours dans le commerce étendus d'eau, on se sert généralement d'aréomètres qui indiquent leur densité, d'où l'on conclut leur force avec quelque approximation. Si l'on craint le mélange de substances étrangères qui peuvent faire varier cette densité, tout en diminuant la force de l'acide, on peut déterminer celle-ci exactement, en saturant l'acide avec une dissolution titrée d'alcali. On ajoute avant l'essai à l'acide quelques gouttes de teinture de tournesol, qui le colorent en rouge; lorsque la quantité d'alcali que l'on ajoute par petites portions arrive à ramener la couleur bleue, le point de saturation est atteint, et de la qualité d'alcali employée, il est facile de déduire la valeur réelle de la dissolution, en acide pur.

ACIER (*angl.* steel, *all.* stahl). L'acier est un composé de fer et de carbone très employé dans les arts. La quantité de carbone qu'il renferme est très faible, et varie de 1 à 2 p. 100; aussi ses propriétés physiques sont-elles peu différentes de celles du fer, et il peut se travailler de même. Mais, quand il a subi la trempe, c'est-à-dire, quand après l'avoir porté à la chaleur rouge, on le refroidit brusquement par l'immersion dans l'eau froide, il acquiert une dureté extrême, et devient alors propre à la confection des outils. On distingue dans le commerce plusieurs sortes d'acier, d'après les procédés qui ont servi à le préparer. Ce sont :

1° L'acier naturel, retiré directement des minerais.

2° L'acier de forge, obtenu par l'affinage partiel de la fonte.

3° L'acier de cémentation, préparé par la cémentation du fer forgé.

Et 4° L'acier fondu, provenant de la fusion d'un des aciers ci-dessus.

4° Acier naturel. On obtient souvent dans les forges catalanes du fer cédât ou acier naturel, en traitant certains minerais. Nous exposerons cette fabrication et les moyens de produire à volonté de l'acier naturel ou du fer à l'article FORGES CATALANES.

2° Acier de forge. Les seules fontes employées à la fabrication de l'acier sont les fontes grises ou blanches produites par une allure froide avec des minerais spathiques manganésifères. Pendant l'affinage, la totalité du manganèse et du silicium, et une partie du carbone se séparent et passent dans les scories. Le manganèse rend les scories très fluides et sert à ralentir leur action décarburante sur la fonte. Les principaux groupes industriels où l'on fabrique l'acier de forge sont : l'Isère, la Thuringe, la Westphalie, la Styrie et la Carinthie. Nous allons décrire succinctement les méthodes diverses suivies dans ces localités.

Méthode de l'Isère. La fonte employée dans les aciéries de l'Isère, vient partie de Savoie, partie du département même; elle est presque toujours grise, quelquefois blanche sublamellaire et striée. On l'affine dans des foyers à parois en brasse, n'ayant qu'une seule tuyère presque horizontale située à 36 centimètres au-dessus du fond. Le personnel se compose de quatre ouvriers qui se relaient deux par deux à tour de rôle. Après avoir réparé le foyer s'il est nécessaire, on

charge sur le contrevent 8 à 12 cent kilogrammes de fonte avec des scories riches de l'opération précédente, et le charbon de bois sur la tuyère, puis on conduit la fonte très lentement et elle n'est terminée qu'après environ huit heures.

L'affinage se fait seulement par la réaction des scories riches sur la fonte; ces scories étant très basiques retiennent assez faiblement une certaine quantité d'oxyde de fer, qui réagit sur le carbone de la fonte et le volatilise en se transformant en fer métallique. Afin que la décarburation ne soit pas complète et qu'il y ait peu de déchet; il faut que la température soit moins élevée que dans les feux d'affinerie ordinaires, et cependant que les scories restent bien fluides. Celles-ci, par conséquent, ne peuvent pas s'appauvrir autant que lorsqu'on fabrique du fer. On a soin de maintenir la fonte à l'état fluide et de favoriser la décarburation en la travaillant avec un ringard. Cette partie de l'opération, qui est l'affinage proprement dit, dure environ six heures. Lorsque la fonte commence à prendre nature à la surface du bain, on réduit autant que possible l'action décarbure, en diminuant le vent et appauvrissant les scories par l'addition d'une certaine quantité de sable quartzux. L'acier prend alors nature à la surface du bain et s'y coagule à l'état spongieux. L'affineur casse cette croûte avec son ringard et la pousse vers le contrevent, où il forme une petite loupe de 15 à 20 kilogr. qu'il enlève ensuite pour la cingler sous un marteau pesant 280 kilogr. Il faut environ dix minutes pour former et cingler une loupe. On continue ainsi jusqu'à ce que tout l'acier ait été élevé. Cette dernière opération dure environ huit heures, ce qui fait vingt-deux heures pour l'opération totale.

Pour obtenir 100 kilogr. de massiaux d'acier, on consomme 147 kilogr. de fonte brute et 130 kilogr. de charbon de bois. Les massiaux obtenus sont chauffés dans un foyer spécial alimenté à la houille et étirés. Pour 100 kilogr. d'acier étiré obtenu, on consomme 132 kilogr. de fonte brute, 170 kilogr. de charbon de bois et 90 kilogr. de houille.

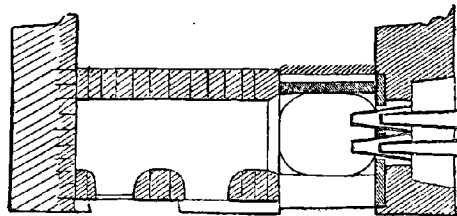
Méthode de Thuringe. La fonte employée à la fabrication de l'acier est blanche, cavernueuse, tachetée de gris; elle contient à la fois beaucoup de manganèse et de carbone; quelquefois elle est rayonnée, quelquefois lamelleuse à grandes lames. On emploie du charbon léger pendant l'affinage. Le foyer est construit en pierres réfractaires ou en briques; il est rectangulaire et a 70 centim. de côté. La pierre de fond est légèrement excavée et s'use rapidement. La tuyère est en cuivre; son inclinaison est de 8°, et elle est placée à 25 centim. environ de la rustine. Le marteau pèse 400 kilogr. Le personnel d'un foyer est de trois ouvriers et un aide. L'opération précédente étant terminée et la loupe enlevée, l'un des ouvriers jette à plusieurs reprises de l'eau dans le foyer et enlève toutes les scories. Il tasse ensuite de l'argile au fond, et place par-dessus d'abord une pierre plate en grès circulaire, puis une autre pierre de forme triangulaire, qu'il consolide avec de l'argile humide. Il charge alors du charbon et 15 kilogr. environ de fonte qu'il recouvre avec du combustible, et il donne du vent. Ceci se fait pendant que l'on forge la loupe et qu'on la coupe en deux. L'une des moitiés est placée au-dessus de la tuyère, tandis qu'on divise l'autre sous le marteau en plusieurs lopins. Cette division faite, on partage de la même manière la seconde moitié de la loupe. Elle est ordinairement divisée en 4, 5 ou 6 parties que l'on coupe, que l'on rapproche et que l'on forge de nouveau afin de rendre le tout plus homogène. Une loupe fournit de 18 à 20 barres de 0^m,02 de côté. On ajoute, pendant cette première partie, des scories riches à plusieurs reprises. Après 2 heures 1/2, on charge 30 kilogr. de fonte. A 3 heures, on commence à

travailler avec le ringard dans le bain, une grande partie de la fonte est déjà fondue. A 3 heures 1/2 on ajoute 10 kilogr. de fonte. On travaille à plusieurs reprises dans la loupe; l'ouvrier enfonce son ringard et la perce en plusieurs endroits. A quatre heures trois quarts nouvelle addition de scories, si le travail marche trop lentement. Après 5 heures, on enlève la loupe comme nous l'avons dit ci-dessus; pendant cette seconde partie de l'opération, on continue le corroyage de l'acier. On donne plus de vent que pour la fabrication du fer; aussi par suite de la grande rapidité avec laquelle la fonte se décarbure est-on obligé de ne l'ajouter que par parties et successivement. L'acier obtenu est d'excellente qualité, et livré sans autre préparation au commerce. Voici le tableau du prix de revient de l'acier corroyé pour une des usines des environs de Schmalkalden.

Frais spéciaux	} Fonte 136 kilogr.	27 fr. 09 c.			
		} Charbon de bois 324 kil.	14 » 26 »		
			4 » 27 »		
Frais génér.	} Frais de direction et d'en-	} Intérêt du capital et des	} 2 » 43 »		
				} tretien.	} fonds de roulement.
Prix de revient du quintal métrique d'acier raffiné.			47 fr. 75 c.		

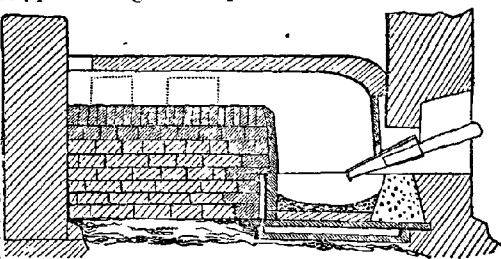
Méthode de Westphalie. En Westphalie et dans le pays de Siegen, on traite des fontes blanches lamelleuses manganésées qui s'affinent très rapidement. Le feu est monté d'une manière analogue aux feux d'affinerie; on y charge la fonte par petites portions de 36 kilogr. au plus, que l'on affine à mesure. L'étrépage des lopins se fait pendant la fusion suivante. On consomme 130 kilogr. de fonte lamelleuse et 200 kilogr. de charbon par 100 kilogr. d'acier obtenu.

Méthode de Carinthie. Nous allons décrire le procédé suivi dans l'usine de *Niederwatz*, appartenant au prince de Schwarzenberg. La fonte obtenue au haut fourneau de *Turrach*, avec un mélange de fer oxydé brun et de fer carbonaté spathique manganésifères est grise ou truitée. On commence par lui faire subir un raffinage ou *mazéage*



11.

préliminaire dans un fourneau dont la fig. 11 donne le plan et la fig. 12 la coupe.



12.

Le fond du creuset est formé de deux plaques en fonte entre lesquelles l'air peut circuler, et au-dessus de la plaque supérieure il y a un pavé formé d'une assise de

briques réfractaires. La *warme* et le *lasterol* ou face de *chio* sont deux blocs de grès réfractaire, convenablement taillés. La *rustine* ou *haire* et le *contrevent* sont formés de plaques de fonte, qui laissent entre elles et la maçonnerie un espace vide où l'air peut circuler et les rafraîchir pendant l'opération.

Le feu a de la *warme* au *contrevent*, au niveau de la tuyère 4^m,00 et à la sole 0^m,95; sa largeur de la *haire* au *chio* est de 0^m,90 et sa profondeur de 0^m,32. Au dessus de l'assise on briques réfractaires, on tasse 0^m,06 de sable fin ou de quartz pilé, ce qui réduit la profondeur du feu à 0^m,26. Il y a deux tuyères en cuivre plongeant sous un angle de 42 à 45°, qui avancent de 0^m,16 dans le feu et dont les axes sont éloignés de 0^m,21; elles sont demi-rondes et ont à leur extrémité 0^m,040 de large sur 0^m,033 de haut. Les buses qui amènent l'air de la soufflerie sont rondes, ont 0^m,033 de diamètre à leur embouchure et viennent s'arrêter à 0^m,18 de l'extrémité des tuyères.

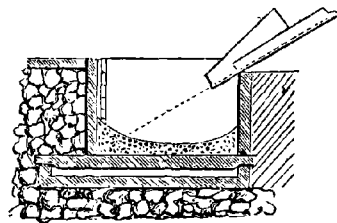
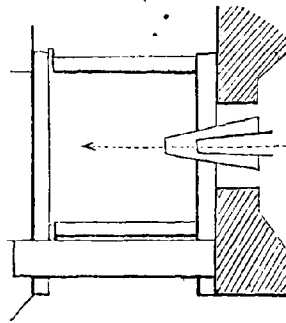
Le foyer est recouvert par une voûte située à 4^m,32 au-dessus de la sole, qui conduit la flamme dans un four à réverbère ayant 4^m,98 de long, 0^m,79 de large à l'avant et 0^m,71 à l'arrière, dont la voûte est à 0^m,29 au-dessus de la sole. Enfin la flamme s'échappe par un rampant de 0^m,16 sur 0^m,68 qui débouche dans la cheminée. Le personnel se compose de 4 ouvriers, qui se relaient deux par deux après deux opérations successives ou à peu près de 6 en 6 heures. La coulée étant terminée, on répare la sole en quartz et après avoir rempli le creuset de charbon, on donne le vent, puis, on charge 170 kilogr. de fonte grise concassée en morceaux de 26 à 32 centim. de long, 18 à 21 centim. de large et 8 centim. d'épaisseur, et préalablement portée au rouge vif dans le four à réverbère alimenté par les flammes perdues. On ajoute de temps en temps du charbon, et on soulève les fragments de fonte non fondus pour les reporter sur le charbon près du *contrevent*, à l'aide du ringard en fer pointu A.



13.

Lorsque la première charge de fonte est presque entièrement fondue, on fait tomber sur le charbon à l'aide du ringard la fonte qui était dans le four à réverbère, on la ramène sur le *contrevent* et on introduit une nouvelle charge dans le four à réverbère. On continue ainsi, jusqu'à ce que le creuset soit presque entièrement rempli de fonte, de sorte que le niveau de celle-ci ne soit plus qu'à 6 à 8 centim. au-dessous de la lèvre de la tuyère. On ajoute pendant l'opération, une quantité plus ou moins grande de scories riches d'affinage, pour accélérer la décarburation, s'il est nécessaire, et diminuer le déchet. On ne fait pas de percée de scories. Dès que le creuset est plein de fonte, on débouche le trou de percée, et on coule fonte et scories en plaques minces, dans un moule en sable. On jette de l'eau dessus, les scories qui sont venues à la surface *s'étonnent* et se séparent alors aisément; la fonte est ensuite cassée en fragments dits *blettes*, qui ont 2 1/2 à 3 centim. d'épaisseur. Les scories contiennent quelques grenailles de fonte et sont passées au *becard à crasses*. Chaque opération dure environ trois heures. On produit moyennement par feu et par vingt-quatre heures 45 à 50 quintaux métriq. de fonte en *blettes*, avec un déchet de 3 1/2 p. 400, lorsqu'on ajoute des scories d'affinage et de 7 à 8 p. 400 lorsqu'on n'en ajoute point. On consomme environ 40 kilogr. de charbon de bois léger par 400 kilogr. de *blettes* obtenues. Ces *blettes* ont une cassure blanche, caverneuse, quelque peu rayonnée.

44.



45.

La figure 44 donne le plan et la figure 45 la coupe d'un feu d'allumerie pour la fabrication de l'acier.

Toutes les parois du creuset sont formées de plaques de fonte verticales; le fond est également formé par une plaque en fonte qui est baignée par un courant d'air qui la rafraîchit pendant l'opération.

La hauteur des plaques de *haire*, de *contrevent* et de *chio* est de 0^m,40; celle de la *rustine* est de 0^m,32. La distance de la *haire* au *chio* est de 0^m,62; celle

de la *warme* au *contrevent* est, près de la *haire*, 0^m,60 et près du *chio* 0^m,62. Il n'y a qu'une tuyère circulaire en cuivre, dont le diamètre est de 0^m,035, qui plonge sous un angle de 42 à 46° et avance dans le feu de 0^m,13. La buse par laquelle l'air arrive sous une pression de 0^m,048 de mercure a 0^m,039 de diamètre.

Avant de mettre le foyer en activité, on le remplit de menu charbon venant de l'opération même et souvent mélangé de cendres et de scories, on l'enflamme et lorsque la moitié à peu près en est consumée, on tasse le tout aussi fortement que possible. On répète cette opération jusqu'à ce que la sole en brasque s'élève à 0^m,18 en contre-bas de la tuyère. Cette sole dure à *Niederwalz* beaucoup plus longtemps que dans la plupart des autres feux carinthiens où le mazéage préliminaire s'effectue dans le même foyer. — Aussitôt que la loupe a été retirée du feu, on vide tout le creuset, et on répare, s'il est nécessaire, la sole en brasque. On remplit ensuite le creuset de charbon, on charge 20 à 30 kilogr. de fonte brute près du *contrevent* pour former un principe sur lequel vient plus tard s'asseoir la loupe, et on donne le vent; la fonte ne tarde pas à se fondre, et gagne le fond du creuset, où elle est protégée contre l'action du vent et ne se décarbure que très lentement. Pendant ce temps on partage la loupe en deux *massiaux* que l'on reporte dans le feu, le premier près du *contrevent*, le second au-dessus de la tuyère, et que l'on recouvre d'une pelletée de charbon. Dès que le premier *massiau* est arrivé au rouge blanc, on le retourne et on le nettoie successivement dans le feu même sur toutes ses faces et la moitié de sa longueur, avec une sorte de petite pelle en fer B.

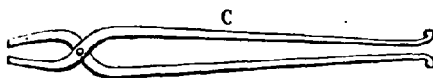


46.

On enlève ainsi toute la croûte ferrugineuse et non aciérée qui recouvre l'une des extrémités du *massiau*

ACIER.

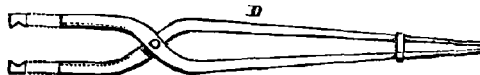
que l'on étire ensuite en bout de barre de 8 centim. de côté qui sert à le manoeuvrer. On reporte pendant ce temps le second massiau près du controveut et on le traite de même. Cela dure en tout une heure et demie. Le marteau est soulevé par la queue, pèse 490 kilogr., a une levée de 0^m,48 et bat de 435 à 440 coups par minute. On manoeuvre les massiaux à l'aide de grandes pinces C figurées ci-dessous.



47.

On vide alors le creuset, et on examine l'état de la fonte qui doit être à l'état pâteux et que l'on brise avec le ringard pointu pour l'amonceler au milieu de la sole. Si la décarburation n'est pas assez avancée et que la fonte soit encore trop liquide, on la brasse avec des battitures de fer que l'on y ajoute; si au contraire elle est trop avancée, on y ajoute des fragments de nouvelle fonte.

Cela fait on saisit le premier massiau avec les tenailles D et on le reporte dans le feu;



48.

Puis après avoir nettoyé la tête, on l'étire en bout de barre de 8 centim. de côté. On commence alors à former la loupe en chargeant les blettes sur le controveut. On réchauffe le massiau dans le feu, en ayant soin de jeter dessus une pelletée de scories riches humectées d'eau, afin de le préserver contre l'action du vent, et on le partage en deux grosses barres qui sont successivement réchauffées, divisées en deux petites barres, et chacune d'elles subdivisée en trois bouts de barre, qui sont étirées dans un foyer spécial. On reporte ensuite le second massiau dans le feu, et on le traite de même.

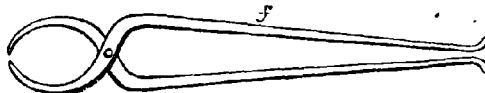
Pour accélérer la décarburation on ajoute des scories riches de l'opération même et des battitures tombées du marteau; pour la ralentir on y ajoute de la fonte crue ou du quartz pilé; dans ce dernier cas il faut avoir soin de donner immédiatement après écoulement aux scories, afin de diminuer le déchet sur la fonte qu'occasionne toujours l'addition du quartz et charger de nouvelles scories. Les scories ne doivent recouvrir la loupe que de 6 à 7 centim., celle-ci doit s'élever régulièrement en restant à l'état pâteux. Lorsqu'il se forme à la surface des champignons provenant d'un affinage trop avancé, on y porte de petits fragments de fonte crue; lorsqu'il s'y forme des creux cela tient à ce qu'en ces points la matière métallique y est trop liquide et la décarburation en retard, on l'accélère en y portant des scories riches ou des battitures. Dès que le niveau du bain métallique est arrivé à 4 centim. environ au-dessous de la tuyère, on arrête le vent, on fait écouler les scories et on enlève les charbons. A mesure que les scories viennent se solidifier sur la surface de la loupe en couches minces on les enlève à la pelle, et après 15 à 20 minutes, on jette de l'eau sur la loupe pour solidifier les dernières scories que l'on enlève comme il est dit ci-dessus. On souève alors la loupe à l'aide du ringard en fer recourbé e pour la placer sur deux ringards droits disposés en travers du feu, et on la nettoie sur sa face inférieure avec l'outil B indiqué plus haut.

ACTER.



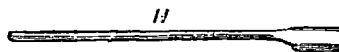
49.

Cela fait on saisit la loupe avec de grandes pinces f



20.

et on la porte sous le marteau où on la partage comme nous l'avons déjà dit en deux massiaux à l'aide du tranchant H.



21.

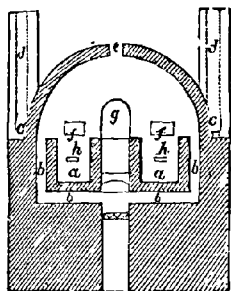
L'opération dure à peu près six heures et donne de 85 à 140 kilogr. d'acier. On produit par vingt-quatre heures 350 à 400 kilogr. de barres. Le déchet sur les blettes est de 22 p. 100, et par 400 kilogr. de barres obtenus on consomme 347 kilogr. de charbon de bois léger; ou bien, y compris le mazéage, on produit par 400 kilogr. de fonte brut :

Acier en barres.	44 ¹ / ₂
Fer aciéreux en barres.	28 ¹ / ₂
Fer en barres.	4 ¹ / ₂
Déchet.	25 p. 100.

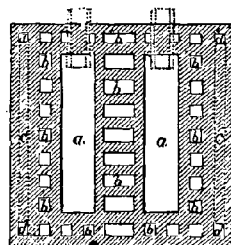
Et on consomme par 400 kilogr. de fer et acier en barres, 369 kilogr. de charbon de bois léger.

Les barres d'acier pesant 3 à 4 kilogr., qui viennent du feu d'affinerie, sont cassées en morceaux, mises en trousse, réchauffées dans le four à réverbère alimenté par les flammes perdues du four de mazéage, ou si celui-ci n'est pas en activité, dans un foyer particulier qui consomme 40 kilogr. de charbon de bois par 400 kilogr. d'acier corroyé, et sont étirées sous un marteau à queue pesant 416 kilogr., dont la levée est de 0^m,32, et qui bat 480 coups par minute. Ce travail occupe cinq ouvriers qui se relaient entre eux par postes de douze heures. La plus grande partie de l'acier est étirée en barres de 43 millim. de côté, et quelquefois même seulement de 6 millim. Il est connu dans le commerce sous le nom d'acier à la rose, et est de qualité supérieure.

Acier de cémentation ou acier poulé. La cémentation consiste essentiellement à carburer le fer forgé sous l'influence prolongée d'une haute température au contact du charbon de bois. Les matières mises en présence sont toujours chauffées en vase clos, c'est-à-dire préservées par des parois réfractaires et imperméables contre l'action des gaz émanant du foyer où se produit la chaleur nécessaire à la réaction. Chaque fourneau de cémentation reçoit de 40,000 à 25,000 kilogr. de fer à cémenter par opération. Les figures 22 et 23 représentent la coupe transversale et la coupe horizontale d'un fourneau de cémentation du comté d'York en Angleterre. Ce fourneau reçoit une charge de 47,600 kilogr. de fer. Les caisses de cémentation a sont construites soit en briques réfractaires, soit en grès quartzeux soigneusement taillé. Les parois verticales en grès ont ordinairement 0^m,45 d'épaisseur; celles en briques sont composées de deux assises de briques posées de champ, et n'ont que 0^m,44 d'épaisseur. Le fond a moitié en sus



22.



23.

de l'épaisseur des parois verticales. La longueur de chaque caisse intérieure est de 3^m,44, sa profondeur de 0^m,86, et son volume 3^m,438. Les deux caisses sont placées au même niveau, et d'une manière symétrique par rapport à la chauffe qui les sépare. Celle-ci a 0^m,46 de large, est à 0^m,63 en contrebas des caisses, et s'étend sur toute leur longueur. L'enceinte qui enveloppe les caisses et la chauffe, et dans laquelle le combustible développe son effet calorifique, se compose de quatre parois verticales, recouvertes par deux voûtes surbaissées et raccordées en arc de cloître. La forme et les dimensions de cette enceinte sont intimement liées aux dimensions des caisses et du foyer. Les parois verticales sont à 45 ou 46 centim. des faces

extérieures des caisses, et la hauteur de la voûte est de 0^m,90 à 4^m,00. Cette hauteur est nécessaire pour que les ouvriers se tiennent aisément dans le fourneau lorsqu'ils chargent les caisses ou enlèvent l'acier; ils s'y introduisent par les deux portes *gg*. Les quatre ouvertures *ff*,... servent à introduire les barres à cémenter et à les retirer après la cémentation. Enfin, les quatre ouvertures *hh*,... permettent de retirer dans le cours même de l'opération, et à diverses époques successives, des éprouvettes ou barres d'essai disposées à cet effet lors du chargement des caisses, qui servent à apprécier le progrès de la cémentation, et à reconnaître le moment où l'opération est terminée. La flamme circule autour des caisses par les canaux *b*, *b*,... et les baigne sur toutes leurs faces, puis s'échappe soit par l'ouverture *e* pratiquée à la clef de la voûte, soit par huit rampants *c*, *c*,... de 0^m,45 de côté, disposés deux par deux sur chacune des quatre parois verticales qui la conduisent dans six petites cheminées verticales, carrées, de 0^m,20 de côté, et s'élevant à peine de quelques centim. au-dessus du niveau de la voûte. Une grande cheminée conique, de 40 à 45 mètr. de hauteur, et construite en briques communes, donne issue aux gaz et à la fumée sortant des petites cheminées.

Les meilleurs fers de cémentation sont les fers suédois, norvégiens et russes. Parmi les fers suédois, les fers de *Danemora*, marqués (L), (OO), et (JB) sont les plus recherchés, et parmi les fers russes ce sont ceux de *Nijni-Taquilsk*, marqués CCMD. Tous les fers du nord que recherchent les fabricants d'acier de cémentation se distinguent par une couleur gris bleuâtre éclatante assez analogue à celle du zinc, et par une structure grenue, compacte, passant à une structure lamellaire plus ou moins prononcée, plus rarement à la structure fibreuse. Les barres à cémenter ont une section méplate, leur épaisseur varie de 0^m,008 à 0^m,020, et leur largeur de 0^m,060 à 0^m,140. On emploie comme cément du menu charbon de chêne, partie à l'état pulvérulent, partie concassé en fragments dont le volume ne dépasse pas 2 centimètres cubes. On a souvent essayé sans succès d'employer comme cément le charbon calciné d'une opération précédente; ordinairement on diminue un peu la dépense sans altérer sensiblement la propriété carburante du cément, en passant avec le charbon neuf un quart de charbon calciné. La houille est le seul combustible em-

ployé en Angleterre, soit pour la cémentation, soit pour toutes les autres branches du travail de l'acier.

La conduite d'un fourneau de cémentation exige deux ouvriers; ceux-ci commencent par couper les barres à cémenter en tronçons qui ont toujours 0^m,05 de moins que la plus grande dimension des caisses. On place d'abord au fond de chaque caisse une couche de cément épaisse de 0^m,08, puis on stratifie de deux manières différentes le fer avec de nouvelles couches de cément. Tantôt on pose à plat et par lits horizontaux les barres à peu près juxta-posées, et on les sépare par des couches de charbon épaisses de 0^m,008 à 0^m,015; tantôt on les pose de champ. Lorsqu'on est arrivé au niveau des quatre ouvertures *hh*, *h*,... on y dispose des fragments de barres, de telle sorte qu'on puisse aisément les retirer pour juger par leur aspect du progrès de la cémentation. Enfin on termine toujours le chargement par une couche de cément épaisse de 0^m,08, qui doit rester à quelques centimètres au-dessous du bord supérieur des caisses. Les caisses ainsi chargées sont hermétiquement fermées par un moyen aussi simple qu'efficace, qui consiste à recouvrir la dernière couche de charbon par une couche de 0^m,40 d'une sorte de mortier formé des débris pulvérulents qui se déposent au pied des meules d'aiguillage. Cette matière qui se compose essentiellement de quartz pulvérulent et de parcelles d'acier oxydées à leur surface, se coagule et se ramollit par l'action de la chaleur, sans jamais se liquéfier.

La mise en feu doit être conduite avec beaucoup de ménagement, quand le fourneau est neuf, ou quand une partie de la maçonnerie a été renouvelée; mais dans le cas ordinaire on pousse rapidement le feu, afin de porter aussi promptement que possible les caisses à la température rouge où la cémentation se produit. Pour le fourneau que nous avons décrit, cette mise en feu dure vingt-quatre heures. L'habileté de l'ouvrier consiste surtout à régler le feu, de manière à entretenir constamment la température rouge vif qui convient le mieux à la cémentation, sans la dépasser et sans laisser jamais la grille dégarner. Il n'y a point de registre pour faire varier le tirage, en sorte que l'ouvrier ne peut diriger le feu qu'au moyen des soins qu'il donne à la chauffe. On maintient le feu pendant un nombre de jours proportionné à la section transversale des barres à cémenter, et au degré de carburation qu'on veut leur donner. Pour une charge de 17,600 kilogr., la durée du feu varie entre 5 et 9 jours; elle est ordinairement de 7 jours, mais il faut considérer que la cémentation se produit encore assez longtemps après qu'on a cessé de charger le combustible, pendant la période du refroidissement.

On termine l'opération en faisant refroidir le fourneau beaucoup plus lentement qu'on ne l'avait échauffé. A cet effet, on laisse accumuler le mâchefor sur la grille de manière à la boucher complètement. Le fourneau étant refroidi au-dessous du rouge sombre, on ouvre progressivement les divers orifices pour hâter le refroidissement au moyen de l'air frais. Ordinairement on peut procéder au défournement huit jours après que l'on a cessé de fournir du combustible au foyer.

En résumé la cémentation de 17,600 kilogr. de fer exige moyennement le nombre de jours indiqué ci-après :

Chargement, fermeture des caisses; nettoyage des carneaux et du foyer, fermeture des portes et ouvertures.	4
Chauffage.	7
Refroidissement.	8
Déchargement, menues réparations.	4
Total.	17 jours.

Un fourneau de cette capacité, maintenu en pleine activité, ne reçoit guère que 20 charges par an.

Les propriétés physiques du fer sont complètement

modifiées par la cémentation. La malléabilité, qui est développée au plus haut degré dans les bonnes marques de fer à acier, est détruite dans l'acier brut, au point que les barres se brisent quand on les laisse tomber d'une faible hauteur sur l'arête d'une enclume; on peut les réduire en très petits fragments sous le choc d'un simple marteau à main. La surface des barres les mieux forgées devient très inégale; elle est couverte d'ampoules, ce qui a fait donner à l'acier de cémentation le nom d'*acier poule*, et l'on y voit en outre distinctement l'empreinte de fragments de charbon avec lesquels cette surface était en contact. On remarque dans la cassure transversale des meilleures sortes d'acier brut de cémentation de nombreuses fissures, ordinairement parallèles aux grandes faces de la barre. Dans les aciers communs, ces fissures atteignent des dimensions assez considérables, et se prolongent jusqu'à la surface de la barre. La structure est toujours lamellaire; les lamelles sont incomparablement plus grandes que celles qu'on remarque dans certains fers; elles dépassent souvent un centimètre. Leur surface, au lieu d'être plane et brillante, est grenue ou écailleuse, et réfléchit mal la lumière; aussi la cassure est-elle moins éclatante que celle des fers lamellaires. Enfin la couleur est elle-même profondément modifiée; la nuance bleuâtre a disparu, et est remplacée par un blanc grisâtre.

Voici le tableau du prix moyen de revient des 100 kilogrammes d'acier brut de cémentation en Angleterre en 1842.

Fer, 99 ^s , 4 à 45 fr. les 100 kilogr.	44 ^s , 60 ^c
Charbon de bois, 5 ^s , 5 à 5 ^s , 40 ^c les 100 kil.	0 ^s , 30 ^c
Houille, 75 ^s à 4 ^s , 06 ^c les 100 kilogr.	0 ^s , 80 ^c
Main-d'œuvre à 3 ^s , 62 ^c par journée.	0 ^s , 72 ^c
Frais généraux.	4 ^s , 74 ^c
Total.	48 ^s , 43 ^c

Acier laminé. Pour la fabrication des ressorts de voitures, on se contente de réchauffer les barres d'acier brut dans un four à réverbère et de les passer ensuite au laminoir, afin de rapprocher et de souder les parties fissurées par la cémentation. Le déchet est de 2 à 3 p. 100, et on dépense 50 p. 100 de houille.

Acier étiré. Le réchauffage de l'acier se fait dans des foyers à tuyère, alimentés avec de la houille menue, très collante, qui forme voûte au-dessus du foyer, et analogues aux forges de maréchaux. L'étréage se fait au martinet.

L'acier simplement étiré, se prépare au moyen de deux opérations successives: dans la première, qu'on nomme *ressuage*, on chauffe une à une chaque barre brute de cémentation, puis on la soude sous le martinet en lui donnant à peu près une forme carrée, mais sans en diminuer notablement la section transversale. Dans la seconde opération, on réchauffe la barre au blanc soudant, et on l'étire aux diverses dimensions que réclame le commerce. Cet acier est peu homogène, ordinairement pailleux et ne convient que pour les fabrications de qualité moyenne. On consomme 105 kilogr. d'acier brut et 60 kilogr. de houille, par 100 kilogr. d'acier étiré obtenu.

Acier corroyé. L'acier une fois corroyé se prépare de même au moyen de deux opérations successives: dans la première, nommée *soudage*, on chauffe une trousse ou paquet composé de plusieurs fragments de barres d'acier cémenté, jusqu'à ce qu'il ait atteint la température du blanc soudant, puis on le soumet avec précaution à l'action du martinet, de manière à souder ensemble tous les fragments. Pour rendre le soudage plus facile et plus prompt, on place quelquefois au-dessus et au-dessous de l'acier brut des barres auxquelles on a déjà fait subir un ressuage. Le massiau soudé est ensuite reporté au feu et étiré à la dimension voulue. On

consomme 111 kilogr. et demi d'acier brut et 100 kilogr. de houille par 100 kilogr. d'acier une fois corroyé obtenu.

L'acier deux fois corroyé se prépare de la même manière que la sorte précédente, avec cette différence, qu'on emploie pour matière première des barres une fois corroyées, réunies ordinairement au nombre de douze à dix-huit en un seul paquet. Enfin, on prépare quelquefois, pour la fabrication de certains objets de qualité supérieure, des aciers trois fois corroyés. Les déchets sur le second et le troisième corroyages sont d'environ 5 p. 100, et chacun d'eux donne lieu à une consommation de 120 kilogr. de houille par 100 kilogr. d'acier corroyé obtenu.

Nous invitons ceux qui désireraient entrer dans plus de détails relativement à la fabrication de l'acier de cémentation et de l'acier fondu, à consulter le beau travail de M. *Le Play* sur les aciéries d'Angleterre, inséré dans *les Annales des Mines* pour 1843.

Il y a quelques années, M. *Makintosh* imagina de cémenter le fer par un courant d'hydrogène carboné. L'appareil qu'il employait se compose de tubes en fonte, intérieurement garnis d'argile réfractaire sur une épaisseur de 5 centim., qui ont 4^m, 20 à 2^m, 00 de long, sur 0^m, 25 à 0^m, 32 de diamètre intérieur. Les tubes portent à chacune de leurs extrémités des ajutages qui servent à l'entrée et à la sortie de l'hydrogène carboné; ils sont placés dans des fourneaux disposés de telle sorte, qu'ils soient enveloppés de tous côtés par le charbon. On charge dans chaque tube, de 50 à 75 kilogr. de fer. On dispose les barres dans le sens de la longueur du tube, en ayant soin de les espacer, et de séparer chaque couche par de petites barres placées en croix, afin qu'elles offrent la plus grande surface de contact possible à l'action du gaz carburant. Après que le feu est allumé, et lorsque le tube est suffisamment échauffé, on y fait passer un courant de gaz hydrogène carboné, produit par la distillation de la houille. Mais, afin que le gaz et le fer puissent acquérir la température convenable à la cémentation, on ne renouvelle l'hydrogène carboné que toutes les demi-heures. Au bout de ce temps, l'hydrogène carboné est en grande partie dépouillé du charbon qu'il contenait, et à sa sortie du tube, il brûle avec une flamme peu éclatante. Le temps nécessaire pour la cémentation dépend de la dimension des barres de fer que l'on cimente, et de la température à laquelle l'appareil est soumis; lorsque le tube de fonte est maintenu au rouge-brun, et que les barres ont 0^m, 050 de large sur 0^m, 013 d'épaisseur, il suffit de dix-huit à vingt heures pour terminer une opération. L'acier au sortir du tube est recouvert de petites cloches ou ampoules; il ressemble entièrement à l'acier cémenté par les procédés ordinaires; il est, dit-on, plus homogène et de qualité supérieure. Ce procédé n'a pas donné de résultats économiques suffisants, pour soutenir dans l'industrie la concurrence des procédés ordinaires de cémentation et être exécuté sur une grande échelle.

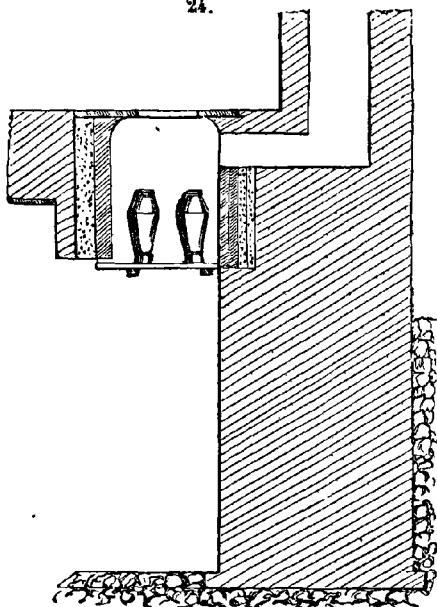
4^e Acier fondu. L'acier brut de cémentation se prête beaucoup moins bien que l'acier de forge au corroyage et à l'étréage. Il perd plus rapidement sa propriété acièreuse dans les nombreuses chaudes qu'on lui fait subir pour lui donner plus d'homogénéité, et le corroyage ne fait disparaître qu'imparfaitement les défauts de continuité ou *pailles* que la cémentation développe dans la plupart des fers à acier.

On remédie à tous ces inconvénients par la fabrication de l'acier fondu dont la découverte est due à Benjamin Huntsmann, qui fonda le premier établissement de ce genre à *Handsworth*, près *Scheffield*, en 1740.

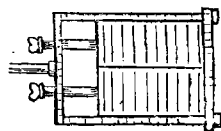
La partie principale du matériel de fabrication est un fourneau à courant d'air naturel, recevant deux creusets où l'acier est fondu à l'abri des gaz de la combustion.

Chaque fourneau (fig. 24) est un parallépipède rec-

24.



angulaire ayant 0^m,38 de long, 0^m,34 de large et 0^m,94 de profondeur; à la partie supérieure, l'ouverture se rétrécit et n'a plus que 0^m,23 sur 0^m,30. La grille se compose de cinq barreaux de 0^m,025 à 0^m,035 de côté. Trois des côtés du prisme se prolongent jusqu'au sol à 4^m,74 au-dessous de la grille; le quatrième côté reste ouvert pour laisser un large accès à l'air atmosphérique nécessaire à la combustion. Un *rampant* ou canal horizontal rectangulaire de 0^m,38 de large, 0^m,14 de hauteur, et long de 0^m,64, dont l'arête supérieure est à 0^m,11 en contrebas de l'orifice du fourneau, conduit les gaz de la combustion dans une cheminée à section le plus ordinairement carrée, de 0^m,30 de côté, et qui a de 40 à 42 mètres d'élévation. Les parois du fourneau sont faites avec du grès quartzeux très compacte et excessivement réfractaire. Ces fourneaux sont toujours réunis sur une même file au nombre de 4 à 40. Pendant



25.

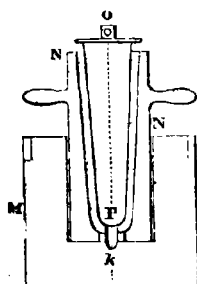
Pour la fabrication des creusets à fondre l'acier, on emploie de l'argile de *Stourbridge* que l'on mélange avec une certaine quantité d'argile de *Stannington*. Voici d'après M. Le Play la composition de ces deux sortes d'argiles.

	Stourbridge.	Stannington.
Silice	46,1	42,0
Alumine	38,8	40,9
Magnésie	"	0,4
Chaux	"	4,3
Oxyde de fer	"	trace
Perte au feu (eau, matières combustibles volatiles).	42,8	44,7
Carbone produit par la calcination en vase clos . .	4,5	"
	99,2	99,0

Le mélange qui sert à fabriquer chaque creuset est composé comme il suit :

Argile de <i>Stourbridge</i> sèche pulvérisée	5 ^m ,32
— de <i>Stannington</i> id. id.	5 ^m ,32
Fragments de vieux creusets pulvérisés	0 ^m ,43
Coke pulvérisé	0 ^m ,05
	10 ^m ,92

26.



Ce mélange humecté avec une quantité d'eau suffisante se moule par pression au moyen de l'appareil fig. 26. NN est le moule extérieur ordinairement en fonte et encastré dans un billot en bois MM. Le moule intérieur P est un noyau en bois très dur traversé par un axe en fer ok; on frappe à coups de marteau sur la tête o, et l'extrémité k, venant s'introduire dans une mortaise pratiquée dans le moule NN, sert à diriger et à faciliter l'opération; après que celle-ci est terminée, on retire le creuset du moule, on



27.

bouche le trou formé dans le fond par l'extrémité k de l'axe en fer, puis on finit par lui donner à la main la forme ci-jointe (fig. 27). Le plus grand diamètre extérieur est 0^m,49, la hauteur 0^m,44; l'épaisseur varie progressivement de 0^m,030 (fond) à 0^m,044 (bord supérieur). Les fromages sur lesquels reposent les creusets, sont de petits cylindres ayant 0^m,43 de diamètre sur 0^m,08 de hauteur. Les couvercles, légèrement bombés au centre, ont pour épaisseur maximum 0^m,04.

Le coke employé dans les fondries d'acier est dense, très dur, et préalablement concassé en fragments dont le volume est compris entre 60 et 400 centimètres cubes. L'essai d'un coke réputé de très bonne qualité pour la fusion de l'acier a donné :

Carbone fixe	83,7
Substances combustibles volatiles	3,9
Eau hygrométrique	4,5
Cendres argileuses, très réfractaires	40,9
	100,0

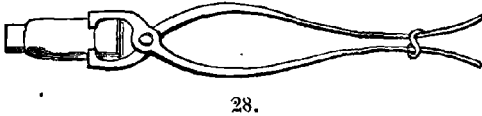
La durée des campagnes varie de trois à cinq jours, et encore, bien qu'ils restent allumés, les fourneaux ne travaillent que dix heures sur vingt-quatre.

On commence par chauffer le fourneau pendant douze heures environ, très graduellement, jusqu'au rouge sombre, puis on y introduit les creusets vides, préalablement séchés à l'air, et portés ensuite au rouge dans un four à recuire particulier. On place le couvercle sur les creusets vides, on remplit les fourneaux de coke frais, on débouche les rampants, fermés jusqu'alors par une brique, et l'on ferme l'orifice supérieur. Il se produit immédiatement un très fort tirage, et dans l'intervalle d'une demi-heure le fourneau atteint une température fort élevée.

On procède alors au chargement en découvrant les creusets et en se servant d'un entonnoir en tôle, de manière à faire tenir dans chaque creuset le plus grande charge possible; elle est ordinairement de 43 à 44 kilogrammes par creuset. La charge faite, on remplace le couvercle des creusets, on remplit le fourneau de coke frais, on ferme au moyen du couvercle (fig. 25) l'orifice supérieur, et l'on commence la fusion. Ordinairement on charge d'heure en heure 20 à 25 kilogrammes de coke à la fois dans

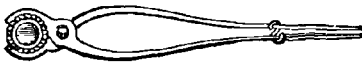
chaque fourneau : cette charge se fait aussi rapidement que possible. La fusion de l'acier est complète quatre heures environ après le chargement : le fondeur s'assure de l'état de la charge en découvrant les creusets.

La coulée du métal en lingots se fait avec la plus grande célérité et exige le concours de tous les ouvriers; les fondeurs saisissent avec la tenaille (fig. 28), le



28.

creuset auquel le fromage et le couvercle restent adhérents, et le placent à portée du chef d'atelier; celui-ci le reprend aussitôt avec la tenaille fig. 29, détache le



29.

couvercle par un léger coup de marteau, et verse immédiatement tout le contenu dans une lingotière en fonte. On remet ensuite les creusets vides dans le fourneau, et on procède de même dans la journée à une deuxième et troisième fonte qui ne durent chacune que trois heures, par suite de l'échauffement des fourneaux. Les creusets ne servent qu'à trois fontes. Les lingots d'acier pèsent 42 à 46 kilogr., et ont ordinairement la forme de prismes octogonaux de 25 à 30 centimètres carrés de section, et 60 centimètres de longueur.

Bien que l'acier fondu brut soit cassant, les lingots, en raison de leur section considérable, sont assez difficiles à briser. La cassure fraîche offre une couleur grise sans reflet bleuâtre. La masse entière est ordinairement criblée de petites cavités de forme arrondie à surface irisée, et presque toujours il existe au centre une cavité beaucoup plus grande dont la surface également irisée est tapissée d'une multitude de cristaux aciculaires. Considérée en petit, la cassure est grenue, âpre, et comme chagrinée; mais, lorsqu'on fait miroiter la lumière sur l'ensemble de la cassure, on y aperçoit distinctement une disposition lamellaire fibreuse très régulière; ces fibres sont toutes perpendiculaires à la surface extérieure contiguë, en sorte que leur rencontre dessine très régulièrement les deux diagonales du carré qui résulte de la section transversale du lingot.

Le prix de revient des 400 kilogr. d'acier fondu brut s'établit moyennement comme il suit en Angleterre.

Acier brut de cémentation, 402 ^h , 7 à	
48 ^h , 43 les 400 ^h .	49 ^h , 43
Coke, 325 ^h à 4 ^h , 65 les 400 ^h .	5 ^h , 36
Main-d'œuvre, 41, 23 à 3 ^h , 07.	3 ^h , 78
Autres frais et bénéfice.	44 ^h , 94
	<hr/> 70 ^h , 51

Les lingots d'acier fondu présentent toujours, comme nous l'avons dit, dans leur partie centrale, des cavités dues au retrait que prend le métal fondu en se solidifiant; ils sont en outre dépourvus de malléabilité. On ne peut donc les employer dans l'industrie manufacturière qu'après les avoir soumis à une suite de ressuages et d'étrimages opérés avec de grandes précautions. Les barres d'acier fondu raffiné l'emportent en général sur les sortes provenant des mêmes fers, et obtenues par un double corroyage de l'acier de cémentation; elles sont moins pailleuses, plus homogènes et retiennent mieux

dans les élaborations ultérieures la propriété acie-reuse.

Divers procédés ont été mis en usage pour préparer directement de l'acier fondu sans cémentation; nous en parlerons brièvement. *Clouet* obtint de l'acier en fondant ensemble, dans un creuset, 3 parties de fer doux, une de charbon et une de verre non plombé, ou même en plaçant du fer dans un ciment de parties égales d'argile et de carbonate de chaux. L'acier obtenu par ce procédé est très dur et difficile à travailler; son grain est fin, mais très sec; il prend bien le poli.

M. Bréant, dans un travail très remarquable sur l'acier damassé, a proposé deux procédés différents pour fabriquer directement l'acier fondu. Le premier procédé consiste à fondre du fer doux avec $\frac{1}{2}$ p. 100 de noir de fumée. L'opération est prompte et ne présente aucune difficulté, mais l'acier est extrêmement dur et difficile à travailler; il résiste fortement au marteau et s'égrène beaucoup. Cependant, quand on a bien saisi la température à laquelle il faut le travailler, on peut le forger en toutes dimensions; il offre un grain extrêmement fin, prend un très beau poli, et se damasse par l'action des acides faibles. Dans le second procédé, on oxyde au four à réverbère une certaine quantité de bonne fonte, à laquelle on mêle ensuite une quantité égale de la fonte de même nature, mais non oxydée; en brassant bien les matières, le tout entre bientôt en fusion et fournit un acier de bonne qualité.

Enfin, on a aussi essayé d'affiner la fonte dans des fours à réverbère, dont l'extrémité se termine par un creuset; la fonte placée sur l'autel se liquéfie, coule dans le creuset, et y est en partie protégée, contre l'action oxydante de l'air, par une couche de scories qui la recouvrent et qui proviennent de la fonte même et de la vitrification de la sole. Dès que l'on n'aperçoit plus de bouillonnement à la surface du bain, on accélère la dé-carburation en y introduisant une tige de bois vert que l'on y agite et ajoutant au besoin des rognures de tôle, on prend de temps en temps des lingots que l'on essaye pour juger du degré de l'opération, et dès que l'affinage est assez avancé, on enlève les laitiers et on coule dans des lingotières.

Stodart et *Faraday* ont fait voir qu'en alliant à l'acier de petites quantités d'un grand nombre de métaux, comme le platine, l'argent, le palladium, le rhodium, l'aluminium, etc.; on lui donnait, avec la propriété de se damasser, la dureté, le grain fin et tous les caractères de l'acier indien connu sous le nom de *wootz*, que si peu d'ouvriers savent travailler, et auquel ressemble beaucoup aussi l'acier fabriqué par *M. Bréant* avec du noir de fumée seulement. Un alliage de chrome et de fer, comme l'a prouvé *M. Berthier*, donne à l'acier la propriété de se damasser, et de plus lui conserve celle de se travailler aussi bien que l'acier fondu ordinaire. On peut obtenir un alliage de chrome et de fer en fondant 400 parties en poids de fer chromé de Baltimore (Amérique), avec 4 de chaux, 32 de silice et 48 de borax vitrifié. On allie par fusion ce composé à l'acier dans le rapport de 0,040 à 0,045.

Une lame d'acier poli, chauffée graduellement prend successivement les couleurs suivantes :

Couleurs.	Température correspondante.
1. Jaune paille très pâle.	224° c.
2. Jaune paille plus foncé.	232°
3. Jaune orange.	243°
4. Jaune brun.	254°
5. Jaune br. un peu teinté de pourpre.	265°
6. Pourpre.	277°
7. Bleu pâle.	288°
8. Bleu ordinaire.	293°
9. Bleu noir très foncé.	317°
10. Vert d'eau.	332°

Si l'acier a été préalablement trempé au rouge et

qu'on le chauffe de nouveau, il prend aussi successivement les couleurs ci-dessus, et si on le laisse refroidir lentement il devient d'autant plus doux qu'il a été recuit plus fortement. Le recuit n° 4 convient aux lancettes; le n° 2 aux rasoirs et à la plupart des instruments de chirurgie; le n° 3 aux canifs; le n° 4 aux ciseaux à froid et aux cisailles à couper le fer; le n° 5 aux fers de rabots et aux doloires; le n° 6 aux couteaux de table et aux ciseaux de drapier; le n° 7 aux épées et aux ressorts de montre; le n° 8 aux petites scies fines, aux poignards; et le n° 9 aux grandes scies de menuisier. Si on recuit l'acier plus fortement, toutes les couleurs disparaissent, et on le laissant refroidir lentement, il devient extrêmement doux et peut alors se travailler avec la plus grande facilité. Au lieu de juger du recuit par les couleurs que prend la pièce au feu, il serait plus sûr d'employer des alliages de divers degrés de fusibilité (voyez ALLIAGES) pour porter les échantillons à la température voulue. On trempe aussi l'acier directement en jugeant la température comme il vient d'être dit, et en le plongeant ensuite dans de l'eau, de l'huile, du suif, etc.

Voici en résumé les signes auxquels on peut reconnaître le meilleur acier :

1° Trempé à un faible degré de chaleur il acquiert une grande dureté.

2° Sa dureté est uniforme dans toute la masse.

3° Après la trempe, il résiste au choc sans se rompre, et ne perd sa dureté que par un recuit très intense.

4° Il se sonde avec facilité, ne se fendille pas, supporte une chaleur très élevée et conserve presque toute sa dureté après un raffinage répété.

5° Il montre dans sa cassure, le grain le plus fin et le plus égal, jouit d'une grande pesanteur spécifique, et convient aux objets polis, parce qu'il est très homogène et offre beaucoup d'éclat.

Une propriété curieuse de l'acier, c'est d'être très sonore lorsqu'il a été forgé, refroidi lentement et limé; il produit alors des sons agréables et harmonieux; aussi est-il propre à la confection des ressorts harmoniques, etc... Il n'en est plus de même lorsqu'il a été trempé; il ne rend plus alors que des sons ternes et voilés, semblables à ceux qu'on tire des instruments fêlés.

Wootz. Nous terminerons cet article en décrivant sommairement le procédé peu connu suivi dans l'Inde par les naturels du pays, pour la fabrication de l'acier indien renommé dit *wootz*.

Le minerai de fer est composé de 58 p. 400 de fer oxydulé et de 42 p. 400 de gangue quartzreuse. Il est fondu dans un petit fourneau à *poitrine* fermée, en argile réfractaire, de 1^m,20 à 1^m,50 de hauteur, qui a intérieurement 0^m,60 à 0^m,70 de côté près de la sole et 0^m,30 à 0^m,35 au *guelard*. La soufflerie se compose de sortes d'outres en peau de chèvre, d'où l'air est conduit par des tuyaux de bambous creux dans la tuyère en argile du fourneau. Après avoir rempli celui-ci de charbon de bois, on introduit par la tuyère un tison enflammé et on donne le vent. Tout le charbon ne tarde pas à s'allumer et s'affaisse à mesure qu'il se consume. On charge alors par le *guelard* une certaine quantité de minerai concassé en petits fragments et préalablement humecté d'eau, sans y ajouter aucun fondant, puis on achève de remplir le fourneau avec du charbon. Trois ou quatre heures après, l'opération est terminée; on arrête le vent, on démolit un petit mur en argile de 30 à 40 centim. de hauteur, qui fermait provisoirement la *poitrine* ou partie antérieure du fourneau, et l'on retire la loupe ou *massé* de fer avec des pinces. On la bat sur le sol de l'usine pour en séparer autant que possible les scories dont elle est imprégnée, et on la coupe en partie à la tranchette, afin de pouvoir facilement examiner la qua-

lité de la masse à l'intérieur. On vend en cet état le fer aux forgerons qui le réchauffent et l'étirent en barres. On ne retire environ que 45 de fer pour 100 de minerai employé; cela tient à ce que, n'ajoutant point de fondant pour le quartz, celui-ci ne passe dans les scories qu'en dissolvant une quantité très considérable d'oxyde de fer qui forme à peu près les deux tiers de celle contenue dans le minerai; d'un autre côté il se peut que les silicates terreux que l'on pourrait former par l'addition de fondants, ne soient pas fusibles à la faible température qui est développée dans ces fourneaux, et qu'avec les appareils ci-dessus, il soit impossible de séparer la gangue autrement qu'à l'état de silicate métallique.

Les Indiens cimentent le fer ainsi obtenu dans des creusets façonnés avec une argile réfractaire, mélangée de paille de riz hachée en assez grande quantité. On charge environ 500 grammes de fer coupé en fragments dans chaque creuset et au-dessus 50 grammes de bois sec, coupé très menu, puis le tout est recouvert avec deux ou trois feuilles vertes : on choisit de préférence pour cette opération du bois du *cassia auriculata* et des feuilles de *Vasilepis gigantea* ou du *convolvulus laurifolius*. Enfin on ferme les creusets avec une couche d'argile humectée, que l'on tasse aussi fortement que possible, afin de prévenir tout contact avec l'air.

On empile les creusets ainsi préparés, au nombre de 20 à 25 dans un petit fourneau à courant d'air forcé, alimenté au charbon de bois, où on les maintient à une température aussi élevée que possible, pendant deux heures et demie environ. Au bout de ce temps, on regarde l'opération comme terminée; on retire les creusets du feu et après qu'ils sont refroidis, on les casse et on en retire l'acier sous la forme de culots. Lorsque ce culot présente des protubérances à sa surface, l'acier est de mauvaise qualité et l'opération est manquée; lorsqu'au contraire, la surface du culot est régulière et convertie de stries rayonnant du centre, l'acier est d'excellente qualité. On obtient ordinairement par opération 4 à 5 culots plus ou moins défectueux. Quand on choisit les culots bien réussis et qu'après les avoir refondus, on les forge avec soin, on obtient un produit d'excellente qualité, et qui, d'après feu M. *Stodart*, l'un des juges les plus compétents à cet égard, est infiniment supérieur pour la coutellerie fine aux meilleurs aciers fondus anglais.

Les culots d'acier obtenus comme nous l'avons dit, sont très cassants; avant de les forger, les Indiens les adoucisent par un ressuage, qui consiste à les maintenir au rouge pendant plusieurs heures dans un petit fourneau à courant d'air forcé et au charbon de bois. Pendant cette opération l'acier perd une partie de son carbone, s'adoucit, et se laisse ensuite aisément étirer sous le marteau. *Voy. DAMAS.* L. P. DEBETTE.

ACOUSTIQUE. C'est sur l'étude des sons, leur mesure, les moyens de les produire, que repose l'industrie qui a pour objet la production des instruments de musique. Cherchons donc à résumer les principaux résultats de la science à ce sujet.

ÉCHELLE MUSICALE. Nous avons déjà dit que le son résultait de la vibration des corps; c'est la vitesse des vibrations qui décide de la hauteur du son : plus les vibrations sont rapides, plus le son est aigu; plus au contraire elles sont lentes, et plus le son est grave. Il y a pourtant une limite à ces deux extrêmes. En général, les sons cessent d'être perceptibles lorsque le nombre de vibrations dépasse une soixantaine de mille par seconde, ou reste inférieure à trente vibrations pour la même unité de temps; au delà de ces limites leur trop grande acuité et leur extrême gravité ne permettent plus qu'ils soient perçus par des oreilles humaines. Dans tous les cas ces vibrations sont beaucoup trop rapides pour qu'on puisse les compter

directement; cependant on y arrive d'une manière assez précise par plusieurs procédés détournés qui se contrôlent les uns les autres.

Le plus simple consiste dans l'emploi d'une corde assez forte, assez longue pour que, tendue entre deux points fixes et éloignés de sa position rectiligne, elle y revienne en décrivant de part et d'autre des oscillations lentes et très faciles à compter. Alors, en faisant varier seulement la longueur de la corde, on constate que le nombre des vibrations est en raison inverse de la longueur de la corde; cette loi, que d'ailleurs le calcul indique, étant ainsi vérifiée par l'expérience, on raccourcit la corde jusqu'au point d'obtenir un son appréciable et correspondant à un nombre de vibrations que l'on déduit de la longueur de la partie vibrante. A partir de ce point, et en faisant vibrer des longueurs de plus en plus petites comptées sur la même corde, ou mieux sur une autre corde préalablement mise à l'unisson, on obtient une infinité de sons de plus en plus élevés, parmi lesquels une oreille bien organisée saisit certains rapports remarquables.

Supposons qu'une corde vibrante de 4 mètres de longueur rende un son net et bien apprécié par l'oreille, réduite à un demi-mètre elle rend un son plus aigu, mais qui possède avec le premier une analogie extrême et qu'on reconnaît être à l'octave. Mais, au lieu de réduire brusquement la corde à moitié, on peut diminuer par tâtonnements sa longueur, de manière à lui faire rendre successivement toutes les notes de la gamme naturelle comprise entre deux sons à l'octave l'un de l'autre. Ces notes ont reçu les dénominations conventionnelles : *ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut*. En opérant comme nous venons de le dire, on trouve que pour une même corde, toujours également tendue, les longueurs qui correspondent à ces notes sont représentées par les nombres :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ut} & \text{ré} & \text{mi} & \text{fa} & \text{sol} & \text{la} & \text{si} & \text{ut} \\ 1, & \frac{2}{3}, & \frac{4}{5}, & \frac{3}{4}, & \frac{2}{3}, & \frac{1}{2}, & \frac{2}{3}, & \frac{1}{4}. \end{array}$$

Et d'après la loi énoncée précédemment, qui dit que la vitesse des vibrations est inversement proportionnelle aux longueurs de corde, on déduit pour les différentes notes de la gamme des nombres de vibrations qui sont représentés par les quantités :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ut} & \text{ré} & \text{mi} & \text{fa} & \text{sol} & \text{la} & \text{si} & \text{ut} \\ 1, & \frac{3}{2}, & \frac{5}{4}, & \frac{4}{3}, & \frac{3}{2}, & \frac{2}{3}, & \frac{5}{4}, & 2. \end{array}$$

Ainsi le nombre de vibrations de deux notes à l'octave l'une de l'autre diffère entre elles du simple au double exactement; et quel que soit le nombre n des vibrations correspondant à un son donné, si on le prend pour point de départ d'une gamme, le nombre des vibrations des différentes notes de cette gamme sera toujours égal au nombre n multiplié par le nombre fractionnaire correspondant à chacune de ces notes.

Les gammes sont donc toutes pareilles, quel que soit leur point de départ dans la série des sons perceptibles; et ce qui constitue essentiellement l'intervalle sensible entre les différentes notes, c'est uniquement le rapport qui existe entre les nombres des vibrations qui leur correspondent. Cette définition de l'intervalle musical est puisée dans la nature même de nos sensations auditives.

Ainsi compris, les intervalles qui séparent les différentes notes de la gamme ne sont pas tous égaux, car, en divisant chaque note par celle qui précède, on trouve des quotients différents, que nous allons écrire en troisième ligne et en regard de l'intervalle qu'ils représentent :

$$\begin{array}{cccccccc} \text{ut} & \text{ré} & \text{mi} & \text{fa} & \text{sol} & \text{la} & \text{si} & \text{ut} \\ 1, & \frac{3}{2}, & \frac{5}{4}, & \frac{4}{3}, & \frac{3}{2}, & \frac{2}{3}, & \frac{5}{4}, & 2. \\ \frac{2}{3}, & \frac{10}{9}, & \frac{16}{15}, & \frac{8}{9}, & \frac{10}{9}, & \frac{2}{3}, & \frac{16}{15}. \end{array}$$

L'inspection de ces nombres montre que dans la gamme naturelle il y a des intervalles de trois grandeurs différentes : 3 représentés par $\frac{2}{3}$, 2 par $\frac{10}{9}$ et 2 par $\frac{16}{15}$. La différence entre $\frac{2}{3}$ et $\frac{10}{9}$ est assez petite pour que l'oreille la néglige; elle constitue un nouvel intervalle désigné sous le nom de *comma*. En négligeant le *comma* on ne trouve plus dans la gamme que deux sortes d'intervalles, des grands et des petits : cinq grands représentés indistinctement par $\frac{3}{2}$ ou $\frac{10}{6}$, et deux petits représentés par $\frac{4}{3}$. On appelle les premiers des *tons* et les seconds des *demi-tons*. Ils sont répartis dans la gamme de manière que le premier demi-ton se trouve entre la deuxième et la troisième note, et le second entre la septième et la huitième.

Dièses et bémols. — Mais on emploie en musique d'autres notes que celles que nous avons considérées jusqu'ici. Voici comment on s'y est trouvé conduit : je suppose que, disposant de l'échelle musicale dans toute son étendue perceptible, on compose un instrument capable de donner, à partir de la note la plus grave, une série de gammes à l'octave les unes des autres, comme serait, par exemple, un piano réduit à ses touches blanches. Il serait possible d'exécuter sur cet instrument un chant simple, pourvu que l'on commençât par la note convenable. Mais si l'on voulait commencer par une autre note, on rencontrerait une impossibilité absolue à reproduire ce même chant avec son caractère et son sens musical. La raison en est simple : les tons et les demi-tons n'étant pas régulièrement répartis dans la gamme, l'intercalation d'un même nombre de touches entre deux notes successives ne représente pas toujours le même intervalle pour l'oreille; et lorsqu'on essaie de déplacer un air sur l'instrument, ou, comme on dit, de le *transposer*, on éprouve à chaque instant la nécessité d'intercaler entre deux notes, séparées par un ton, une troisième note intermédiaire. C'est pour répondre à ce besoin qu'on a introduit l'usage des notes *dièses* ou *bémolisées*.

Diéser une note, c'est l'élever de manière à multiplier le nombre de ses vibrations par $\frac{9}{8}$; la bémoliser, c'est la baisser en multipliant le nombre de ses vibrations par le rapport inverse, c'est-à-dire par $\frac{8}{9}$. Il suit de là qu'entre deux notes de la gamme séparées par un ton, entre *ut* et *ré*, par exemple, on peut intercaler *ut dièse* et *ré bémol*. Mais ces notes sont tellement voisines et diffèrent si peu l'une de l'autre, qu'on a pu se permettre, sans blesser l'oreille, de leur substituer une note unique qui sert pour tous les cas. On en fait autant pour les quatre autres tons de la gamme, que l'on partage en deux par l'introduction d'une note intermédiaire, et l'on obtient ainsi une nouvelle gamme, dite chromatique, dont toutes les notes successives sont à un demi-ton les unes des autres.

Tempérament. — Toutefois, si, pour compléter l'échelle musicale, on s'était borné à intercaler, tel que nous venons de le dire, cinq notes nouvelles entre les notes de la gamme naturelle conservée parfaitement juste, on n'arriverait pas encore à satisfaire aux exigences d'une oreille tant soit peu exercée, parce que les douze intervalles qui composeraient ainsi la nouvelle ne seraient pas tous égaux entre eux. On est donc convenu d'altérer encore l'échelle naturelle suivant une méthode appelée *tempérament*. On part de ce principe que, de tous les intervalles employés en musique, le seul qui exige une justesse absolue, c'est l'octave; puis, cet intervalle on le partage en douze demi-tons égaux. On ne conserve plus aucune des notes de la gamme naturelle, mais on leur substitue de nouvelles notes qui en approchent beaucoup et qui ont l'avantage de se prêter avec facilité à toutes les transpositions possibles. Dans une gamme chromatique établie sur ces principes, tous les demi-tons sont représentés par un même nombre,

et ce nombre est tel que, multiplié douze fois par lui-même, il devienne égal à 2 : il est donc égal à la racine douzième de 2 ou à 4,059.

Accords. — Si l'on considère l'une après l'autre et en montant toutes les notes d'une gamme tempérée ou non, on trouve d'abord, comme nous l'avons dit, deux tons, puis un demi-ton, puis trois tons, et enfin un demi-ton. Les intervalles compris entre la première et la seconde note, entre la première et la troisième, etc., jusqu'à l'octave, s'appellent une *seconde*, une *tierce*, une *quarte*, une *quinte*, une *sixte*, une *septième* et une *octave*. Ces mêmes intervalles peuvent se compter à partir d'une note quelconque; mais alors leur grandeur peut varier d'un demi-ton, et il vient à propos de distinguer des tierces, des quarts, etc., *mineures* et *majeures*.

Quand deux ou plusieurs notes de la gamme se font entendre au même instant, il résulte de leur simultanéité des sensations qui flattent ou qui blessent l'oreille, et qui produisent des *accords* ou des *dissidences*. L'accord le plus simple est l'unisson, après vient l'octave, puis la quinte, puis les tierces majeure et mineure, et enfin la quarte. Les secondes majeure et mineure, et surtout cette dernière, ne produisent que des dissidences. Quand trois sons simultanés sont tels que le premier et le second forment une tierce majeure, le second et le troisième une tierce mineure, le premier et le troisième forment nécessairement une quinte; il en résulte une triple consonnance que l'on a nommée *accord parfait*.

MESURE DES SONS. Jusqu'à présent nous n'avons parlé que d'un seul moyen d'évaluer le nombre de vibrations correspondant à un son donné. Ce moyen est fondé sur la loi simple qui lie le nombre des vibrations d'une corde à sa longueur. Nous avons supposé d'ailleurs que deux corps vibrant à l'unisson exécutaient dans le même temps le même nombre de vibrations. Il est facile de montrer que cette supposition n'est point hasardée, car on possède plusieurs moyens de produire des sons et de compter leurs vibrations, et tous fournissent des résultats concordants. Nous nous bornerons à indiquer la sirène de M. Cagniard de La Tour (fig. 29¹).

Sirène. — Une boîte cylindrique se communique par sa base inférieure avec un tuyau qui doit permettre

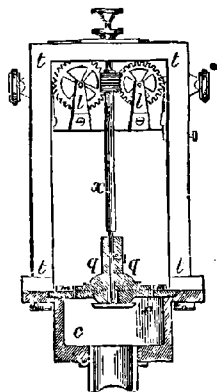


Fig. 29¹.

l'arrivée d'un fluide liquide ou gazeux, tandis que sa base supérieure porte une rangée de trous équidistants et disposés en cercle. Cette base sert en outre de point d'appui à une monture métallique *tt* et à l'extrémité inférieure d'un axe vertical *x*, susceptible de tourner sur lui-même avec une grande facilité. Perpendiculairement à cet axe on a monté un plateau circulaire *qq*,

qui vient se placer aussi près que possible de la base sans la toucher, et qui porte comme elle une rangée d'un même nombre de trous disposés en cercle, à la même distance du centre, et percés obliquement dans l'épaisseur du métal.

Par suite de cette disposition ingénieuse, si l'on imprime au plateau un mouvement de rotation, et si l'on fait affluer par le tuyau un fluide quelconque, de l'air, par exemple, il arrive que l'écoulement au dehors de la boîte ne peut pas se faire d'une manière continue, mais seulement intermittente; car, parmi toutes les positions que le plateau mobile occupe par rapport au foud fixe de la boîte, on peut distinguer celles pour lesquelles il y a coïncidence entre les deux systèmes de trous, et celles pour lesquelles ils ne se correspondent pas. De plus, il est évident que par suite de son mouvement continu le plateau passe alternativement de l'une à l'autre de ces deux sortes de positions, et par suite permet et suspend alternativement l'écoulement. Quand le mouvement de rotation est suffisamment rapide, les chocs résultant de cet écoulement intermittent engendrent un son dont la hauteur dépend de la vitesse de rotation du plateau. Or cette vitesse est entretenue par l'écoulement même du fluide à travers les trous obliques du plateau, et elle dépend de la pression sous laquelle cet écoulement a lieu. Il en résulte qu'en faisant varier cette pression on fait aussi varier la hauteur du son rendu par l'instrument. Si c'est une soufflerie qui est chargée de subvenir à cet écoulement, il suffit de la charger plus ou moins pour obtenir toutes les hauteurs possibles de son entre deux limites très éloignées. Mais, ce qui complète admirablement cet appareil remarquable et ce qui le rend capable d'indiquer lui-même le nombre de vibrations correspondant au son qu'il rend, c'est le soin qu'on a pris de faire engrener à volonté l'axe vertical du plateau mobile avec un compteur ou système de roues dentées situé en *tt*. Ce compteur porte deux aiguilles dont le mouvement indique à l'extérieur le nombre de tours exécutés par le plateau, quelle que soit la vitesse dont il est animé; le nombre de tours multiplié par le nombre des trous du plateau donne évidemment le nombre des chocs ou des vibrations complètes qui produisent le son. Tel est l'instrument imaginé par M. Cagniard de La Tour, et auquel il a donné le nom de *Sirène*, parce qu'il est capable de parler aussi bien dans l'eau que dans l'air.

Pour déterminer le nombre des vibrations exécutées par un corps sonore, on commence par mettre la sirène à l'unisson avec lui en réglant l'écoulement de l'air; quand on procède avec soin, on arrive à maintenir le son fixe pendant quelque temps. Alors on engrène le compteur pendant un certain nombre de secondes déterminé. La marche des aiguilles sur les cadrans indique le nombre des tours du plateau, et par suite le nombre des vibrations exécutées pendant un nombre de secondes connu; on en tire facilement le nombre des vibrations exécutées par seconde.

Quelle que soit la méthode employée pour compter les vibrations, les résultats obtenus sont assez concordants pour qu'on puisse les considérer tous comme étant sensiblement l'expression de la vérité. Dans la partie moyenne de l'échelle des sons, on en a choisi un pour servir en quelque sorte de point de départ. Ce choix est tout à fait arbitraire; mais l'usage l'a fixé, et le *la* du diapason représente dans le langage musical un son d'une hauteur bien déterminée. Soumis à l'étude physique, ce son a été trouvé correspondant à 880 vibrations simples, c'est-à-dire à 880 excursions des molécules du corps sonore.

Comme la série entière des sons perceptibles renferme plusieurs octaves composées chacune des notes *ut*, *ré*, *mi*, etc., il a été nécessaire d'affecter chacune de ces octaves d'un indice particulier pour les distinguer les

unes des autres. L'octave qui renferme la la du diapason porte l'indice 3, qu'on écrit à la suite et en bas de chaque note. Ainsi le la du diapason est un la_3 ; par suite, le la du violoncelle, qui est à l'octave en dessous, est un la_2 ; il en résulte que celui-ci fait 440 vibrations par seconde; le la , en fait 220, le la_1 , 440, et le la_{-2} 55 seulement, en sorte que l' ut_{-2} n'en fait que 33; c'est la note la plus grave employée en musique.

On peut, d'après ce qui précède, déterminer la longueur absolue des ondes sonores dans un milieu quelconque, car il suffit pour cela de connaître la vitesse avec laquelle le son se propage dans ce milieu et le nombre des vibrations qui produisent le son. Dans l'air, cette vitesse est de 333 mètres par seconde; il est évident qu'un son qui résulterait de 333 vibrations par seconde émettrait 333 ondes égales entre elles et qui, par conséquent, auraient 1 mètre de longueur. Pour des vibrations plus nombreuses les ondulations seraient plus courtes; elles seraient plus longues dans le cas contraire. On voit qu'en général la longueur de l'onde s'obtient en divisant la vitesse du son par le nombre des vibrations, ce qui donne pour l' ut_{-2} une ondulation de plus de 40 mètres ou de 32 pieds de longueur.

Battelements. — L'évaluation numérique des sons conduit à l'explication d'un phénomène d'acoustique qui paraît au premier abord fort extraordinaire. Lorsque deux instruments de même nature, soit deux cordes ou deux tuyaux, rendent des sons prolongés et différant très peu de hauteur, on entend en outre une sorte de roulement dont les battements élémentaires sont d'autant plus rapprochés que l'intervalle des deux sons est plus grand. Quand les deux instruments parlent à l'unisson, tout battement cesse. Quand au contraire ils rendent des sons très distants l'un de l'autre, le roulement peut devenir assez précipité pour engendrer un troisième son. Ce phénomène, proprement désigné sous le nom de *battement*, est dû à la coïncidence des vibrations des deux corps sonores, qui se reproduit périodiquement, et détermine chaque fois un renforcement dans le son.

Des différentes manières de produire des sons. Les frottements et les chocs excitent une quantité de bruits ou de sons confus en déterminant dans les molécules des corps des agitations et des mouvements qui n'ont rien de régulier, et qui n'offrent aucune prise à l'étude. Nous n'avons à nous inquiéter que des circonstances dans lesquelles prennent naissance des sons musicaux et appréciables, et allons passer en revue les systèmes employés dans les divers instruments de physique.

Cordes vibrantes. Nous avons déjà parlé des sons rendus par les cordes tendues entre deux points fixes, et nous avons énoncé la loi très simple qui lie, toutes choses égales d'ailleurs, le nombre des vibrations à la longueur de la corde; mais comme le degré de tension, la grosseur et la densité de cette corde ont également une influence sur la rapidité des vibrations, il importe d'indiquer l'influence qui dépend de chacune de ces données.

Les expériences confirment les lois suivantes, auxquelles on arrive aussi par le calcul :

« Les nombres de vibrations des cordes sont proportionnels aux racines carrées des poids qui les tendent; mais ils sont en raison inverse des longueurs des cordes, de leur épaisseur et des racines carrées de leurs densités. »

Ces lois ne sont relatives qu'aux vibrations *transversales* des cordes, c'est-à-dire à celles qu'elles exécutent en s'infléchissant de part et d'autre autour de leur position d'équilibre.

Il est possible d'exciter dans une corde tendue des vibrations d'une autre espèce, désignées sous le nom de

vibrations *longitudinales*, et qui suivent des lois toutes différentes. Pour produire ces sortes de vibrations, il faut frotter une corde tendue dans le sens de sa longueur avec un archet ou un morceau de drap saupoudré de colophane. On sollicite, en opérant ainsi, les molécules à se déplacer et à osciller dans le sens de la longueur de la corde. Mais dans ces circonstances l'élasticité propre de la substance intervient d'une manière puissante, et le son obtenu par ce mode d'ébranlement est toujours très aigu quand on le compare à celui que rend une même corde vibrant transversalement.

Que les cordes vibrent transversalement ou longitudinalement, elles peuvent se partager presque spontanément en 2, 3, 4, 5, etc., parties vibrant isolément. Dans deux parties consécutives les mouvements, considérés au même instant, se font toujours dans des sens opposés, ce qui aide à comprendre comment, sur la limite de deux parties vibrant isolément, il existe des molécules qui restent en repos. Ces points de repos sont ce qu'on appelle des *nœuds*; et les points milieux des parties vibrantes, ceux qui décrivent les plus grandes excursions, sont appelés les *ventres*.

On détermine facilement l'apparition des nœuds dans une corde vibrante : il suffit de la toucher légèrement en l'un des points où ces nœuds tendent à se produire, c'est-à-dire en un point correspondant à l'une des divisions qui fractionneraient la corde en parties d'égale longueur. La série des sons que peut donner une même corde dans ces diverses circonstances est représentée, à partir du son le plus grave ou fondamental, par la série naturelle des nombres 1, 2, 3, 4, etc.

Vibrations des tiges. — Une tige rigide et élastique fixée à l'une de ses extrémités ou par son milieu offre encore la facilité de produire des sons, avec un grand nombre de substances différentes. Quand une tige ou une lame est pincée par une de ses extrémités dans un étau, si on fait effort pour la courber et qu'on l'abandonne à elle-même, ou la voit, comme une corde pincée, décrire des oscillations dont le nombre est lié à la longueur de la partie vibrante d'une manière assez simple. « Ce nombre est en raison inverse de la racine carrée de la longueur, comptée à partir de l'extrémité libre jusqu'au point où la tige s'engage entre les mors de l'étau. »

Vibration de l'air dans les tuyaux. — Enfin l'air lui-même est, dans bien des cas, le corps dont les vibrations excitent le son. Les instruments à vent nous en présentent de nombreux exemples. En général ils isolent une colonne d'air dont les dimensions influent sur la hauteur du son. Le procédé usité pour mettre cette colonne en vibration varie d'un instrument à l'autre; mais toujours on peut le considérer comme fondé sur l'emploi de l'*anche* ou du *bois de flûte*.

L'*anche* agit d'une manière simple et facile à comprendre; c'est une languette L (fig. 29¹) fixée par une

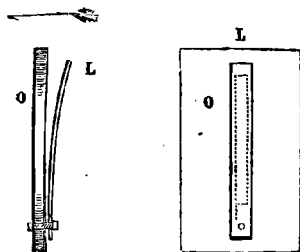


Fig. 29¹.

extrémité au devant d'une ouverture rectangulaire O, pratiquée dans une paroi solide. Cette languette est construite de manière à se cambrer dans l'état de re-

pos et à dégager l'ouverture sous-jacente. Mais, si l'on établit d'une manière quelconque un courant d'air qui tende à s'échapper par l'ouverture *a* dans le sens indiqué par la flèche, on voit la languette entraînée s'appliquer d'abord sur la paroi et suspendre momentanément l'écoulement; puis son élasticité la ramène à sa position première, après quoi elle est entraînée de nouveau, et ainsi de suite, tant que l'air fait effort pour s'écouler par l'ouverture. On voit par là que la sortie de l'air doit se faire par intermittences, et lorsque ces intermittences sont assez rapprochées il en résulte un son beaucoup plus fort que celui qu'on pouvait attribuer aux vibrations de la lame seule.

Dans beaucoup d'instruments à vent le son se produit avec l'intervention d'une anche : la clarinette, le hautbois; certains jeux d'orgues sont dans ce cas. Le cor de chasse semble dépourvu d'anche, mais les lèvres en tiennent lieu. Enfin la voix humaine elle-même se produit dans le larynx par le passage plus ou moins rapide de l'air expiré entre des replis membraneux appelés *cordes vocales*, qui jouent, à très peu près, le rôle d'anche. En effet ces cordes, tendues sur les parois du larynx, interceptent entre elles l'ouverture allongée, étroite, connue sous le nom de *glotte*. Lorsqu'on veut donner de la voix et sous l'influence de certains muscles, les cordes se tendent, la glotte se rétrécit et devient insuffisante pour le libre écoulement de l'air fourni par les poumons : alors les cordes sont pressées, elles s'écartent momentanément et reviennent par leur propre élasticité; en un mot, elles s'animent d'un mouvement de vibration qui fait varier périodiquement les dimensions de la glotte, et il se produit un son en rapport avec la rapidité de ce mouvement vibratoire.

Dans les tuyaux d'orgue appelés tuyaux de flûte on n'aperçoit plus aucune pièce vibrante, tout se passe dans la colonne d'air et suivant des lois simples qui ont été indiquées par Daniel Bernouilli, et qui varient selon que les tuyaux sont ouverts par les deux bouts ou par un bout seulement.

Dans les tuyaux de cette espèce (fig. 29^a), l'air chassé par une soufflerie s'insinue en passant par une fente étroite dont la trace se voit en *l* dans la coupe ci-jointe. Cette fente, désignée sous le nom de lumière, vient s'ouvrir au niveau d'une ouverture transversale *b* pratiquée dans l'épaisseur de la paroi du tuyau. Cette ouverture est dite la *bouche* du tuyau et son bord le plus élevé est aminci en biseau. C'est sur le bord ou lèvre supérieure que le courant d'air dirigé par la lumière vient se briser en produisant un son. La matière solide des parois du tuyau n'influe en rien sur la hauteur du son, mais seulement sur son timbre.

ADHÉSION. L'adhésion est la force qui réunit deux corps en contact et se rapproche beaucoup de la *cohésion*, qui est la force qui réunit les molécules d'un même corps. Les anciens physiciens se sont beaucoup occupés de ce genre d'action; ils ont reconnu que cette force était proportionnelle aux nombres de points de contact, et pour les corps solides, en raison du poli des corps et des efforts de compression exercés pour rapprocher les surfaces.

Musschenbroëck a constaté que deux plaques de verre de moins de 5 centimètres de diamètre, chauffées

à la température de l'eau bouillante et mises en contact (du suif fondu étant placé entre leurs surfaces, et par suite la pression atmosphérique s'ajoutant aux efforts d'adhésion), exigent pour leur séparation une force de 65 kil.

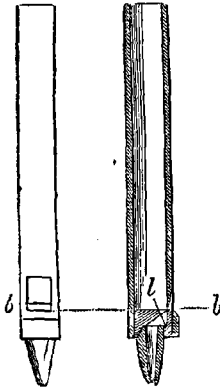
Des morceaux de plomb de même dimension ne se séparent que sous un effort de 435 kil., et des morceaux de fer poli ont atteint 450 kil.

Ces limites sont encore dépassées lorsque l'application des surfaces devient très parfaite.

Adhésion des liquides. L'adhésion de l'eau à des corps solides, a donné lieu à l'invention ingénieuse des machines à cordes de Vera. Vera montra, en 1780, à l'Académie de Paris, un modèle de son invention, qui fut jugé par la Commission comme très utile. Le principe d'après lequel cette machine était construite et les principales parties qui la composent seront aisément compris. Une poulie fixée à un support quelconque, et qu'on fait mouvoir avec une manivelle, porte une courroie sans fin qui passe sur la gorge d'une poulie plus petite, à laquelle elle communique un mouvement rapide. Sur l'axe de cette seconde poulie, en est monté une troisième réunie par une corde sans fin à une quatrième et dernière poulie plongée dans le liquide. La corde sans fin soulève l'eau qui s'attache à elle, et la fait jaillir, en tournant autour de la poulie supérieure. Les ouvertures destinées au passage de la corde sont munies de viroles montantes qui empêchent le retour de l'eau.

Le modèle que l'inventeur présentait produisait de grands effets. Avec une corde de 15 millimètres de diamètre, on tira en 7 minutes $3/4$, d'une profondeur de $20^m 1/2$, 233 litres d'eau. Beaucoup d'améliorations pour cette machine furent proposées depuis. *Venet* et *Benzenberg* ont proposé de mettre en mouvement deux systèmes de poulies avec deux cordes plates et continues, à l'aide d'une roue dentée, extérieurement et intérieurement, qui engrène avec des pignons montés sur les axes des poulies motrices, de manière à les faire mouvoir dans le même sens; ils rapprochent en même temps tellement ces deux cordes l'une de l'autre, qu'un prisme massif d'eau reste suspendu entre elles et est jeté hors du bassin. Les services que rendrait cette machine, dont le mécanisme est aussi simple que commode, sont beaucoup diminués par l'impossibilité où l'on est de trouver, pour fabriquer les cordes, une substance qui résiste à l'influence destructive de l'humidité. Les entrelacer de crins, ou les entourer, en forme de vis, d'une corde plus mince, augmenterait à la vérité le volume d'eau soulevée, mais ne remédierait pas à l'inconvénient que nous venons de signaler. Il serait bon de se servir de nattes en genêt au lieu de chanvre, ce qu'avait déjà conseillé de faire l'inventeur. Au reste, il faut remarquer qu'outre la force nécessaire à soulever l'eau, il y a encore à vaincre un frottement considérable et qu'on communique inutilement à l'eau une grande vitesse. Cette machine ne peut donc être utilement employée dans la pratique; c'est ce que disait *Berthollet* quand elle parut.

ADIPOCIRE (*angl.* adipocire, *all.* fettwachs). Fourcroy a désigné sous ce nom la matière grasse que l'on rencontre dans les corps morts, lorsqu'ils ont été enterrés dans des circonstances particulières. Lorsque dans les années 1786 et 1787, on fouilla, pour l'assainir, l'ancien cimetière des Innocents à Paris, et qu'on en transporta les ossements dans les catacombes, on remarqua qu'un grand nombre de cadavres, et en particulier la plupart de ceux qui avaient été enterrés quinze ans auparavant dans une fosse commune, et dont les bières, au nombre de quinze cents, avaient été entassées tout à fait les unes sur les autres, s'étaient transformés en une matière blanche et savonneuse. Ces corps s'étaient aplatis sous leur pression mutuelle; et quoiqu'ils conservassent généralement leurs formes, il s'é-

Fig. 29^a.

taut déposé autour des os d'un grand nombre d'entre eux, une substance d'un blanc grisâtre un peu molle et flexible. Fourcroy présenta à l'Académie des sciences, en 1789, un mémoire sur ce phénomène, par lequel il démontra que le corps gras en question était un savon ammoniacal contenant du phosphate de chaux; que de même que le spermaceti, il prenait par un refroidissement spontané une structure cristalline et foliacée, et que comme la cire, il devenait granulaire par un refroidissement rapide. Il l'appela en conséquence *adipocire*. Son point de fusion était 52°,5 centigrades. Il compara aussi cette espèce de savon à la graisse des calculs du fiel (cholestérine), et il supposa qu'il était un produit naturel de la décomposition lente de toute matière animale, à l'exception des os, des ongles et des poils.

Cette substance fut de nouveau examinée par M. Chevreul en 1842, et ce chimiste trouva qu'elle contenait de l'acide margarique et de l'acide oléique, combinés avec une matière colorante jaune et odorante, de l'ammoniaque, un peu de chaux, de potasse, d'oxyde de fer, d'acide lactique, et d'une substance azotée. Cette matière doit donc être considérée comme une combinaison des acides margarique et oléique en proportions variables (d'où provient sa fusibilité également variable), et n'a aucune analogie soit avec le spermaceti, soit avec la cholestérine, comme l'avait admis Fourcroy.

D'après MM. Gay-Lussac et Chevreul, cet *adipocire* provient seulement de la graisse préexistante dans le corps mort, et non de l'altération de la chair musculaire des tendons, ou des cartilages, ainsi qu'on l'avait d'abord présumé; ce qui avait donné lieu à des essais dispendieux et sans résultat pour convertir sur une grande échelle, en *adipocire*, les corps morts des bêtes à corne, et les rendre propres à la fabrication des chandelles et du savon, par la seule exposition de ces corps pendant quelque temps, à l'action de l'humidité.

M. de Hartkohl a fait pendant 25 ans, sur ce sujet, une série d'expériences, d'où il a conclu : 1° qu'il n'y a aucune formation d'*adipocire* dans les corps enterrés dans un terroir sec; 2° que dans la terre humide la graisse d'un corps mort n'éprouve pas d'augmentation; mais qu'elle se change en une matière savonneuse fétille, incapable d'être transformée en chandelle ou en savon; 3° que les corps morts des mammifères immergés dans l'eau courante, donnent après trois ans de séjour dans cette eau, une matière grasseuse pure, qui est plus abondante chez les jeunes animaux que chez les vieux; 4° que les intestins en fournissent plus que les muscles; 5° qu'avec cette graisse, on peut, sans la purifier, faire des chandelles aussi exemptes d'odeur, aussi fermes et aussi blanches que les bougies de cire blanchie; 6° Qu'avec des corps immergés pendant trois ans dans de l'eau stagnante, il y a plus de graisse produite qu'avec ceux qui ont séjourné dans l'eau courante, mais que cette graisse a besoin d'être purifiée, avant d'être transformée en chandelles ou en savon.

ADULTÉRATION. Altération d'un produit manufacturé quelconque, et plus spécialement d'un produit chimique, par un mélange frauduleux de substances de moindre valeur. Nous décrirons les moyens de s'assurer de la pureté des divers produits, aux articles spéciaux relatifs à leur fabrication.

AÉRAGE (*angl.* ventilation, *all.* wetterwechsel). Renouvellement de l'air vicié renfermé dans un lieu quelconque; voyez **VENTILATION**. Ce mot s'applique surtout au renouvellement de l'air dans les puits et galeries de mines; voyez **MINES**.

AÉROSTAT (*angl.* air-balloon, *all.* luftschiff). La découverte des aérostats est l'une des inventions qui ont le plus fixé l'admiration du public, et bien que les

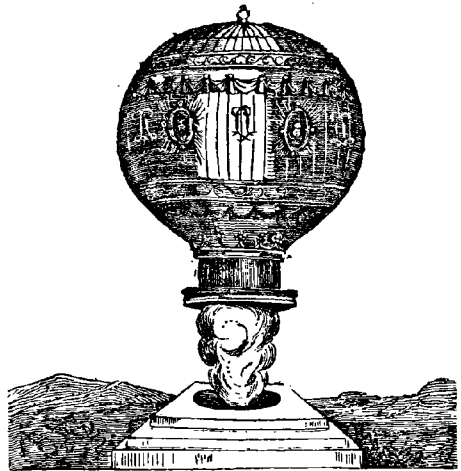
années qui se sont écoulées depuis n'aient pas justifié toutes les espérances qu'elle avait fait naître, on ne peut cependant s'empêcher de la considérer comme l'une des plus extraordinaires des temps modernes.

C'est aux frères Montgolfier que nous devons cette merveilleuse découverte. Ils avaient annoncé qu'une grande machine de leur invention serait capable de parcourir l'atmosphère; l'expérience en fut tentée à Annonay, le 5 juin 1783, en présence des états-généraux et d'un concours immense de peuple; c'est alors que l'on vit en effet un spectacle nouveau sur la terre, et bien digne d'exciter l'enthousiasme: un globe immense qui s'élevait majestueusement dans les airs, et qui semblait s'y soutenir par quelque puissance invisible. Cette espèce de prodige est cependant bien facile à comprendre. La *montgolfière* (c'est le nom qu'ont reçu les appareils de cette nature, d'après celui de leurs inventeurs), se compose d'un globe de papier verni ou de taffetas, qui porte à sa partie inférieure une ouverture de quelques pieds carrés. Au-dessous de cette ouverture et à quelque distance, est suspendu un panier léger, en fil de métal, contenant un corps combustible, soit de la paille hachée, soit de la laine ou du papier. Ce combustible étant enflammé, l'air chaud qui l'environne monte de lui-même, pénètre dans le globe et en remplit bientôt toute la capacité. A volume égal, l'air chaud pèse moins que l'air froid; ainsi le poids du globe est moindre que le poids de l'air qu'il déplace, et il doit s'élever par l'excès d'énergie de la poussée du fluide. Il s'élève, emportant avec lui le combustible enflammé qui produit sa puissance ascensionnelle, et, pour qu'il s'arrête, il faut qu'il arrive dans des couches d'air assez raréfiées pour que la différence des poids de l'air froid déplacé et de l'air chaud intérieur, soit justement égale aux poids réunis de l'enveloppe, du panier et du combustible qu'il contient.

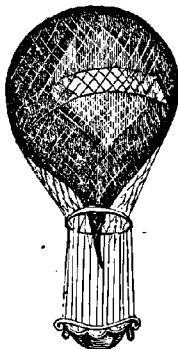
Pilâtre des Roziers et le marquis d'Arlandes osèrent les premiers monter dans une nacelle suspendue à une montgolfière, et voyager librement dans l'atmosphère, malgré l'immense danger qui les attendait, dans le cas où le feu, qu'il était nécessaire d'entretenir sous le ballon pour maintenir la dilatation de l'air intérieur, vint à gâcher l'enveloppe et l'incendier au milieu des airs.

Nous joignons ici, figure 30, le dessin d'une montgolfière.

30.



Un physicien célèbre, Charles, jeune alors, et professeur à Paris, eut l'heureuse idée de remplacer l'air chaud par le gaz hydrogène, dont Cavendish avait fait connaître l'extrême légèreté dès 1766. C'était supprimer l'emploi si dangereux du feu; aussi tous les ballons construits depuis cette époque, l'ont-ils toujours été sur ce principe. Charles fit construire un ballon de 500 mètres cubes; et, pour montrer la confiance que



31.

devait inspirer sa découverte, il entreprit avec Robert, ce fameux voyage dans lequel il fut porté en quelques minutes à la hauteur de 900 à 4000 mètres, et parcourut, dans cette région de l'atmosphère, plus de neuf lieues dans l'espace de deux heures. C'est du milieu des Tuileries que Charles fit son ascension; toute la population de Paris était en mouvement; les places publiques, les sommets des édifices, et tous les lieux élevés étaient couverts de spectateurs; un coup de canon fut le signal du départ, et bientôt on vit monter le

ballon, comme un météore qui s'élève sur l'horizon; au plus haut des airs on distinguait encore les banderolles flottantes, éclairées par le soleil, et les navigateurs tranquilles qui saluaient la terre. Jamais expérience de physique n'excita tant d'admiration et un tel concert d'applaudissements.

On prépare le gaz hydrogène par l'action de l'acide sulfurique étendu d'eau sur des copeaux de fer, et on le renferme dans une enveloppe imperméable en taffetas gommé, ou mieux en taffetas enduit à chaud, d'un mélange d'huile de lin siccativ, et de caoutchouc dissous dans l'essence de térébenthine.

Actuellement pour rendre l'enveloppe en taffetas imperméable, on a remplacé l'enduit sur les deux faces en gomme élastique qui revenait assez cher, par un *ceruis de copal*, ou même simplement par un mélange d'essence de térébenthine et d'huile rendue siccativ en la faisant bouillir avec de la litharge. On vient d'employer tout nouvellement avec succès une enveloppe en étoffe imperméable de *Macintosh*, obtenue par l'interposition d'une couche de caoutchouc entre deux pièces de taffetas.

Le gaz hydrogène ne pesant que $\frac{1}{15}$ de l'air atmosphérique, on voit que la force ascensionnelle d'un ballon de grande dimension peut être assez considérable. Ainsi un ballon de 40 mètres de diamètre peut aisément, poids de l'enveloppe compris, avoir 500 kilogr. de force ascensionnelle. Cette force sert à enlever avec l'aéronaute des sacs de sable, ce qui lui permet de partir avec une faible vitesse, et d'atteindre la hauteur qu'il désire en jetant une partie de son lest.

Une précaution essentielle est de ne pas gonfler l'aérostat lors du départ; car à mesure qu'on s'élève, la pression de l'atmosphère diminuant, le gaz de l'aérostat se dilate et finirait par crever l'enveloppe si elle était tendue.

Pour descendre, l'aéronaute entr'ouvre une soupape placée à la partie supérieure du ballon, et qu'il peut manœuvrer au moyen d'une corde. Le ballon perdant de sa force ascensionnelle, tombe, et par ce moyen combiné avec celui du lest, il devient possible de descendre sans danger.

La figure montre comment la nacelle est suspendue au ballon sans points d'attache qui compromettent la solidité

de l'appareil, et puissent occasionner des déchirements. Nous donnons ci-après une table qui fait voir quelle capacité doit avoir un ballon sphérique pour enlever un poids donné.

DIAMÈTRE en mètres.	VOLUME	SURFACE	KILOGR.	POIDS	FORCE
	en mètres cub.	en mèt. carré.	que le gaz peut enlever.	de l'enveloppe.	ascensionnelle.
2	4,19	12,57	5,03	3,44	4,89
4	33,51	50,27	40,21	12,57	27,65
6	113,10	143,10	135,72	28,27	107,44
7	179,59	215,94	215,51	38,48	177,03
8	268,08	294,06	321,70	52,04	269,69
9	381,70	414,47	458,04	63,62	394,42
10	523,60	571,16	628,32	78,54	549,78
11	696,91	781,13	836,29	95,03	741,26
12	904,78	1069,39	1085,74	113,10	972,84
13	1150,35	1443,93	1480,42	132,73	1247,69

Les ballons sont certes une admirable invention, mais pourra-t-on jamais en tirer une utilité directe?

Pour cela il faudrait avant tout pouvoir parvenir à les diriger, et c'est pour atteindre ce but que des milliers d'inventeurs proposent chaque jour des systèmes nouveaux.

Dans l'état actuel de l'art une seule chance s'offre à l'aéronaute qui veut atteindre une région déterminée, chance très rare et très précieuse.

On a remarqué depuis longtemps qu'il existe souvent, à des hauteurs diverses de l'atmosphère, des courants de direction différents ou même tout à fait opposée. Quelquefois, au-dessus d'une région calme, il existe un vent très sensible, ou bien inversement. L'aéronaute peut donc espérer de rencontrer assez fréquemment un vent convenable; mais la manœuvre de monter ou descendre à volonté, pour atteindre les régions où le courant est favorable, abrégé essentiellement la durée du voyage, puisqu'elle exige, comme nous l'avons dit, soit une perte de lest pour gagner de la hauteur, soit une perte de gaz pour descendre, en diminuant ainsi la force ascensionnelle du ballon.

Le système qui se reproduit presque constamment consiste à produire le mouvement par des ailes analogues à celles des oiseaux, dont l'exemple a toujours excité la jalousie de l'homme, comme le prouve la tradition d'Icare.

M. Navier, cherchant à étudier cette question au point de vue négligé par les inventeurs, de la force nécessaire pour produire les effets indiqués, est arrivé à cette conclusion: que l'homme ne dispose pas en chaque instant, toute proportion gardée, de plus de la quatre-vingt-douzième partie de celle que l'oiseau déploie quand il se soutient dans l'air.

Il n'y a donc pas lieu, comme M. Hutton l'a fait dernièrement sans succès, à chercher à se diriger dans l'air au moyen d'un appareil analogue à celui des oiseaux, en employant la force motrice de la vapeur, car à poids égal l'homme est encore le moteur qui produit le plus grand travail continu. Il serait plus rationnel d'essayer un appareil analogue à celui du poisson; celui-ci se soutient dans l'eau à l'aide de sa vessie natatoire, et se dirige avec ses nageoires et sa queue qui lui sert de gouvernail. Un ballon occupant l'intérieur d'une carcasse, à laquelle seraient fixés un gouvernail et de grandes rames ou des roues à palettes, soutiendrait en l'air l'appareil, qu'il ne s'agirait plus que de diriger. Mais alors la force humaine ne serait pas susceptible de développer d'une manière continue l'effort nécessaire pour faire avancer le ballon dans une direction opposée

a celle du moindre vent. On ne pourrait pas encore dans ce cas employer de machine à vapeur de crainte d'incendier le ballon ou le gaz qu'il renferme, indépendamment du poids trop considérable de ce moteur par rapport à son travail. On doit s'en tenir à cette conclusion de M. Navier dans son rapport déjà cité : « Nous pensons que la création d'un art de la navigation aérienne, dont les résultats pourraient être utiles et présenter autre chose qu'un spectacle, est subordonnée à la découverte d'un nouveau moteur dont l'action comporterait un appareil beaucoup moins pesant que ceux qu'exigent les moteurs que nous connaissons aujourd'hui. »

La poudre à canon employée dans les fusées nous montre l'exemple d'un corps se dirigeant pendant quelques instants dans l'air, au moyen d'une force motrice concentrée dans le corps en mouvement.

Pendant les guerres de la Révolution et notamment à la fameuse bataille de Fleurus, on employa des ballons captifs comme moyen d'observer les mouvements de l'armée ennemie, mais la difficulté de leur emploi par une cause dont nous parlerons plus loin rendit les avantages qu'on en retira de trop peu d'importance, et on y renouça bientôt. M. Arago a proposé l'emploi de ballons captifs attachés avec un fil de métal, pour faire passer dans le sol l'électricité contenue dans les nuages et préserver ainsi les récoltes de la grêle. On n'a pas encore expérimenté ce moyen, ni constaté son efficacité. Un premier obstacle restait à lever pour un essai prolongé, c'est celui résultant de la rapidité avec laquelle a lieu la déperdition du gaz contenu dans le ballon, dont l'enveloppe en tissu ne peut être d'une imperméabilité absolue. La solution du problème vient d'être tentée par M. Marey-Monge qui est parvenu, au moyen du chalumeau de M. Desbassyns de Richemont, à construire un ballon métallique, composé de feuilles de cuivre soudées. Ce ballon sera très propre (pourvu toutefois qu'il ne reste pas traces d'oxygène à son intérieur) à faire l'essai indiqué par M. Arago ainsi que tout autre essai pour lequel un séjour prolongé dans l'air, à une grande hauteur, serait nécessaire. Il paraît qu'il est aussi destiné à faire l'essai d'un nouveau système pour la direction des ballons, mais sous ce rapport son utilité nous paraît beaucoup moindre.

Le grand danger d'un pareil système est que le peu d'épaisseur des feuilles métalliques rendues aigres par le laminage, et l'impossibilité que le ballon varie de dimensions avec les changements de pression, paraît devoir occasionner de fréquentes déchirures.

Le second obstacle à lever était de parvenir à maintenir contre le vent les ballons captifs. Cette question a été traitée dans le numéro de mai 1844, du *Magasin pittoresque*, par M. Transon, d'une manière si remarquable et si neuve, qu'on nous saura gré d'en extraire ce qui suit :

Les ballons captifs paraissent, dans l'origine de l'invention, devoir rendre de grands services à l'art de la guerre et à la météorologie. Ainsi il paraissait qu'un aérostat, demeurant en communication avec le chef de l'armée, serait d'un grand secours pour effectuer une reconnaissance militaire, pour éclairer les mouvements de l'ennemi, pour étudier les ressources et les moyens de défense d'une ville assiégée, etc.; et tout le monde sait que l'armée du Nord, en 1793, renfermait une compagnie d'aérostiers dirigée par le colonel Coutelle. Cet officier raconte que, dans ses études préparatoires au château de Meudon, il avait pu, du haut de son aérostat captif, reconnaître le cours de la Seine jusqu'à Meulan; résultat bien suffisant pour donner une idée des services que ce mode d'observation pourrait rendre s'il était convenablement organisé. — Comment la météorologie, de son côté, ne tirerait-elle pas de l'emploi des ballons captifs un avancement rapide, puisqu'elle y

trouverait le moyen d'étudier les phénomènes de température, de pression barométrique, d'électricité, etc., qui se produisent dans le cours de la journée à toutes les hauteurs de la verticale d'un même lieu? Enfin c'est par les ballons captifs qu'on pourra sans doute réaliser quelque jour l'ingénieuse idée de l'*aérostat paratonnerre et paragrêle*.

Nous entrerons à ce sujet dans quelques détails.

On sait que le phénomène du tonnerre, et probablement aussi celui de la grêle, dépendent de la quantité d'électricité que les nuages orageux transportent avec eux dans l'atmosphère. Cependant comme les corps terminés en pointe, s'ils sont en même temps de nature métallique, ont la propriété de soutirer l'électricité, il devient manifeste que présenter de tels corps à distance convenable d'un nuage électrique, c'est un moyen assuré d'annuler ou, sans aucun doute, d'amoinrir indéfiniment les effets de l'orage. Aussi espérait-on bien, à l'époque de l'invention du paratonnerre, que l'établissement d'un grand nombre de semblables appareils sur toute la surface d'un pays ne manqueraient pas de diminuer considérablement le nombre des orages et le grandeur des désastres qui en sont la suite. Mais cet espoir ne s'est pas réalisé. Le paratonnerre ne devient efficace que si le nuage électrique est à une assez petite distance, et, à la vérité, cela suffit pour qu'il soit à l'égard de nos édifices une excellente sauvegarde contre les effets de la foudre. Mais la plupart des nuages orageux sont beaucoup trop élevés pour recevoir des paratonnerres la moindre influence. Kaemtz, dans son cours de météorologie, combat par des observations précises l'opinion vulgaire qui attribue à tous les nuages orageux une faible hauteur (pag. 364, de la traduction de M. Martins). Ces nuages passent donc au-dessus de nos villes toutes hérissées de paratonnerres sans que leur charge électrique soit diminuée, et par conséquent sans cesser d'être une source de désastres pour les campagnes. Cependant imaginez, comme l'a proposé M. Arago, qu'un ou plusieurs ballons aient été élevés à une hauteur voisine des nuages orageux; armez-les de pointes pour soutirer l'électricité; enfin maintenez une communication entre eux et la terre par une corde également conductrice du fluide; par là vous aurez forcé véritablement l'orage à s'écouler sans fracas ni danger. Mais pour employer les ballons captifs il faut les *maintenir contre le vent*. L'air est calme quelquefois; mais c'est une circonstance rare et qui dure à peine quelques heures. L'état naturel de l'atmosphère, c'est d'être agité par le vent. Eh bien! la force d'un vent, même médiocre, suffira pour porter à terre tout ballon captif. C'est là la vraie difficulté qu'a rencontrée Coutelle au siège de Mayence et qu'il a signalée dans sa notice. (*Revue encyclopédique*, septembre 1826.) S'étant fait élever pour reconnaître la place, il pouvait déjà discerner les mouvements des troupes dans l'intérieur de la ville assiégée. Mais, tout d'un coup le vent fraîchit, et porta trois fois de suite son aérostat jusqu'à terre, en le faisant tourner autour des points d'attache, de toute la longueur des cordes de retenue. A chaque fois que le ballon avait touché, il se relevait par la réaction du choc avec une vitesse extrême, et, de suite après, il était de nouveau rabattu. Naturellement, il fallut se faire descendre et abandonner la partie. Mais ce simple récit explique assez pourquoi l'expérience faite à la bataille de Fleurus n'a pas été renouvelée dans les campagnes suivantes.

Pour atteindre au but proposé, il suffira de combiner avec le principe de l'*aérostat* celui du *cerf-volant*. Prenons d'abord cette idée dans toute sa simplicité, et imaginons qu'à la corde de retenue et au-dessus du ballon soit attaché un véritable cerf-volant; n'est-il pas manifeste qu'un tel appareil s'élèvera d'abord avec facilité comme aérostat, et qu'ensuite comme cerf-vo-

lant il se maintiendra avec une facilité égale? Notez bien qu'alors, comme précédemment, le ballon sera sollicité par le vent et de la même manière; de plus, l'impulsion exercée sur la paroi inclinée du cerf-volant produira deux efforts, dont l'un dans le sens horizontal ne ferait à la vérité qu'augmenter la tendance du ballon à se coucher à terre. Mais cet effort horizontal ne sera pas le seul; il sera accompagné d'une nouvelle force ascensionnelle; de cette force qui, dans les circonstances ordinaires, est employée à soutenir le poids du cerf-volant. Et comme cette force ascensionnelle varie avec la vitesse du vent de la même façon précisément que la force horizontale, elle ne risque pas d'être vaincue par elle. Il suffira donc que tout l'appareil se maintienne contre le vent dans le cas d'une vitesse modérée, et on comprend que cela est facile à réaliser pourvu qu'on combine convenablement l'étendue et l'inclinaison du cerf-volant... Cela, dis-je, suffira pour que l'appareil se maintienne ensuite contre toute vitesse, n'y ayant de limites à cet égard que celles résultant du plus ou du moins de résistance de toutes les parties, et notamment de la résistance dont sera susceptible le cordon de retenue. Une idée si simple a dû se présenter déjà plusieurs fois à l'esprit. Et en effet, lorsque cette idée a été communiquée à la Société philomatique, M. Peltier, dont les recherches sur l'électricité, et notamment sur l'électricité atmosphérique, sont appréciées de tous les physiciens, fit savoir que déjà, à sa connaissance, deux personnes avaient attaché à l'aérostat de véritables cerfs-volants, et avaient ainsi maintenu leurs ballons captifs à une certaine hauteur. Ces expériences antérieures assurent donc l'efficacité du moyen proposé. Mais c'est le principe du cerf-volant plutôt que le cerf-volant lui-même dont nous proposons de faire emploi. Imaginez une voile exactement carrée, soutenue par deux vergues égales formant les diagonales du carré, ou bien une voile octogonale avec deux vergues de plus; toutes ces vergues sensiblement arquées pour donner plus de prise au vent. L'ensemble offrira à peu près l'aspect d'un parachute à la Garnerin, ou plus vulgairement d'un parapluie. La corde de retenue de l'appareil est attachée au croisement des vergues, dans la concavité de la voile. Une autre corde est fixée également au centre de la voile, mais de l'autre côté, du côté convexe; la longueur de cette seconde corde est de quelques mètres seulement; à son extrémité se réunissent plusieurs des cordages du filet qui enveloppe le ballon, et c'est ainsi que la voile est réunie au ballon. Le filet supporte d'ailleurs une nacelle, comme à l'ordinaire.

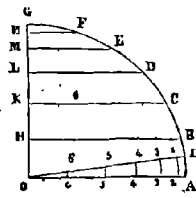
Cet appareil, étant élevé par la force ascensionnelle du ballon, donnera prise au vent; de sorte que, si la voile est placée dans une situation analogue à celle du cerf-volant, elle produira nécessairement les mêmes effets. La queue du cerf-volant des écoliers est tirée en arrière par l'effort du vent; par là elle procure au cerf-volant l'inclinaison nécessaire pour que tout l'appareil se soutienne. Nous assurerons à notre voile une inclinaison convenable en fixant le bout d'une corde à l'extrémité inférieure de l'une des vergues, extrémité qui sera en même temps le point le plus bas de la voile. Nous mettrons l'autre bout de cette corde à la portée de l'aéronaute qui est dans la nacelle. En tirant plus ou moins cette corde, il donnera à la voile telle inclinaison qu'il jugera convenable; et pour que son effort soit plus efficace, nous ferons passer cette corde de manœuvre sur un poulie fixé lui-même à la corde principale qui lie le filet à la convexité de la voile. Ainsi l'aéronaute pourra peser sur cette corde de tout son propre poids réuni à celui de la nacelle; ce qui sera bien plus que suffisant pour l'effet qu'on veut obtenir... Déjà notre appareil est supérieur au cerf-volant ordinaire, en ce que nous pouvons approprier l'inclinaison de la voile à la force actuelle du vent; mais nous pouvons mettre aussi à la

portée de l'aéronaute trois autres cordes, ou, en termes de marine, trois autres manœuvres, fixées par leurs autres bouts, l'une à l'extrémité supérieure de la vergue précédente, ce qui sera le point le plus haut de la voile, et les deux autres aux deux extrémités de la vergue horizontale. Il pourra alors se mouvoir latéralement, descendre ou remonter à volonté par l'effet de la force du vent. Nous renvoyons au curieux article du *Magasin pittoresque* les personnes qui désireraient savoir comment, au moyen de l'emploi de cette voile, l'auteur propose de diriger deux ballons réunis se mouvant dans des zones de vents différents, qu'il admet se succéder toujours à de faibles distances, ce que tendrait à prouver la plupart des voyages aériens. Ce ne serait certes pas un moyen de locomotion commode ni avantageux, mais au moins il paraît possible dans beaucoup de cas.

Il est probable que l'idée si ingénieuse mise en avant par M. Arago, pourra se réaliser par l'application de ces nouveaux principes et sans doute l'essai s'en fera prochainement.

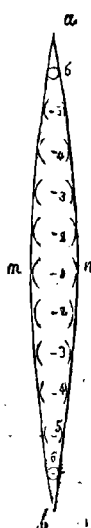
Nous terminerons cet article en indiquant le mode de construction des bandes ou fuseaux de taffetas, dont on forme l'enveloppe du ballon, que nous supposons sphérique.

32.



Tracez (fig. 32), le quart de cercle GOA, avec le rayon OA du ballon; portez ce rayon sur la circonférence de A en E, puis de E en C, et divisez les arcs AC, CE, EG en parties égales aux points B, D, F; le quart de cercle se trouvera ainsi divisé en six parties égales.

Par les points de division, menez des parallèles BH, CK, DL, EM, FN à AO; joignez le point O du milieu I de AB, et du point O comme centre avec les longueurs BH, CK, etc., décrivez successivement les arcs de cercle 22, 33, 44, etc. AI étant la vingt-quatrième partie de l'équateur de la sphère de rayon AO, les arcs 22, 33, 44, etc., seront la vingt-quatrième partie des parallèles respectifs du rayon BH, CK, DL, etc.; de sorte que si



33.

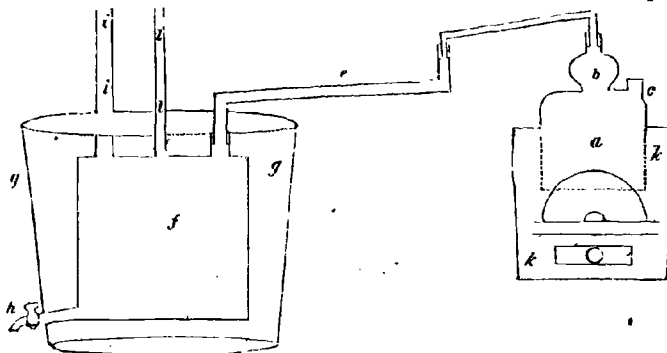
l'on développe un méridien, en portant (fig. 33) sur la ligne droite ab, 12 fois la longueur AI, et qu'ensuite, des points de division 1, 2, 3, 4, 5, 6, comme centres et avec les rayons respectifs AI, 22, 33, 44, 55, 66 (fig. 32), on décrit des arcs de cercles de chaque côté de la ligne ab, et de qu'on trace tangentiellement à ces arcs de cercles la courbe ambn, on obtiendra un patron tel que vingt-quatre fuseaux de cette sorte, assemblés par leurs bords, formeront un ballon sensiblement sphérique. Quand le globe a de grandes dimensions, comme chacun des arcs AB, BC ne peut être censé égal à sa corde, on divise pour plus d'exactitude le quart de cercle en 12 parties égales (et même plus encore) au lieu de 6, et l'on fait la même construction que ci-dessus. La sphère est alors formée de 48 fuseaux au lieu de 24. Comme les points de coïncidence des fuseaux sont déterminés par les parallèles à l'équateur, il est facile de peindre d'avance sur chacun les parties du dessin qui s'accordent après leur réunion; d'ailleurs on doit laisser des deux côtés de chaque fuseau une bande pour la couture avec le fuseau voisin.

Si le globe doit être ovoïde, la construc-

tion est la même; seulement la fig. 32 doit représenter le quart de cet ovoïde, G étant l'un des pôles et OA l'équateur; on doit toujours diviser l'arc de méridien GA en parties égales.

AFFILER. Voyez AFFUTER.

AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT, DÉPART (*angl.* refining of gold silver, *parting*; *all.* Scheidung in die Quart). La séparation des matières d'or et d'argent se fait soit au moyen de l'acide nitrique, soit au moyen de l'acide sulfurique. Dans le premier cas, l'appareil suivant (fig. 34) peut être em-



34.

ployé avec avantage, tant pour produire de l'acide nitrique que pour séparer l'or de l'argent.

a est une cornue en platine, placée dans un fourneau à réverbère *kk*; elle porte une tubulure *c* qui sert à introduire l'acide pendant l'opération. Son chapiteau *b* communique par un tube de platine recourbé de 0^m,65 de long, avec un tube en grès vernissé *e* de 5 centim. de diamètre, qui vient s'adapter à l'une des tubulures de la bouteille en grès *f*. Cette bouteille porte deux autres tubulures, où sont logés les tubes *ii*, *ii*, de 7 à 8 centim. de diamètre et de 4 mètres de haut, remplis de fragments de verre ou de galets siliceux, et dans lesquels tombe d'un réservoir supérieur une petite quantité d'eau suffisante pour entretenir les fragments qui y sont contenus, dans un état constant d'humidité.

Un robinet *h*, en verre ou en grès, sert à faire écouler l'acide qui s'est condensé dans la bouteille *f*; enfin, celle-ci est placée dans un réfrigérant *gg*, où circule un courant d'eau froide, qui, arrivant au fond du vase, s'échauffe à mesure qu'elle s'élève et s'échappe par la partie supérieure.

Pour fabriquer de l'acide nitrique avec cet appareil, on charge dans la cornue *a*, 50 kilogr. à peu près de nitre très pur et grossièrement concassé, on lute tous les joints, et on commence par verser, à l'aide d'un entonnoir, 40 kilogr. d'acide sulfurique concentré par la tubulure *c*, puis d'heure en heure on en ajoute 5 kilogr., jusqu'à ce qu'on en ait versé en tout 30 kilogr., ce qui a lieu au bout de quatre heures. Quelques heures après, on allume un peu de feu dans le fourneau *kk*. En poussant la chaleur convenablement, on peut obtenir en vingt-quatre heures tout l'acide nitrique contenu dans le nitre; on accélère le dégagement des dernières parties acides, en introduisant avec précaution et par petites portions, par la tubulure *c*, un peu d'eau bouillante.

Le degré de concentration de l'acide nitrique, le plus convenable pour effectuer le départ, est celui qui correspond à une densité de 4,320; s'il ne se trouble pas lorsqu'on y verse quelques gouttes de nitrate d'argent, il ne contient pas d'acide muriatique, et est propre au départ. S'il en renfermait, on le purifierait en ajoutant assez de nitrate d'argent pour précipiter tout l'acide

hydrochlorique à l'état de chlorure d'argent. La petite quantité d'acide sulfurique qu'il peut contenir n'offre aucun inconvénient.

Le procédé de départ par l'acide nitrique est fondé sur ce principe, que l'argent est soluble dans l'acide nitrique, tandis que l'or ne l'est pas. L'expérience démontre que pour que l'alliage soit complètement attaqué, la composition la plus convenable correspond à trois parties d'argent en poids pour une d'or. Il faut théoriquement 38 kilogr. d'acide nitrique ayant une densité de 4,320 pour oxyder 400 kilogr. d'argent et

444 kilogr. d'acide pour dissoudre l'oxyde formé, en tout 449 kilogr. d'acide nitrique; mais l'affineur en consomme souvent plus de 200 kilogr., par suite des moyens imparfaits qu'il emploie pour condenser les vapeurs acides. Dans l'appareil que nous venons de décrire, au contraire, l'acide nitrique donne lieu, par suite de la réaction, à des vapeurs nitreuses qui absorbent de l'oxygène dans le réservoir *f*, et se transforment de nouveau presque en totalité en acide nitrique; de sorte qu'en définitive, la quantité d'acide dépensée se réduira à peu près aux 140 kilogr. nécessaires pour dissoudre l'oxyde

d'argent. On peut admettre qu'en opérant avec soin, il suffira de 120 kilogr. d'acide pour opérer le départ d'un alliage de 400 kilogr. d'argent et de 25 kilogr. d'or.

Comme 400 kilogr. de cuivre exigent théoriquement pour s'oxyder 130 kilogr. d'acide nitrique, ayant une densité de 4,320 kilogr., et 390 kilogr. pour dissoudre l'oxyde formé, en tout 520 kilogr. d'acide, il importe que l'alliage soumis au départ ne renferme pas de cuivre.

Ces données ayant été adoptées comme bases de l'opération, on introduit 30 kilogr. de l'alliage d'or et d'argent grenailé, devant contenir à peu près de 24 à 22 kilogr. d'argent, dans la cornue de platine *a*, dont la capacité est de 45 litres, puis on verse par la tubulure 40 kilogr. d'acide nitrique à la densité de 4,320 ayant un volume de 27 litres.

Il est clair que, vu la longueur du tuyau *e*, la basse température à laquelle on maintient le condenseur *f*, et l'influence régénératrice des tuyaux *ii*, *ii*, remplis de fragments siliceux humectés d'eau, on pourra recueillir de 40 à 45 kilogr. d'acide sur les 40 kilogr. introduits. Lorsqu'en ouvrant l'orifice *c* on ne voit plus apparaître de vapeurs nitreuses rougeâtres, on retire le feu, et après avoir laissé refroidir, on démonte l'appareil; on décante ensuite le liquide par l'orifice *c*; on traite encore par de l'acide nitrique pur bouillant et plus concentré la poudre d'or restée au fond de la cornue, pour dissoudre les dernières parcelles d'argent, et on lave avec soin le résidu par décantation avec de l'eau distillée. Enfin, après l'avoir desséché, on le fond dans un creuset avec un peu de borax et de nitre, et on coule dans des lingotières; c'est de l'or fin.

On précipite la dissolution nitrique et les eaux de lavage, le tout préalablement étendu d'eau distillée, par des lames de cuivre; il se forme du nitrate de cuivre qui colore la liqueur en bleu, et l'argent se précipite à l'état métallique. On lave le précipité d'argent avec de l'eau distillée bouillante pour enlever tout le nitrate de cuivre qu'elle contient, puis on le comprime à l'aide d'une presse hydraulique dans des cylindres en fonte. Les culots fondus dans des creusets avec un peu de nitre et de borax et coulés dans des lingotières, donnent de l'argent fin.

Si l'on veut revivifier le nitrate de cuivre, l'appareil indiqué ci-dessus permet de recueillir une portion considérable de l'acide nitrique, en évaporant d'abord le nitrate presque à siccité, puis rajustant le tuyau *e* et augmentant graduellement le feu pour expulser l'acide; l'oxyde de cuivre se déposera au fond de la cornue sous forme d'une masse noire, et si l'on a eu soin d'entretenir le gravier des tubes *ii*, *ii* constamment humide, l'acide nitrique est régénéré sans autre dépense qu'un peu de chauffage.

Après avoir séparé l'oxyde de cuivre, on peut l'employer à préparer le sulfate de cuivre en ajoutant 422 parties d'acide sulfurique, étendues d'eau, pour 100 d'oxyde. Quant à la quantité de cuivre nécessaire pour précipiter l'argent, elle est de 29 kil. pour 100 kil. d'argent.

Dans le départ au moyen de l'acide nitrique, l'or retient un peu d'argent, ce qu'on démontre en le dissolvant dans l'eau régale, et étendant d'eau, il se forme au bout de quelques heures un précipité opalin de chlorure d'argent. De même l'argent obtenu contient une petite quantité d'or.

M. Dizé a eu l'idée de remplacer l'acide nitrique par l'acide sulfurique, au moyen duquel on peut séparer de l'argent affiné, par le procédé décrit plus haut, une certaine quantité d'or. Ce procédé est généralement adopté en France, et a permis de retirer de l'argent affiné par l'acide nitrique, un millième de son poids d'or. Ce qui donne un produit de 3,444 fr. 44 c. par 1,000 kil. d'argent.

L'alliage le plus convenable au départ par l'acide sulfurique se compose d'or, d'argent et de cuivre, dans le rapport de 200, 725 et 75, en tout 1,000. Il ne doit jamais contenir plus d'or, parce qu'alors tout l'argent ne serait pas attaqué, et il ne doit pas non plus contenir plus de cuivre, sans quoi le sulfate de ce métal qui se formerait, et qui est insoluble dans l'acide sulfurique concentré, empêcherait l'alliage et le garantirait de l'action de l'acide. Si l'alliage contient des métaux oxydables, tels que du plomb, de l'étain, etc., en quantité un peu grande, on commencera par les séparer au moyen de la coupellation. Si la proportion de ces métaux est très petite, leur séparation s'exécute en même temps que celle du cuivre en excès par l'opération de la *poussée*, en fondant l'alliage avec un peu de nitre.

Le procédé de départ par l'acide sulfurique, pour l'argent contenant peu d'or se compose des cinq opérations suivantes :

1° On a plusieurs fourneaux de 0^m,32 de diamètre, sur chacun desquels on place des cornues en platine de forme ovale; on charge dans chaque cornue 3 kil. d'argent aurifère granulé, et 6 kil. d'acide sulfurique concentré. Les cornues ont des chapiteaux coniques terminés par des tubes recourbés qui conduisent les vapeurs acides dans des tuyaux en plomb, faisant office de condenseurs. Comme l'acide sulfurique n'attaque pas à froid l'alliage, on chauffe jusqu'à l'ébullition; une partie de l'acide se décompose alors en oxygène, qui s'unit à l'argent et au cuivre métalliques, et en acide sulfureux qui se dégage, une autre partie dissout les oxydes et forme des sulfates qui se déposent en partie sous la forme de poudre cristalline, parce qu'ils sont peu solubles dans l'acide sulfurique concentré. La dissolution s'opère très rapidement pendant les premières heures, puis elle se ralentit et n'est complète qu'au bout de douze heures. Pendant l'ébullition une certaine quantité d'acide sulfurique non décomposé se vaporise et s'échappe avec l'acide sulfureux. On la condense dans un grand récipient en plomb maintenu à une basse température. On a proposé de condenser l'acide sulfureux en le mettant en contact avec du lait de chaux sur une grande étendue de surface,

dans des appareils analogues à ceux qu'on emploie pour purifier le gaz d'éclairage.

2° Quand tout l'argent a été converti en sulfate, on le transvase dans un réservoir en plomb, et on l'étend d'eau pure jusqu'à ce que la dissolution marque 45 ou 20° de l'aréomètre de Baumé; quant à la poudre d'or non attaquée, on la lave avec de l'eau distillée et bouillante, et l'on ajoute les eaux de lavage à la dissolution précédente. On précipite ensuite l'argent par des lames de cuivre, on lave avec soin le précipité avec de l'eau bouillante, puis on le soumet encore humide à une forte compression, afin d'en séparer les dernières parties de sulfate de cuivre.

3° L'argent précipité et desséché est fondu dans un creuset et coulé en lingots.

4° L'or est de même desséché et fondu en ayant soin de lui ajouter un peu de nitre, afin d'oxyder et de séparer les quelques molécules de cuivre qui peuvent n'avoir pas été dissoutes.

5° Comme le sulfate de cuivre a une valeur assez grande, il faut neutraliser sa dissolution, l'évaporer et faire cristalliser dans des cristallisoirs en plomb. Les fermiers consomment en France une immense quantité de ce sel pour chauler leur blé, en l'humectant avant les semailles avec une dissolution qui marque 2 ou 3° à l'aréomètre de Baumé, ce qui le préserve des ravages des oiseaux et des insectes.

L'or pur, à l'instant de son départ par l'acide sulfurique, étant en poudre très fine, et à une température assez élevée, tend à se souder au platine et à épaissir ainsi le fond de la cornue; comme il est important et pour la conservation de la cornue, et pour l'économie du chauffage de pouvoir ôter la croûte d'or qui s'y dépose, les affineurs se servent de petites quantités d'eau régale étendue qui dissout rapidement l'or et n'attaque pas sensiblement le platine. Cette opération est délicate et exige de la circonspection. La formation de ces dépôts augmente par l'emploi d'une trop forte chaleur et d'une trop faible quantité d'acide relativement à celle de l'alliage. Il convient donc d'employer de grandes cornues. On doit surtout éviter la présence du plomb et de l'étain, qui détruiraient promptement, les vases en platine, accident qui est arrivé plus d'une fois.

Depuis l'emploi des nouveaux procédés d'affinage, les lingots contenant plus d'un dixième d'or sont pris par les affineurs, comme or fin; ils rendent l'or et l'argent, gardent le cuivre, et reçoivent seulement 5 fr. 50 c. par kilogr. pour frais d'affinage.

Pour un lingot d'argent contenant moins d'un dixième d'or, l'affineur garde un millième de l'or et le cuivre du lingot, rend le reste de l'or, tout l'argent, et paie au propriétaire une prime qui s'élève jusqu'à 0 fr. 75 c. par kilogr.; et si le propriétaire veut avoir tout l'or et tout l'argent, il paie à l'affineur, qui garde en outre le cuivre, 2 fr. 68 c. par kilogr. Pour l'argent à bas titre, le cuivre seul en fait les frais.

Les ateliers d'affinage de MM. Saint-André et Poissat, rue de la Fidélité, à Paris, sont peut-être les plus beaux de ce genre, qui existent au monde. La chambre principale a 80 mètres de long, 13 mètres de large et environ 10 mètres de haut; une grande cheminée s'élève en son milieu, et il y en a une autre à chacune des extrémités. L'une des moitiés de l'atelier sert au départ proprement dit; l'autre moitié renferme les chaudières et cuves employées pour faire évaporer et cristalliser le sulfate de cuivre obtenu, et pour concentrer l'acide sulfurique condensé dans le récipient. On fond l'argent dans des creusets en fer forgé, capables d'en contenir plusieurs quintaux, et on le granule en le coulant dans des cuves métalliques remplies d'eau. Les granaillés d'argent sont desséchés, puis transportés dans un bureau bien éclairé, entouré de châssis vitrés, où elles sont pesées, enregistrées, et réu-

AFFINAGE.

nies en portions d'un poids déterminé. Chacune de ces portions est mise dans une chaudière hémisphérique et légèrement aplatie, en fonte, ayant 0^m,65 environ de diamètre, et recouverte d'un chapiteau également en fonte. Un tuyau de dégagement placé au sommet du chapiteau communique avec un récipient de forme allongée en plomb, qui est situé au-dessous du niveau du plancher. Ces chaudières, dont le fond est baigné par la flamme, sont placées par couple sur chaque fourneau, parallèlement au petit axe de l'atelier. Les fourneaux sont disposés symétriquement par rapport au grand axe de l'atelier, de telle sorte que l'on puisse circuler librement tout autour.

On emploie 2 parties en poids d'acide sulfurique concentré pour 1 partie d'argent, et on fait bouillir lentement jusqu'à ce que tout l'argent soit transformé en un sulfate pâteux; le récipient souterrain en plomb, dans lequel se condense la petite quantité d'acide sulfurique entraînée avec l'acide sulfureux, communique par un tuyau vertical en plomb, de 0^m,10 de diamètre, à l'une des extrémités d'une grande chambre en plomb, située dans la charpente de l'atelier et solidement soutenue par de forts chevrons en bois. Cette chambre qui a 40^m de long, 3^m,30 de large, et 2^m de haut, sert à condenser et à recueillir l'acide sulfurique, que l'on obtient en faisant arriver au milieu de l'acide sulfureux venant du récipient souterrain une certaine quantité de vapeurs nitreuses d'air et de vapeur d'eau; tout à fait comme cela se pratique dans la fabrication de l'acide sulfurique dans des chambres de plomb (voyez acide SULFURIQUE). Un grand tuyau carré en plomb, partant de l'autre extrémité de la chambre, et légèrement incliné, amène l'acide qui s'est condensé dans un petit réservoir en plomb, qui lui-même décharge par un autre tuyau dans la cheminée centrale les produits gazeux non condensés, et entretient ainsi un tirage continu, à travers toutes les chambres en plomb jusqu'aux cornues en fonte.

Outre les cornues en fonte, ne servant qu'à traiter l'argent allié de cuivre qui ne contient qu'une très petite quantité d'or, il y a au milieu de l'atelier et près de la cheminée six cornues en platine, dans lesquelles on traite les alliages assez riches en or.

Le sulfate d'argent pâteux, avec excès d'acide obtenu dans les cornues en fonte, est transvasé avec une cuillère en fonte à long manche dans de grandes cuves en plomb attenantes aux cornues, et étendu d'eau, jusqu'à ce qu'il marque 36° à l'aréomètre de Baumé. On y fait alors arriver de la vapeur d'eau par une série de tuyaux verticaux en plomb, placés sur toute la longueur du réservoir et plongeant presque jusqu'au fond; la li-queur entre bientôt en ébullition, et on continue de faire arriver de la vapeur d'eau jusqu'à ce que l'aréomètre ne marque plus que 22 degrés. On transvase alors le sulfate à l'aide de siphons en plomb, dans de grands bassins, à fond arrondi également en plomb; où on le précipite par des lames minces de cuivre; on décante enfin le sulfate de cuivre dans un bassin inférieur, où on le laisse reposer et s'éclaircir.

Le précipité d'argent est égoutté, puis fortement comprimé à l'aide d'une presse hydraulique dans des moules en fonte à section carrée. On opère sur 30 kilogr. d'argent à chaque fois. Les culots d'argent ainsi obtenus, sont desséchés, et fondus dans des creusets en graphite, dans un fourneau placé à côté du bureau de contrôle qui, comme nous l'avons dit, est fait avec des cloisons vitrées, de sorte que l'inspecteur peut voir tout ce qui se passe dans l'atelier.

Le sulfate de cuivre est évaporé jusqu'au degré de concentration convenable, dans de larges chaudières à fond plat en plomb, placées sur une même rangée dans le second compartiment de l'atelier, puis transvasé à l'aide de siphons dans des cristallisoirs également en

AFFUT.

plomb. Après avoir laissé reposer pendant trois à quatre jours, on concentre de nouveau les eaux-mères... et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'elles marquent 60° à l'aréomètre de Baumé; elles ne retiennent plus alors que des traces de sel; on achève de les concentrer jusqu'à 66° dans les cornues en platine; elles se décolorent complètement et sont employées comme de l'acide neuf.

On obtient d'abord des cristaux de sulfate de cuivre hydraté (vitriol bleu), mais dès que la concentration est arrivée à un certain point, l'affinité de l'acide sulfurique pour l'eau est telle que les eaux-mères ne donnent plus que des masses blanches, confusément cristallisées, de sulfate de cuivre anhydre, qu'on redissout dans de l'eau pure, pour le faire cristalliser de nouveau à l'état hydraté, et le livrer au commerce. On peut affiner par jour dans l'établissement de MM. Saint-André et Poisat, au moins 250,000 fr. Une petite machine à vapeur de la force de 6 chevaux, met en mouvement les pompes en plomb, qui amènent l'acide sulfurique étendu et les dissolutions de sulfate acide de cuivre dans les chaudières de concentration, un appareil pour pulvériser les vieux creusets, et un petit moulin d'amalgamation qui consiste en deux segments de sphère, tournant autour d'un axe vertical, dans une cuve en fonte à fond hémisphérique. Le sol de l'atelier est couvert d'une grille en fer; la poussière et les boues qui se rassemblent dans les interstices et au-dessous sont recueillies de temps à autre, et portées au moulin d'amalgamation. Il n'y a en tout que dix ouvriers; et il suffit que l'argent traité renferme $\frac{1}{2000}$, ou un peu moins de 0,0004 d'or pour compenser les frais de départ.

AFFINITÉ. Terme de chimie, désignant la force attractive particulière qui produit la combinaison de substances de différentes natures; comme, par exemple, celle d'un alcali avec un acide, ou du soufre avec un métal.

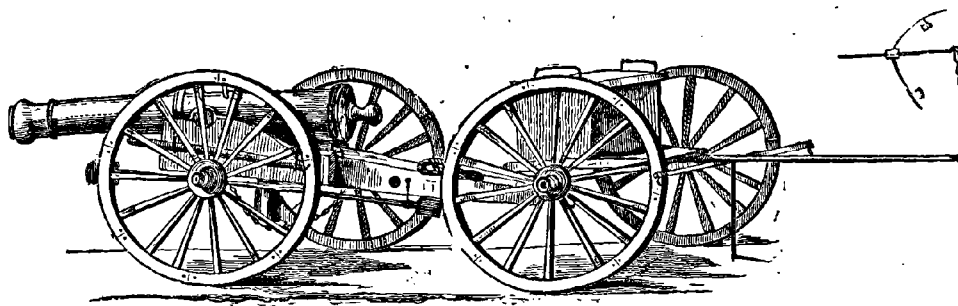
AFFÛT. On donne le nom d'affût au système qui supporte la pièce de canon.

Trois choses sont à considérer pour déterminer la composition d'un affût: le tir, les manœuvres et le transport. Il faut donc un affût différent pour chaque espèce de service auquel la pièce est destinée. Nous examinerons successivement: l'affût de campagne et de montagne, l'affût de siège, l'affût de place et côte, et l'affût marin, en décrivant les formes adoptées par l'artillerie française, qui depuis le remaniement complet de son matériel en 1827, peuvent être regardées comme celles qui approchent le plus de la perfection.

AFFÛT DE CAMPAGNE. L'artillerie de campagne se compose: de pièces de 8 et d'obusiers de 24 pour les batteries de position, de pièces de 42 et d'obusiers de 6 pouces pour les batteries de réserve. Deux affûts seulement suffisent au service de ces quatre bouches à feu, construits d'après les mêmes principes et composés des mêmes pièces, ils ne diffèrent entre eux que par des détails.

La mobilité est la première condition de l'artillerie de campagne. L'affût se compose de deux parties principales, l'affût proprement dit et son avant-train, qui, réunis, forment une voiture complète à quatre roues (fig. 35). Lorsqu'il s'agit de faire feu, on détache l'affût de son avant-train, et l'on a: d'un côté, l'avant-train, voiture à deux roues; d'un autre, l'affût reposant à terre par trois points; ses deux roues et l'extrémité de sa flèche (fig. 36).

On appelle *flasques* les deux pièces sur lesquelles est immédiatement portée la bouche à feu, les tourillons y sont reçus dans deux logements dits *encastremens*, les flasques reposent à leur tour sur l'essieu, et sont réunis à la flèche, à la hauteur de la culasse. En ce point est la vis de pointage, destinée à donner à l'aune de la



LESESTRE

bouche à feu une inclinaison convenable. La construction limite cette inclinaison seulement jusqu'aux portées pour lesquelles le tir a de la justesse; sans cette précaution, il arriverait souvent que des chefs de batterie, contraints d'obéir aux ordres d'officiers étrangers à l'artillerie feraient consommer inutilement les munitions.

La direction est donnée au moyen d'un levier fixé dans une lunette à l'extrémité de la flèche; ce levier peut s'enlever à volonté quand on unit l'affût avec son avant-train.

L'affût doit porter le long de ses flasques, et fixées par des moyens simples qui les retiennent malgré les cahots, toutes les pièces de l'armement, telles que : deux écouvillons, un tire-bourre, deux leviers de pointage et un seau d'eau pour rafraîchir la pièce, quand un tir précipité l'échauffe d'une manière dangereuse. La hauteur des flasques doit être telle que la pièce puisse être chargée avec aisance.

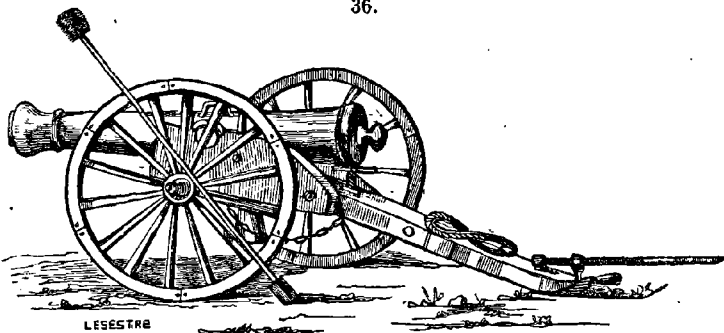
A ces conditions il s'en joint d'autres de formes et de résistance, dont on ne peut se rendre compte sans entrer dans quelques considérations sur l'action de la poudre.

Lorsqu'une pièce fait feu, le fond de l'âme éprouve une réaction qui est communiquée à l'affût par les tourillons unis aux flasques dans les encastremens. On comprend que chaque partie de l'affût éprouve des percussions qui tendent à le détruire, et que l'habileté du constructeur consiste à les combattre; il est guidé en cela par les principes suivants :

1° Les percussions s'affaiblissent quand on augmente le poids de la bouche à feu par rapport à celui du projectile, et d'un autre côté la percussion exercée sur les encastremens des flasques est d'autant moindre que l'affût offre moins de résistance au recul; il faut donc que le poids de la pièce soit un maximum, et le poids de l'affût un minimum.

2° La flèche souffre beaucoup des percussions : plus l'angle qu'elle fait avec le terrain est aigu, plus elles sont amorties, il faut cependant remarquer que ce principe n'a de véritable importance que pour de grandes variations de cet angle qui affecte alors d'une manière sensible le recul.

La flèche se trouve affaiblie par le logement de la vis de pointage et un boulon d'assemblage, précisément en



LESESTRE

un des points où la réaction est la plus vive, surtout dans le tir des obusiers, dont le poids est inférieur à celui des canons; il faut donc apporter le plus grand soin à la qualité du bois de construction que l'on emploie.

3° La tête de l'affût choque l'essieu, et il se forme souvent une fente à l'angle antérieur de l'encastrement d'essieu. Ce choc est causé par l'inertie et le frottement des roues. On ne peut songer à le combattre en diminuant le recul qui est nécessaire; il ne reste donc qu'à rendre le poids des roues, un minimum.

4° Le frottement des fusées et des moyeux est de peu d'influence sur le recul, quand les essieux sont en fer et les boîtes en bronze; mais il devient très important, si l'on augmente le rayon moyen des fusées, et si, par exemple, en faisant rouler les roues sur leurs moyeux, on met en contact des substances d'un grand frottement.

Manœuvre et transport. L'affût s'unit à l'avant-train au moyen d'un simple crochot ou cheville ouvrière; il faut donner par conséquent peu d'élévation à cette articulation, rendre toujours visibles la lunette et la cheville ouvrière, et placer le centre de gravité du système de telle manière que la flèche puisse être facilement soulevée par deux hommes; la manœuvre est facilitée par deux poignées en fer; malgré ces précautions l'opération d'attacher l'affût à l'avant-train peut paraître trop longue dans certains cas, alors tous deux restent liés pendant le tir au moyen d'une corde nommée *prolonge*, et l'on peut dans cet état les faire manœuvrer au galop. Ce moyen d'union doit être employé le plus rarement possible. La prolonge est portée toute roulée sur la flèche de l'affût.

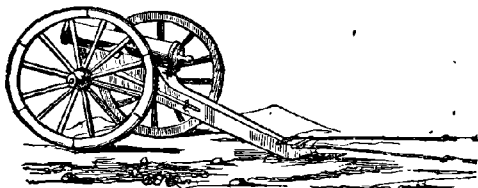
Le crochot cheville ouvrière se trouve en arrière de l'essieu de l'avant-train, de plus les flasques, au lieu d'être prolongés jusqu'à la lunette, étant remplacés par

AFFÛT.

une flèche de peu de largeur, la voiture, quoique munie de roues d'égale hauteur à son avant-train et à son arrière-train, satisfait aux conditions de roulage et de tournant nécessaires au service. Deux plaques en fer sont placées sur la flèche, aux deux endroits où doivent venir frotter les roues de l'avant-train. La position de la cheville ouvrière en arrière de l'essieu laisse aux deux trains une indépendance complète; cette indépendance assure la mobilité du système.

La roue de 1^m,49 de diamètre d'un modèle unique convient à toutes les voitures de campagne, ce qui donne une grande simplicité; mais ces avantages sont rachetés par quelques inconvénients. Le timon de l'avant-train, privé de contre-appui, obéit à toutes les secousses de la voiture, et ces réactions doivent être supportées par les deux chevaux de derrière, elles leur sont communiquées par deux branches en fer fixées à l'extrémité du timon et engagées dans un anneau à la partie inférieure du collier. Pour diminuer ces réactions autant que possible, on dispose le centre de gravité de telle sorte que les chevaux portent constamment au moyen de leurs supports 44 à 48 kilogrammes, selon que l'avant-train est vide ou chargé. De plus ces mêmes secousses et le support qui les transmet, ne permettent pas d'attacher à l'extrémité du timon une volée pour les attelages de devant; en sorte qu'il faut les faire tirer directement sur les traits des chevaux de derrière, ce qui est le mode le plus vicieux pour utiliser leurs efforts.

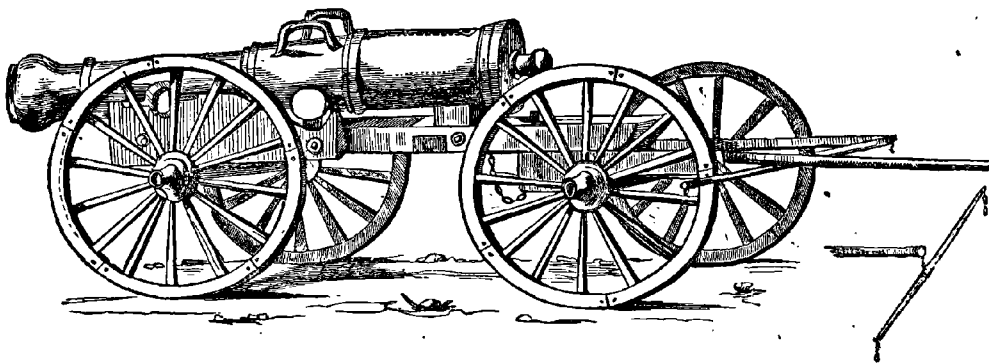
AFFÛT DE MONTAGNE. L'artillerie de montagne est en quelque sorte un appendice de l'équipage de campagne, car son emploi commence précisément quand le



37.

terrain n'est plus accessible aux voitures. La pièce unique dont on se sert alors est un obusier de 12, pesant 400 kilogrammes, charge ordinaire d'un mulet de bât. L'affût ne doit pas excéder ce poids.

Le corps d'affût est formé d'une seule pièce de bois.



38.

Sa partie antérieure convenablement évidée, reçoit l'obusier, soutient les tourillons, et permet de pointer sous

AFFÛT.

tous les angles nécessaires au-dessus et au-dessous de l'horizon.

La voie est au plus de moitié de celle des autres voitures, à cause des chemins creux et encaissés qui se trouvent dans les pays montagneux. Le recul doit être aussi limité que possible, puisque ces bouches à feu sont destinées à tirer souvent sur des emplacements fort resserrés, ou sur des rampes ascendantes, et cependant l'affût doit être fort léger; il a donc fallu faire usage d'essieux en bois, diminuer le rayon des roues et, ces précautions étant encore jugées insuffisantes, établir une enrayure qui arrête complètement le mouvement rétrograde après une course de peu d'étendue.

L'avant-train de l'affût de montagne consiste en une limonière qui s'adapte à la crosse d'une manière simple et solide. Quand la route le permet, les deux mulets porteurs de l'affût et de la pièce y sont attelés à la suite l'un de l'autre. Un levier passé dans l'âme de la pièce sert à maintenir la voiture dans les tournants difficiles.

AFFÛTS DE SIÈGE. L'artillerie de siège se compose de pièces de 24 et de 46, d'obusiers de 8 pouces, de mortiers et pierriers.

Un même affût sert aux pièces de 24 et aux obusiers de 8 pouces; l'affût des pièces de 46 n'en diffère que par ses dimensions. (fig. 38). Comme dans l'artillerie de campagne, l'affût peut transporter sa pièce, et se compose de l'affût proprement dit et d'un avant-train.

Outre les principes déjà énoncés, l'affût proprement dit demande à être construit dans les conditions suivantes pour le tir.

1° Être aussi élevé que le permet la manœuvre. En effet, la pièce de siège est abritée par une masse de terre percée d'une ouverture appelée embrasure; plus cette embrasure sera élevée au-dessus du sol, mieux la pièce et ses servants seront à couvert, mais d'un autre côté, les projectiles employés étant d'un certain poids, il faut que sa hauteur laisse toute liberté aux hommes pour la charge. Cette hauteur est donnée par une pièce de bois dont on garnit l'essieu en fer.

2° Le recul doit être borné aux stricts besoins du service.

En campagne, une pièce recule sans inconvénient, elle repose sur le sol naturel; une pièce de siège a besoin, en raison de son poids, d'un sol préparé, on lui construit donc une plate-forme en madriers jointifs, posant sur trois fortes lambourdes enterrées. Il y a économie de matériel, à faire la plate-forme la plus courte possible.

Le recul sera donc limité de manière à ce qu'il dégage seulement l'âme de la pièce de son embrasure pour l'exécution de la charge.

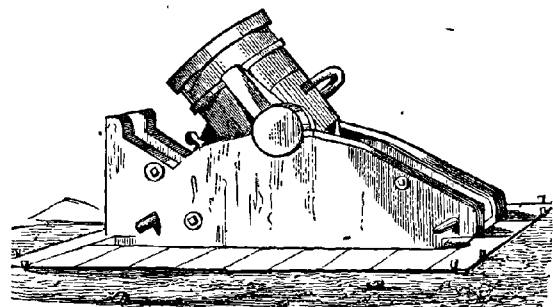
3° Aux deux côtés de l'affût, doivent se trouver des points d'application pour les leviers de manœuvre, les

uns en avant de l'essieu, d'autres en arrière, et d'autres encore près des crosses. Le poids de l'affût et de la pièce ne permettrait pas en effet de les diriger au moyen d'un simple levier de pointage. Une vis sert à donner à la pièce l'inclinaison voulue; quand l'affût est chargé d'un obusier, elle est remplacée par un coin, l'obusier étant trop court pour reposer sur la vis; cette inclinaison doit pouvoir varier entre 42° au-dessus de l'horizon et 5° ou 6° au-dessous.

Jamais un équipage de siège n'est exposé à parcourir des terrains fort accidentés; on a donc dû renoncer à l'indépendance des deux parties de la voiture à quatre roues que forment l'affût et l'avant-train, et alors, employer un attelage supérieur à celui de l'artillerie de campagne. Les chevaux de derrière n'ont plus de supports pour résister aux oscillations du timon maintenu par une pièce de contre-appui et les chevaux de devant tirent directement sur une volée attachée à l'extrémité du timon.

Il faut remarquer que la cheville ouvrière traverse la pièce de contre-appui, ce qui donne une grande ouverture d'angle pour le tournant. Cette précaution jointe à la réunion des flasques à une flèche unique, a permis de donner aux quatre roues le même diamètre. Ce diamètre est de 4,55. Cependant le timon ne serait pas complètement soustrait aux réactions de l'arrière-train, si la pièce restait en route dans les encastres du tir, il a fallu dans ce cas répartir d'une autre manière le poids des deux trains entre les essieux, et c'est là une des différences les plus importantes de l'affût de siège et de celui de campagne. Dans la position de route la pièce repose, par son premier renfort, sur un coussinet, que deux boulons unissent à la flèche et par la volée sur la tête de cette même flèche située au-dessus du second essieu. Deux chevilles-arrêteurs s'opposent à un nouveau glissement des tourillons en avant, le talus des flasques empêche le glissement en arrière, et ces flasques empêchent tout mouvement de rotation sur l'axe de l'âme de la pièce, bien qu'ils ne supportent pas le moindre poids.

AFFÛTS DE MORTIERS ET PIERRIERS. Les affûts de mortiers et pierriers (fig. 39) sont dans des conditions



39.

tout à fait différentes des affûts de canon, uniquement destinés au tir. Une voiture est nécessaire pour les transporter d'un lieu à un autre eux et leurs pièces.

On observera pour la construction de l'affût que :

1° Un mortier doit tirer sous un angle de 45°, cette cause et la faible rapport du poids de la pièce et du projectile rend tellement grande la percussion exercée normalement sur le sol, qu'il a fallu supprimer les roues et faire porter sur le sol les flasques dans toute leur longueur; et de plus ces flasques doivent avoir peu d'élevation pour que les efforts auxquels elles doivent résister tendent plutôt à les écraser qu'à les faire ployer dans le sens vertical.

2° Le mortier tire derrière un épaulement sans em-

brasures, le poids des bombes est fort considérable, l'affût sera donc peu élevé au-dessus du sol.

3° La plate-forme sur laquelle il repose est composée de lambourdes de fort équarissage, elle sera donc fort lourde à transporter et on doit chercher à obtenir un recul minimum.

4° Enfin pour lui donner la direction nécessaire, il faut des points d'application pour les leviers, les uns à la tête, les autres à la queue de l'affût.

AFFÛTS DE PLACE ET CÔTE. La défense se sert des mêmes affûts que l'attaque pour ses canons, ses obusiers et ses mortiers; mais elle y en ajoute un qui lui est particulier, et que lui commandent impérieusement les nécessités de son service. Nous avons vu l'affût de siège en effet disposé derrière un terre-plein et faisant pénétrer la pièce à travers une embrasure. La défense doit être avare du sang de ses soldats dont le nombre est toujours restreint, l'embrasure ouvre une brèche à travers laquelle ils sont découverts. De plus, il lui faut donner à chacune de ses bouches à feu un vaste champ de tir, pour diriger tous ses feux à la fois sur un des établissements de l'ennemi, et celui-ci ruiné, les reporter aussitôt sur un autre point; autrement, si elle dispersait ses moyens de destruction, une grande quantité de munitions serait consommée, sans produire l'effet désiré. Il faut donc un affût de place qui élève la pièce au-dessus du parapet et lui donne le plus grand champ de tir possible.

Les batteries destinées à défendre les bords de la mer sont mobiles ou fixes. Les premières doivent empêcher les débarquements, tirer sur les troupes, etc., ce seront donc des batteries de campagne; mais les secondes sont affectées à la défense de points principaux, tels qu'un port, une rade, etc. Composées de canons, d'obusiers et de mortiers elles sont placées derrière un épaulement. L'affût des mortiers reste le même comme nous l'avons dit pour toute espèce de service. Mais les canons et les obusiers tirant sur des buts mobiles comme des vaisseaux devront être montés sur des affûts élevant la pièce au-dessus du parapet et permettant de lui donner facilement toutes les directions.

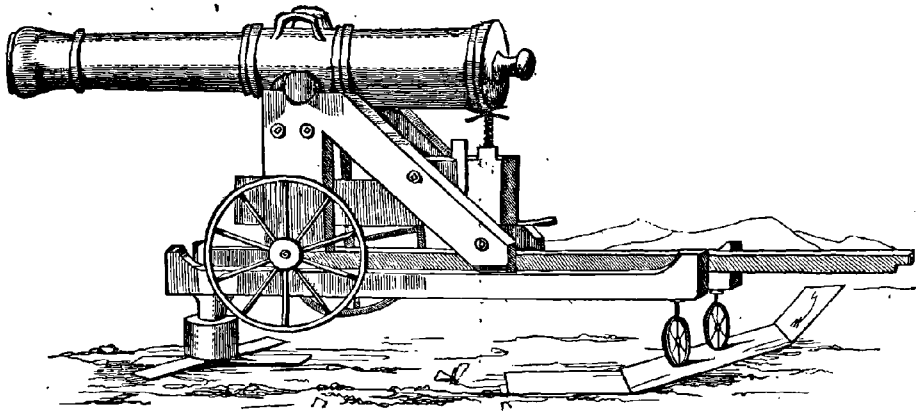
Cette similitude de conditions avec les affûts de place a fait adopter le même système pour les deux services. Seulement, comme les pièces de côte sont destinées à tirer à de grandes portées, c'est-à-dire avec de fortes charges et sous de grands angles, l'on prendra pour base la résistance de leur affût; de plus, le voisinage de la mer détériore avec la plus grande promptitude les ferrures engagées dans le bois, elles devront donc être aussi peu nombreuses que possible.

Cette double condition d'élever la pièce au-dessus du parapet, et de lui donner un champ de tir fort étendu, s'obtient au moyen d'un élément nouveau. C'est un châssis composé de deux parties distinctes, le petit et le grand châssis.

Trois pièces longitudinales réunies par deux entretoises forment le grand châssis. Celles de droite et de gauche qui forment les côtés supportent l'affût, c'est sur elles qu'il se meut; à leurs deux extrémités, des taquets arrêtent sa marche, soit dans le recul, soit dans la mise en batterie. Pour faciliter cette dernière manœuvre, le châssis est un peu incliné de l'arrière à l'avant. La pièce du milieu, ou poutrelle directrice, dépasse d'une quantité assez considérable la queue du châssis; elle sert à donner la direction.

C'est sur le petit châssis que repose la tête du grand. Deux semelles en bois assemblées par des entailles, un plateau circulaire également en bois, une cheville ouvrière en fer qui entre dans la tête de l'axe du grand châssis; telles sont les diverses parties du petit châssis.

AFFÛT.



40.

On comprend que le petit châssis étant fixe par sa nature, et ne se trouvant lié avec le grand qu'en un seul point, ce dernier est libre de se mouvoir en tous sens autour de ce point.

Pour obtenir ce mouvement circulaire et vaincre les frottements, la queue du grand châssis est supportée par deux roulettes en fonte tournant librement dans des châsses verticales. Ces roulettes circulent sur trois madriers posés bout à bout, c'est à cela que se réduit la plate-forme de l'affût de place et côte; il serait inutile, en effet, de faire un plancher complet comme pour les pièces de siège.

Quant à l'affût proprement dit, nous remarquerons :
 1° Les flasques qui se composent chacun d'un montant légèrement incliné, et d'un arc-boutant dont l'ensemble figure une espèce de V renversé. Ils sont unis par des entretoises et un corps d'essieu en bois; de plus on a assemblé un fort tirant de bois, avec le corps d'essieu par son extrémité antérieure, et l'entretoise des arcs-boutants par son autre bout. L'affût, de cette manière, offre toutes les garanties nécessaires contre les commotions du tir, et ne laisse par son profil que peu de prise au ricochet dont les terribles effets détruisent si promptement l'armement d'une place.

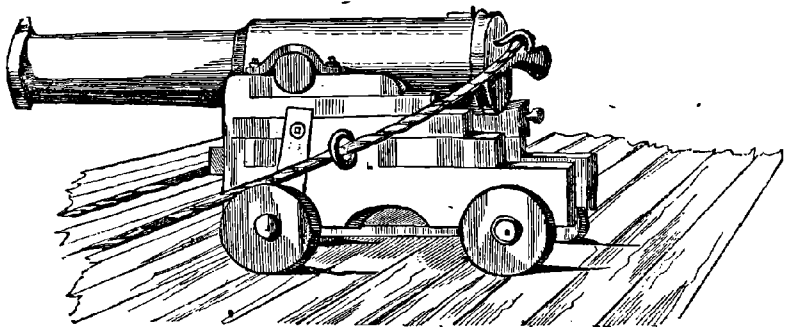
2° Les roues, de 1^m.40 de diamètre, et la lunette qui le termine, permettent d'en faire, au moyen d'un avant-train, une voiture à quatre roues, de telle sorte que la pièce peut être transportée facilement d'une place à une autre, le long du parapet, manœuvre si fréquente dans un siège.

3° Les moyeux des roues sont en fonte; ils s'appuient sur les côtés du châssis pendant l'exécution du tir, et fonctionnent ainsi comme des roues d'un très petit diamètre, ce qui permet de limiter le recul, ainsi que nous l'avons déjà fait observer.

Le service des places et côtes nécessite trois affûts de ce genre pour les canons de 24 et obusiers de 8, pour les canons de 46, et pour ceux de 42; mais ces trois affûts

ne diffèrent que par leurs dimensions; ils ont le même châssis, le même essieu, les mêmes roues et le même avant-train, qui est l'avant-train de campagne déjà décrit.

AFFÛT MARIN. La marine emploie sur ses vaisseaux des pièces d'un calibre en général très fort, ses boulets pèsent 36, 30, 24 et 18 livres; les obusiers Paixhans lancent des projectiles de 8 pouces de diamètre. Toutes ces pièces sont en fonte, et par conséquent d'un poids bien plus considérable que celui des pièces en bronze correspondantes. Le pont et les entreponts dans lesquels se trouvent les batteries sont nécessairement des espaces restreints; enfin jamais le service, comme dans l'artillerie de terre, ne demande que l'affût devienne une voiture susceptible de voyager. Par suite des violentes réactions qu'ont à supporter ces affûts, de leur immobilité une fois placés sur le vaisseau, et de la nécessité de diminuer le recul autant que possible, leur construction doit leur faire tenir le milieu entre l'affût des canons que nous avons décrit et celui des mortiers.



41.

Ainsi des flasques peu élevés offrant une grande résistance à l'écrasement, de simples roulettes d'un petit rayon, montées sur des fusées d'un rayon comparativement beaucoup plus grand, donnent de grandes garanties à la résistance et à un minimum de recul. Mais ces garanties ne suffiraient pas à la deuxième condition, si l'on n'employait un procédé particulier à l'affût marin. La *brague* est un cordage qui passe dans une lunette que les pièces d'artillerie de marine portent au-dessus de leurs boutons de culasse, ce cordage entre ensuite dans deux anneaux qui se trouvent fixés sur les

côtés extérieurs des deux flasques, et va s'attacher à la paroi intérieure du bordage. Plus ou moins tendue suivant les besoins du service, la brague fixe la pièce dans l'écoutille qui lui sert d'embrasure, l'empêche d'obéir au roulis du vaisseau, et, pendant l'exécution du tir, limite le recul dans l'espace strictement nécessaire.

Comme tous les autres affûts, l'affût marin est construit en fer et en bois; mais le bois doit chez lui remplacer les pièces en fer toutes les fois que la chose est praticable, à cause des promptes détériorations que fait éprouver, au fer engagé dans le bois, l'air de la mer.

Les principaux défauts que l'on peut reprocher aux différents affûts dont nous venons de donner une description succincte, sont moins inhérents à leurs formes et à leurs dimensions qu'aux matériaux dont ils sont composés. La nature de ces matériaux n'est même pas souvent sans influence sur certains vices de construction. Ainsi l'on a été obligé de réunir en une flèche les deux flasques de l'affût de campagne, afin de donner aux deux trains le plus grand angle de tournant possible; il s'en suit qu'à l'endroit même où l'affût reçoit les plus vives réactions le bois se trouve affaibli par deux boulons d'assemblage et la place de l'écrou de la vis de pointage. Supposez au lieu de bois une matière pouvant offrir la même résistance sous un plus petit volume, les flasques pourront alors être prolongés jusqu'à la crosse de l'affût sans offrir plus d'épaisseur que la flèche actuelle et le défaut signalé disparaîtra.

Mais de tous les reproches adressés au matériel de l'artillerie, le plus grave est sans contredit son peu de durée. Sur les côtes, dans les places et dans les parcs, les affûts pourrissent promptement; d'immenses magasins sont employés dans les arsenaux à garantir des approvisionnements de bois ruineux, que le temps, malgré ces précautions, détruit avec une telle rapidité que les dépenses pour leur renouvellement annuel se comptent par millions; enfin le déboisement général de la France rend de plus en plus rares, de plus en plus coûteux, les chênes de choix qui seuls peuvent remplir les conditions voulues pour la plupart des pièces.

On a donc cherché à remplacer le bois par une autre matière qui pût résister aux intempéries de l'atmosphère, le bronze dans presque tous les cas autres que celui de l'artillerie de campagne remplirait merveilleusement les conditions exigées, mais son prix a dû faire écarter toutes propositions de cette nature.

La fonte et le fer venaient ensuite; on a construit des affûts de place et de côte en fonte et en fer forgé. Comme service, ces affûts essayés à La Fère n'ont rien laissé à désirer, mais il n'en a pas été de même lorsque l'on a voulu expérimenter l'effet que produiraient sur eux les projectiles ennemis.

On sait que le tir à ricochet, c'est-à-dire les boulets qui viennent en bondissant enfilet les faces des ouvrages d'une place, est destiné à détruire son matériel. Telle est la puissance de ce tir, qu'il constitue à lui seul, pour ainsi dire, la supériorité de l'attaque sur la défense. Or les nouveaux affûts en augmenteraient beaucoup la puissance; ainsi en armant une place de cette manière, on diminuerait d'autant ses chances de résistance. Quand un boulet vient frapper une pièce de bois, la partie atteinte est enlevée, mais la vitesse ne se communique pas au reste de l'affût. Il n'en est pas de même de la fonte dont la cohésion moléculaire est telle que les affûts volaient en éclats sous les chocs des projectiles, et produisaient une mitraille si terrible qu'outre la destruction de son matériel, la place aurait bientôt perdu tous ses défenseurs.

On avait fondé quelques espérances sur l'affût en fer forgé, mais il fut aussi maltraité que les autres, et même le nombre de ses éclats fut plus considérable. Ce dernier résultat peut-être pourrait être discuté. N'y avait-il pas une trop grande solidarité entre toutes les

pièces de l'affût? De quelle nature était le fer employé? Le fer obtenu dans les hauts fourneaux au coke est généralement aigre, cassant. En Espagne le fer de *Somoroostro*, extrait directement du minerai dans des forges à la catalane, est tellement doux que les fers des mulets, les cercles des roues des voitures à bœuf des paysans des montagnes et mille autres menus objets, se forgent à froid. Un pareil fer aurait-il volé en éclats sous le choc d'un projectile animé même d'une grande vitesse? Il est donc admis aujourd'hui que la fonte doit être proscrite dans la construction des affûts destinés à être exposés au tir à ricochet. Sur les côtes, dans les casernes, ce tir n'est pas à craindre: de nouvelles expériences feront sans doute adopter pour ces deux services des affûts en fonte.

Il a paru cependant à quelques partisans déclarés de l'emploi de la fonte qu'un pareil jugement ne devait pas être sans appel. On remarque en effet que la forme du corps choqué n'est pas sans importance pour les résultats de ce choc. Ainsi un cube énorme de fonte sera brisé par la rencontre d'un boulet de 24, et ce même boulet sera sans effet et volera lui-même en éclats s'il vient heurter la surface extérieure d'un canon en fonte dont l'épaisseur est bien moindre que celle du cube brisé. Ne serait-il pas alors facile de construire un affût en fonte qui ne présenterait au tir à ricochet que des surfaces cylindriques de diamètre et d'épaisseur égale à celle des canons de 24 de la marine?

Pour l'artillerie de campagne, une condition de plus est à remplir que pour l'artillerie de place et même de siège, c'est la facilité des réparations. Il faut qu'en route, sur le champ de bataille presque, la plupart des menues réparations puissent être effectuées de suite, sans autres moyens que ceux que l'on a ordinairement à sa disposition. Plusieurs essais, presque tous contestés, ont été tentés. En Angleterre des expériences ont été faites et ont paru satisfaisantes, mais la plus concluante de toutes, si les faits annoncés sont parfaitement exacts, serait celle de l'artillerie wurtembergeoise. Un affût en fer forgé a manœuvré sans accident aucun au polygone, puis exposé au tir d'une batterie, il a été mis en pièces, alors séance tenante, on l'a reconstruit avec le seul secours de la forge de campagne, et il a recommencé sa manœuvre.

Le problème à résoudre peut donc être posé en ces termes:

Pour les affûts de campagne, élasticité et indépendance entre toutes les parties du système, afin qu'une trop grande solidarité ne fasse pas éclater l'affût tout entier sous un seul choc, possibilité de réparer toutes les pièces à la forge de campagne. Pour les affûts de place et côte, résistance au choc des projectiles, mais sans trop exagérer le poids de l'affût. On parviendrait peut-être à ce dernier résultat par un alliage qui serait doué de la ductilité du cuivre ou du bronze et n'aurait qu'un prix modéré. Rien n'a été tenté dans cette voie; on fait aujourd'hui des objets en fonte dite malléable: ces objets ont, dit-on, toute la résistance à la flexion du fer le plus doux; peut-être obtiendrait-on quelques résultats avantageux en traitant la fonte employée dans les affûts comme la fonte malléable. CHANAL.

AFFÛTER. — AFFILER. Quand un outil tranchant ou pointu a servi pendant quelque temps, il se trouve hors de service. Pour pouvoir s'en servir de nouveau, on l'*affûte* ou on le *repasse*, soit en le frottant sur des pierres ordinairement en grès fin compacte, soit au moyen de meules mues avec rapidité. L'usure produite sur les faces de l'outil en diminue l'épaisseur et rend par suite plus vif l'angle du tranchant. Mais cette partie, devenue trop fine, se courbe sous l'action de la meule et forme une partie très mince qui se recourbe; c'est ce qu'on appelle le *morfil*, qui rend nécessaire un affilage subséquent. Cet affilage se fait en général en replaçant

le morfil s'il est trop long, puis dans tous les cas, en passant légèrement l'outil sur une pierre à l'huile très douce et à grain très fin. Voyez COUPELLERIE.

AGARIC. Nom générique de certains champignons appartenant aux genres *toletus* et *fungus*; ils donnent une coloration noire avec les sels de fer. On dit qu'on peut en fabriquer une espèce d'encre de Chine.

AGATE. Pierre siliceuse, ordinairement rubannée, qu'on taille en cachets ou sous toute autre forme, pour les articles grossiers de la joaillerie. Voyez PIERRE PRÉCIEUSE et QUARTZ.

AGRICULTURE. En présence du chiffre de nos importations annuelles de denrées alimentaires, et de l'accroissement continu de notre population, on ne saurait mettre en doute l'impérieuse nécessité de s'occuper des moyens d'augmenter la production agricole de la France, pour la mettre en rapport avec les besoins toujours croissants de la consommation journalière.

Grâce à la vulgarisation des théories scientifiques et aux encouragements qui lui ont été prodigués, l'industrie française a reçu, depuis un demi-siècle, un admirable développement. Il est temps de faire pour l'agriculture ce que l'on a fait pour l'industrie manufacturière : il faut que les hommes d'instruction et d'énergie s'occupent enfin d'opérations agricoles, et que la science vienne éclairer la pratique du cultivateur.

Les travaux agricoles convenablement dirigés sont assez lucratifs—nous le démontrerons par des faits nombreux—pour attirer l'attention des spéculateurs, et offrent assez d'attrait pour occuper les hommes les plus capables et les plus actifs. La science, de son côté, possède maintenant les éléments nécessaires pour expliquer et prévoir la plupart des phénomènes.

Le rôle de chaque plante, de mieux en mieux connu, permet de réaliser autour d'elle les conditions les plus favorables à son développement; l'étude chimique de l'alimentation végétale perfectionne la théorie des assolements et détermine les éléments qu'il faut ajouter ou retrancher au sol pour le rendre propre à telle ou telle culture.

La mécanique apporte chaque jour de nouveaux perfectionnements aux instruments agricoles et utilise de plus en plus, au profit de l'homme, les forces naturelles.

La puissance de la vapeur livrée à la culture d'immenses surfaces de terrains jusqu'alors recouverts par les eaux; d'autres contrées sont arrosées, d'autres, enfin, assainies par d'ingénieux systèmes de travaux souterrains, voient de magnifiques récoltes remplacer la stérilité la plus complète.

L'agriculture, par l'introduction dans la pratique des données scientifiques et des ressources de la mécanique, constitue maintenant, par elle-même, une véritable industrie manufacturière, et doit dès lors occuper dans le Dictionnaire une place en rapport avec son importance.

Nous ne prétendons pas, on le conçoit, enseigner ici la pratique agricole; mais nous entrerons dans assez de détails pour nous faire entendre du cultivateur praticien, lui faire comprendre la théorie de ses opérations, lui permettre d'apprécier sainement le but et les résultats de chacune d'elles, ainsi que les avantages et les inconvénients des diverses méthodes qui lui seront proposées. Enfin, nous espérons que la dernière partie de notre travail mettra nos lecteurs à même de poser les bases et de diriger, au besoin, l'ensemble d'une entreprise agricole, comme certains articles de cet ouvrage permettent de le faire pour d'autres industries.

Les opérations agricoles les plus importantes et les plus lucratives sont basées sur l'aménagement des eaux de domaines, ou de contrées plus ou moins étendues. Ces opérations exigent le concours de grands capitaux et de connaissances spéciales. Elles peuvent donner

lieu à de véritables entreprises industrielles et à la formation de puissantes associations. L'intérêt qui s'attache aujourd'hui aux irrigations, aux dessèchements et au drainage des terres, l'importance de ces divers travaux, au double point de vue des intérêts généraux et des spéculations particulières, expliquent l'étendue de la partie de cet article consacrée à ce sujet, que nous avons cherché à faire connaître le plus complètement possible.

Obligés de réunir dans un cadre fort restreint des documents extrêmement nombreux, nous avons dû chercher à les classer avec ordre, en évitant toute répétition et tout développement d'une utilité douteuse. Après quelques données statistiques, qui permettront d'apprécier la valeur de la production territoriale de notre pays et l'importance des questions qui s'y rapportent, nous exposerons les principes les plus essentiels de la science agricole; nous étudierons ensuite les travaux d'aménagement des eaux, qui doivent souvent précéder toute entreprise de culture. Ces notions préliminaires suffiront pour étudier rapidement, et cependant d'une manière assez complète, les procédés agricoles proprement dits et les constructions que réclame une exploitation bien dirigée. Enfin l'exposé des principes généraux de l'économie agricole et l'indication de quelques améliorations faciles à réaliser formeront le résumé et la conclusion de notre travail.

Voici, du reste, les divisions principales que nous avons cru devoir adopter; il est utile de les indiquer ici pour en faire comprendre l'ensemble :

- I. Statistique agricole de la France.
- II. Principes généraux de la science agricole.
- III. Aménagement des eaux au point de vue agricole.
- IV. Opérations mécaniques de culture; machines agricoles.
- V. Alimentation végétale; engrais et amendements.
- VI. Cultures; assolements.
- VII. Animaux domestiques.
- VIII. Constructions rurales.
- IX. Économie agricole.

CHAPITRE Ier.

STATISTIQUE AGRICOLE DE LA FRANCE.

Il conviendrait sans doute, dans un traité complet, de présenter d'abord des notions historiques plus ou moins étendues sur l'agriculture, de rechercher l'origine des divers procédés, de citer les auteurs des principales découvertes, de suivre les progrès successifs de cet art, dont l'origine se perd dans la nuit des temps, et d'apprécier l'influence des institutions publiques sur la position du cultivateur et sur le développement de l'industrie qu'il exerce. A notre point de vue purement pratique, cette étude rétrospective, d'une immense difficulté, d'une étendue sans bornes, ne présente aucune utilité réelle. Nous nous contenterons, par conséquent, de citer les faits historiques à côté des opinions qu'ils tendront à justifier ou des pratiques dont ils pourront éclairer l'usage, sans nous occuper de les grouper dès l'abord d'une manière systématique. Mais il nous impose de connaître l'état actuel de l'agriculture française, et de le comparer à celui de nations voisines, placées dans des circonstances plus ou moins analogues à celles où nous nous trouvons nous-mêmes, pour reconnaître les améliorations à réaliser ou les écueils à éviter. Rappelons donc d'une manière succincte les données principales de la statistique agricole.

AGRICULTURE.

La France, grâce à son étendue, à la diversité de hauteur et d'exposition des différentes parties de son territoire, offre le rapprochement de climats assez différents et des cultures les plus dissemblables; on peut la partager, au point de vue de ses productions naturelles, comme Arthur Young paraît, un des premiers, avoir essayé de le faire, en quatre zones ou régions agricoles à peu près parallèles et dirigées du sud-ouest au nord-est. La première de ces zones, comprise entre la Méditerranée et une ligne droite passant par Carcassonne et Montélimart, est caractérisée par la culture de l'olivier. La zone suivante produit la vigne et le maïs; elle est limitée par la zone précédente, d'une part, et de l'autre par une ligne passant par Bourges et l'embouchure de la Garonne. La troisième zone est encore propre à la culture de la vigne, mais n'admet plus celle du maïs; elle est limitée par une ligne menée de Guérande à Coucy. La dernière zone, enfin, ne présente plus la culture de la vigne. Cette division, vraie d'une manière générale, ne saurait, on le conçoit, supporter un examen de détail: les abris, les différences de cultures, d'altitudes, de natures de terrain, et une foule d'autres circonstances inutiles à détailler, transforment en lignes singulièrement contournées les limites rectilignes indiquées par l'auteur que l'on vient de citer. Mais cette division grossière suffit pour donner une idée générale de la répartition de nos cultures, considérées dans leur ensemble, et méritait, sous ce rapport, d'être mentionnée.

Cet aperçu général est du reste complètement insuffisant pour faire concevoir la variété de nos produits et la richesse de notre sol. Chaque zone principale, sans perdre ses caractères généraux, se partage en contrées d'un aspect particulier. Nos anciennes provinces présentent presque toutes les caractères spéciaux qui les distinguent, les caractérisent, et feront conserver longtemps encore aux contrées qui les composaient les dénominations que notre nouvelle division administrative semblait devoir effacer en peu de temps. Des caractères plus spéciaux encore que ceux des provinces agricoles appartiennent aux contrées agricoles; ils donnent à chacune d'elles sa physiologie particulière, déterminent les conditions de ses cultures et la nature des améliorations à y exécuter. Une monographie exacte et détaillée de nos principales contrées agricoles serait un des travaux les plus utiles et les plus importants. Ces documents, ces portraits agricoles, si l'on peut s'exprimer ainsi, sont malheureusement encore ou trop peu nombreux, ou trop incomplets, pour qu'il soit possible, en les réunissant ici, de produire une esquisse de géographie agricole suffisamment exacte pour être de quelque utilité; on se bornera donc, quant à présent, à une étude de chiffres, sauf à donner plus loin quelques renseignements sur l'aspect général de l'agriculture de certaines localités dont on devra s'occuper d'une manière particulière.

Les auteurs de la *Statistique officielle de la France* ont partagé le territoire en quatre régions, déterminées par l'intersection du méridien de Paris et du 47^e parallèle. Cette division, fort commode pour les opérations du vaste travail que l'administration voulait entreprendre, n'est nullement en rapport avec les faits agricoles, et ne saurait donner à cet égard aucun renseignement positif; mais il était nécessaire de la connaître pour l'intelligence de ce qui va suivre.

La surface totale de la France, d'après M. Moreau de Jonnés, auquel nous empruntons la plupart des chiffres suivants, est de 52 millions 768,618 hectares, dont plus de 50 millions constituent le domaine agricole. Il convient d'étudier séparément, comme l'ont fait les auteurs de la *Statistique officielle*, la production végétale et la production animale de cet immense territoire.

AGRICULTURE.

1^o Production végétale.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les renseignements qui forment le résumé sommaire placé à la fin de la *Statistique officielle*.

Les chiffres de ce tableau ne présentent pas tous le même degré de certitude, comme le remarquent eux-mêmes les auteurs de la *Statistique*. Les renseignements relatifs aux céréales sont aussi exacts que possible; mais diverses causes d'erreurs peuvent avoir influé sur la détermination des quantités de plusieurs autres produits. L'extrême variété de la culture des pommes de terre, la grande variété des produits du jardinage, rendent presque impossible toute évaluation complètement rigoureuse. La nouveauté et la division des cultures secondaires, telles que le colza, le houblon, etc., laissent des doutes sur les chiffres qui s'y rapportent. Les produits des prairies artificielles, qui sont du trèfle, de la luzerne et du sainfoin, varient en quantité et en valeur suivant ces espèces, et comme on n'a pu en tenir compte séparément, les termes généraux qui ont été adoptés ne sont que des approximations. On pourrait faire au sujet d'autres chiffres encore des observations analogues à celles qui précèdent; néanmoins les résultats fournis par la statistique générale offrent un degré d'exactitude qui n'avait jamais été obtenu dans aucun travail de cette nature, et qui donne un puissant intérêt aux renseignements qu'elle fournit.

L'administration s'est trouvée forcée d'omettre dans ses tableaux quelques produits qu'elle n'a pu faire évaluer avec une exactitude convenable, notamment les pailles, les récoltes des osesais, de certains vergers, etc. On est obligé pour ces diverses matières d'avoir recours à des estimations basées sur des observations plus ou moins complètes, mais ne présentant pas de caractère officiel. En ce qui concerne les pailles, M. Moreau de Jonnés estime que leur production se partage de la manière suivante entre les diverses espèces :

	Production annuelle.	Production par hect.
Froment	110,906,026 q. m.	49 q. m., 71
Seigle et méteil.	68,870,902	49 , 48
Avoine.	42,799,750	44 , 49
Maïs.	6,890,974	40 , 91
	229,467,652 q. m.	46 q. m., 00

La valeur totale de ces pailles, suivant le même auteur, s'éleverait à 761,767,460 fr., soit environ 36 pour 100 de la valeur totale des céréales elles-mêmes.

M. Royer a cherché à combler les lacunes que laissent subsister les omissions de la statistique officielle et à rectifier quelques-unes des évaluations présentées dans ce grand travail. D'après cet auteur, on doit ajouter aux estimations du grand tableau les sommes suivantes :

Additions par rectifications.	4,433,082,814 fr.
Valeur des pailles, résidus, etc., non évalués.	524,279,924 fr.
Valeur du pâturage, etc., non évalué.	57,887,035 fr.
	2,015,249,773 fr.

ce qui porterait à 6 milliards et demi environ par an la valeur totale de la production végétale en France. Ce chiffre ne paraît pas exagéré, quand on tient compte de la faiblesse de certains prix d'estimation admis dans les calculs de la *Statistique officielle*; il est cependant un peu supérieur à l'évaluation de M. Moreau de Jonnés.

On ne saurait examiner ici en détail la répartition des diverses cultures et les renseignements spéciaux qui se rapportent à chacune d'elles; mais l'importance du

DÉSIGNATION DES CULTURES ET PRODUITS.	SURFACE DES CULTURES.		QUANTITÉ TOTALE ANNUELLE.		PRIX moyen	VALEUR TOTALE DU PRODUIT ANNUEL.	
	Par espèces.	Par groupes.	Du produit.	de la semence.		Par espèces.	Par groupes.
	hectares.	hectares.	hectol.	hectol		fr. c.	fr.	fr.
CÉRÉALES.							
Froment.	5586786,53	" "	69558062	11444780	4585	1402768057	" "
Epeautre.	4733,43	" "	436127	45752	595	806723	" "
Méteil.	940932,59	" "	11829448	1932427	4220	444170354	" "
Seigle.	2577253,88	" "	27811700	5139422	4065	296292740	" "
Orgé.	1188189,53	" "	46661462	2575615	825	437622441	" "
Avoine.	3000634,19	" "	48899785	7015508	620	302014470	" "
Maïs.	631731,89	13900262,04	7620264	242792	940	71796084	2055467836
CULTURES DIVERSES							
Pommes de terre.	921970,59	" "	96233985	10267255	210	202105866	" "
Sarrasin.	684241,92	" "	8469788	551562	725	61388644	" "
Légumes secs.	298925,72	" "	3460877	539893	1505	52007840	" "
Jardins.	360696,41	" "	" "	" "	" "	457093888	" "
Betteraves.	57663,45	" "	15740691 ^{qm}	444892 ^h	185	28979449	" "
Colza.	473506,39	" "	2279363 ^h	19859 ^h	2245	51126744	" "
Chanvre. { Graine.	476148,48	" "	4671644	450799	1705	86287344	" "
{ Filasse.			67507076 ^h	252472	090	" "	
Lin. { Graine.	98241,44	" "	737394 ^h	" "	2165	" "	" "
{ Filasse.			36875401 ^h	" "	445	57507216	" "
Tabac.	7955,31	" "	88897 ^{qm}	" "	6170	5483558	" "
Garance.	44674,25	" "	460340	" "	5325	9343349	" "
Houblon.	826,89	" "	888239 ^h	" "	105	951559	" "
Châtaigneraies.	455386,87	" "	3478582 ^h	" "	390	13528190	" "
Autres cultures.	226904,62	3442139,01	" "	" "	" "	42209868	" "
Mûriers.	" "	" "	" "	" "	" "	42779088	" "
Oliviers.	" "	" "	467330	" "	13610	22776398	803568995
PATURAGES.							
Prairies naturelles.	4498197,88	" "	105203888 ^{qm}	" "	" "	462598243	" "
Prairies artificielles.	1576547,19	" "	47258674	29094061 ^h	" "	203765169	" "
Jachères.	6763284,34	" "	" "	" "	" "	92285902	" "
Pâtures et pâtis.	9494076,08	21729102,49	" "	" "	" "	82064046	840713360
FORÊTS.							
De la Couronne.	52972,03	" "	110253 st	" "	" "	1047404	" "
De l'Etat.	1048907,63	" "	5203499	" "	" "	32874969	" "
Des communes et des particuliers.	7333965,91	" "	29256833	" "	" "	472684452	" "
Sol forestier.	368705,40	8804550,97	" "	" "	" "	" "	206600525
BOISSONS.							
Vins.	1972340,21	1972340,21	" "	" "	" "	" "	" "
Eaux-de-vie.	" "	" "	36783223 ^h	" "	1140	419029152	" "
Cidre. { Gros.	" "	" "	4088802	" "	5425	59059450	" "
{ Petit.			10880947	" "	4010	84422137	" "
{ Forte.	" "	" "	3885365	" "	465	" "	" "
{ Petite.					2085	" "	" "
{ Mélangée.					790	58035735	620546474
VERGERS.							
Répinières et oseraies.	766577,91	766577,91	" "	" "	" "	" "	" "
DOMAINE AGRICOLE.							
AUTRES SURFACES.	50614972,63	50614972,63	" "	" "	" "	" "	" "
Totaux.	" "	52768648,85	" "	" "	" "	" "	4326896890

AGRICULTURE.

froment ne permet pas de passer sous silence les faits principaux relatifs à cette intéressante culture.

Le froment est cultivé dans tous les départements, mais il y a une très grande différence entre l'étendue relative de sa culture dans chacun d'eux; ainsi, tandis qu'elle occupe dans le Gers 444,667 hectares, elle ne s'étend dans la Creuse que sur 1,242 hectares. Le tableau suivant rend bien sensible l'inégalité de l'étendue de cette culture dans les différentes parties de la France :

	hect.	hect.	29 p. %	»
Nord oriental.	4,584,335		17	»
Midi oriental.	953,635			»
France orientale.	2,537,970	2,537,970	46	46
Nord occidental.	4,465,705		26	»
Midi occidental.	4,543,492		28	»
France occidentale.	3,008,897	3,008,897	54	54
France continent.		5,546,867		100
Corse.	39,949	39,949		»
Total.		5,586,786		100

Des inégalités plus prononcées encore que celles qui se produisent dans l'étendue de la culture s'observent dans la moyenne annuelle de la consommation individuelle dans nos différents départements, comme le prouvent les chiffres suivants :

		Consommation moyenne par habitant.	
		hectol.	
Maxima.	Gers.	3,07	
	Tarn-et-Garonne.	3,06	
	Calvados.	2,89	
	Lot-et-Garonne.	2,84	
	Seine.	2,72	
Minima.	Seine-Inférieure.	2,54	
	Morbihan.	0,54	
	Ardeche.	0,46	
	Corrèze.	0,44	
	Lozère.	0,31	
	Loire.	0,26	
	Cantal.	0,18	

Nous ne pousserons pas plus loin, quant à présent,

AGRICULTURE.

ces études comparatives, sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir plus loin.

2° Animaux domestiques.

Les animaux domestiques forment aujourd'hui une partie importante de notre production agricole, la France ne possède cependant que trois bœufs ou vaches, et neuf moutons ou brebis par dix habitants, proportion inférieure à celle des mêmes animaux en Angleterre, en Prusse, en Sardaigne, en Espagne, etc., et bien minime si on la compare à l'abondance de bestiaux qui existait chez certains peuples de l'antiquité. Voici, du reste, le résumé des renseignements fournis par la *Statistique officielle* sur l'ensemble de la richesse et de la production animale en France (voir le tableau ci-dessous).

Certains chiffres de ce tableau ne présentent pas toute la certitude désirable; tels sont principalement ceux qui se rapportent à la fixation de la valeur du revenu annuel et à la détermination du poids brut et du poids net.

Les rapports des nombres des diverses espèces d'animaux à la population paraissent à peu près égaux à ce qu'ils étaient aux époques antérieures, c'est-à-dire que l'accroissement du nombre des animaux domestiques, semble suivre à peu près la même loi que celui de la population elle-même.

La valeur totale et le produit annuel des animaux domestiques, indiqués en masse dans le tableau ci-dessous, se partagent de la manière suivante entre les diverses parties du territoire :

	Valeur.	Produit des animaux vivants
Nord oriental.	529,978,504	224,004,583
Midi oriental.	346,930,228	128,572,101
France orientale.	876,908,732	349,576,684
Nord occidental.	584,477,390	287,051,238
Midi occidental.	402,694,852	127,337,090
France occidentale.	984,169,242	414,388,328
France continentale.	1,861,077,974	763,965,012
Corse.	9,494,395	3,286,839
Totaux.	4,870,572,369	767,251,854

DÉSIGNATION des ESPÈCES.	NOMBRE total de chaque espèce D'ANIMAUX.	PRIX moyen par TÊTE.	VALEUR		Revenu moyen par tête par an	REVENU TOTAL par an.	NOMBRE d'animaux abattus par an.	Poids brut par tête.	Poids net par tête.	CONSOMMATION totale par an.	VALEUR TOTALE de la viande consommée par année.
			fr. c.	fr.							
Taureaux.	399,026	84	33,613,990	24 30	9,695,577						
Bœufs.	1,968,838	153	301,819,337	31 80	62,576,699	492,905	413	248	122,446,618	100,557,522	
Vaches.	5,501,825	89	487,875,663	39 05	214,790,094	718,956	240	144	103,567,986	71,454,288	
Veaux.	2,066,849	26	52,936,763	12 15	25,153,237	2,487,362	48	29	72,874,391	57,278,746	
Béliers.	575,715	16 05	9,243,405	4 55	2,607,790						
Moutons.	9,462,180	13 50	127,862,305	4 45	42,233,317	3,432,166	28	17	56,664,356	50,129,144	
Brebis.	14,804,946	9 20	135,938,491	4 05	59,925,119	1,337,327	20	12	16,695,674	11,044,985	
Agneaux.	7,308,589	5 70	41,539,056	2 10	15,284,217	1,035,188	10	6	6,313,291	5,661,761	
Porcs.	4,910,721	35 00	172,556,008	16 15	79,427,010	3,957,407	91	73	290,446,475	243,683,483	
Chèvres.	964,300	9 20	8,851,451	5 65	5,448,301	157,416	22	12	1,906,385	896,014	
Chevaux (1.).	1,271,630	172	218,498,584	95 05	120,852,951						
Juments.	1,194,231	146	174,709,681	76 70	91,583,056						
Poulains.	352,635	70	24,626,018	24 55	8,659,029						
Mules et mullets	373,841	172	64,284,246	56 85	21,244,148						
Anes et ânesses	413,519	39	16,217,371	18 80	7,771,306						
Totaux.			1,870,572,369		767,251,851	13,618,727			673,389,781	543,180,518	
									(a)	(b)	

(1) Non compris 50,987 chevaux de l'armée. — (a) Y compris 2,474,605 kilogrammes de viande à la main vendus à Paris. — (b) Y compris la valeur de la viande à la main.

Le nord occidental se place au premier rang, sous le rapport de la valeur totale et du produit annuel de ses animaux domestiques. Cette supériorité est due à l'immense influence de circonstances locales particulières. Le Nord, malgré son agriculture si avancée, se trouve surpassé, sous ce rapport, par la Normandie, que favorise un ciel si convenable à l'entretien du bétail et au développement des pâturages.

Aux chiffres fournis par les tableaux précédents, on doit ajouter certaines sommes assez importantes, pour obtenir la valeur totale du produit annuel des animaux. Le cuir, les cornes, les abats, le suif, les produits des basses-cours, etc., ne figurent pas, en effet, dans la *Statistique officielle*; on est obligé de les évaluer par des déductions plus ou moins rigoureuses; voici le résumé des calculs présentés à cet égard par M. Moreau de Jonnés :

Produit des animaux vivants, comme au tableau.	767,254,851
Viande consommée, comme au tabl.	543,480,548
Autres produits alimentaires.	62,775,000
Produits industriels.	92,529,000
Cire et miel.	15,000,000
Total général.	4,480,736,369

3^o *Récapitulation.*

En réunissant la valeur de la production végétale à celle de la production animale, on obtient un total de 6 milliards environ; mais on doit retrancher de cette somme la valeur du produit des pâturages qui est consommé par les animaux, ce qui réduit à 5 milliards et 466 millions environ le produit total annuel de l'agriculture française. On examinera plus loin (chapitre IX) comment se répartit cette masse énorme de richesses, et les moyens de favoriser son accroissement progressif; mais on voulait seulement, dans cette introduction, faire apprécier la prodigieuse importance de l'agriculture dans notre pays et l'intérêt qui s'attache aux plus légères améliorations, quand elles s'étendent à des masses de produits aussi considérables; les chiffres précédents nous semblent suffire complètement pour atteindre ce but.

CHAPITRE II.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA SCIENCE AGRICOLE.

Première section. — Notions générales.

Le but de l'agriculture est de produire les matières du règne végétal et du règne animal nécessaires aux besoins de l'homme. Une exploitation agricole est une véritable fabrique de végétaux et d'animaux, et comme ces derniers se nourrissent presque exclusivement de matières végétales, c'est à la production de ces substances que se ramène en définitive le problème agricole, considéré d'une manière abstraite.

Comme toutes les industries qui combinent et transforment les substances élémentaires pour constituer des produits nouveaux, l'agriculture est essentiellement un art chimique. Mais, comme tous les arts de cette espèce, elle doit s'appuyer constamment sur deux autres sciences non moins importantes pour elle, la physiologie végétale et la physiologie animale avec toutes leurs applications.

Les êtres organisés sont formés, comme on le sait, d'un petit nombre d'éléments principaux : l'oxygène, l'hydrogène, le carbone et l'azote, combinés sous mille

formes diverses, et auxquels viennent s'ajouter en faible proportion quelques substances minérales, dont le rôle, bien que secondaire, est cependant de la plus haute importance. Mais il ne suffit pas, pour produire les réactions mystérieuses qui donnent naissance à telle ou telle plante, de mettre en présence les éléments qui la constituent, il faut encore savoir réaliser les conditions physiques et chimiques nécessaires au développement et à l'entretien de la vie, et fournir au végétal, sous une forme appropriée à sa nature, les aliments dont il a besoin. Posé dans ses termes les plus généraux, le problème dont l'agriculture doit chercher la solution serait donc de modifier les propriétés physiques et chimiques d'un sol donné de telle sorte qu'il puisse produire une récolte déterminée.

La science ne prétend pas, il est inutile de le dire, résoudre un tel problème, et ne doit même pas se le poser sans d'importantes restrictions. Bien que l'homme, par ses travaux, puisse dans certaines limites modifier un climat, il y aurait folie pour lui à prétendre naturaliser une culture loin de la contrée qui lui est propre. Il doit chercher à utiliser les ressources des différentes régions du globe, et non pas vouloir imposer ses caprices à la création. Mais si la science se renferme dans des bornes plus étroites, elle n'en est pas moins utile et fournit chaque jour à la pratique des enseignements et des moyens nouveaux. La chimie, sans pénétrer dans le domaine des fonctions vitales, donne déjà sur la nutrition des végétaux les renseignements les plus précis et l'explication des principaux phénomènes que présente leur développement.

L'introduction du *Dictionnaire* contient des notions de physiologie végétale qu'il est inutile de reproduire ici. On ne saurait d'ailleurs présenter dans cet article, sans sortir du cadre qui lui est imposé, des notions étendues de chimie appliquée à l'agriculture; on se bornera donc à rappeler quelques faits généraux, qui suffiront pour faire comprendre les explications de détail dispersées dans cet article et le but général des diverses opérations que l'on décrira successivement.

Les végétaux, comme tout le monde le sait, pénètrent dans le sol par leurs racines et étendent dans l'air leurs tiges, leurs rameaux et leurs feuilles. Ils vivent ainsi dans deux milieux bien différents, la terre et l'atmosphère. Chacun de ces milieux leur fournit pour sa part, en proportion plus ou moins considérable, de l'oxygène, de l'hydrogène, du carbone et de l'azote; mais c'est dans la terre seulement qu'ils peuvent trouver les matières minérales fixes qui entrent dans leur constitution. Ne nous occupons pas pour le moment de cette partie de leur alimentation, sur laquelle on reviendra, et cherchons à expliquer comment ils s'assimilent les éléments principaux qui les constituent, c'est-à-dire l'hydrogène, l'oxygène, le carbone et l'azote, en exposant d'abord les phénomènes de la germination, pour nous occuper ensuite du végétal complètement développé et de son accroissement progressif.

Les graines présentent toutes une assez grande analogie de composition. On y trouve de l'amidon, de la gomme, une matière azotée et une matière grasse, ainsi qu'une certaine quantité de substances minérales. Ces éléments se rencontrent en proportions très variables dans les différentes plantes, et présentent dans chacune d'elles des caractères physiques ou chimiques un peu différents, mais ils conservent toujours leurs propriétés générales et distinctives. Cette analogie de constitution chimique mérite une sérieuse attention, car elle montre combien sont uniformes et simples les procédés que la nature emploie pour produire cette immense quantité de plantes dont la variété fait la continuelle admiration des esprits observateurs.

La germination d'une graine ne peut se produire

sans le concours d'une température convenable et d'un certain degré d'humidité; elle exige de plus la présence du gaz oxygène, dont l'indispensable nécessité pour la production de ce phénomène a été constatée par de nombreuses expériences, dans le détail desquelles il serait inutile d'entrer ici. Il paraît même que la germination est d'autant plus rapide que la jeune plante trouve autour d'elle ce gaz à un plus grand état de pureté. C'est sans doute à l'action oxydante du chlore en présence de l'eau que l'on doit attribuer l'influence de ce gaz sur la germination de graines qui semblaient incapables de se développer et que l'on a fait lever, d'après les conseils de M. de Humboldt, en les mettant dans une pâte d'acide chlorhydrique et de peroxyde de manganèse, mélange propre à dégager du chlore. Ce procédé n'a pas été, à notre connaissance, appliqué sur une grande échelle, mais le bas prix des substances employées permettrait sans doute d'en étendre l'usage à des opérations importantes.

Quand on fait germer des graines dans un vase fermé, ou reconnaît sans peine que, dans les premiers temps de la germination, une certaine quantité d'oxygène est remplacée par un volume à peu près égal d'acide carbonique. Mais les phénomènes de la germination ne se bornent pas à une simple combustion, comme semblerait l'indiquer l'observation précédente; un acide particulier et quelques autres produits se développent en même temps que l'acide carbonique. La germination, au point de vue chimique, constitue une réaction des plus complexes, dont l'étude détaillée n'a pas encore été faite d'une manière tout à fait complète. On peut dire seulement, d'une manière générale, que la jeune plante, dans les premiers temps de son développement, se nourrit aux dépens d'une partie des substances renfermées dans la graine, en produisant de l'acide carbonique par un phénomène de combustion comparable à celui de la respiration des animaux.

Peu de temps après la germination, les racines se développent et les parties vertes apparaissent. Les phénomènes chimiques de la nutrition du végétal se manifestent alors d'une manière beaucoup plus nette que dans les premiers temps de son existence et doivent être indiqués rapidement.

La découverte de la décomposition de l'acide carbonique par les plantes remonte au dix-huitième siècle; elle suffirait pour illustrer l'histoire scientifique de cette époque. Senebier, profitant des observations de Bonnet et de Priestley, qui avaient reconnu que des feuilles plongées dans de l'eau aérée dégageaient de l'oxygène, rattacha ce phénomène à la nutrition des plantes, et posa le principe général qui préside à leur développement.

Les parties vertes des végétaux, en présence de la lumière, jouissent de la propriété de décomposer l'acide carbonique en fixant le carbone et en dégageant l'oxygène combiné avec lui. Il suffit pour établir ce fait de placer une branche garnie de feuilles dans une cloche exposée à la lumière et contenant de l'acide carbonique; on remarque, au bout de quelques heures, qu'une plus ou moins grande quantité d'acide carbonique a été décomposée et remplacée par un égal volume de gaz oxygène. Mais, pour étudier directement l'action des plantes vivantes sur l'acide carbonique existant en si faible proportion dans l'air ordinaire, il est nécessaire d'opérer sur un volume d'air très considérable, en plaçant, autant que possible, la plante dans les conditions normales de son existence. M. Boussingault a exécuté cette expérience, en introduisant dans un ballon de verre de grande dimension un rameau de vigne garni de ses feuilles. Un aspirateur, convenablement disposé, faisait passer à travers le ballon un courant d'air animé d'une vitesse uniforme. Dans les conditions où l'expérience avait lieu, l'air renfermait

avant son entrée dans le ballon 0,004 de gaz acide carbonique, et il n'en contenait plus, quand on opérerait le jour, que 0,001 à 0,002 au moment de sa sortie. Les expériences de cette nature, variées et répétées plusieurs fois, ont toujours donné des résultats analogues.

La lumière est indispensable à l'accomplissement du phénomène de décomposition dont on vient de parler. Pendant la nuit, les feuilles, au lieu de mettre de l'oxygène en liberté, abandonnent au contraire une certaine quantité d'acide carbonique dont l'origine n'est peut-être pas encore parfaitement connue.

Une plante peut vivre et se développer avec le secours seul de l'eau et de l'acide carbonique qu'elle trouve dans l'air. Il est facile de faire germer différentes graines dans du sable pur et calciné, en les arrosant avec de l'eau distillée, et en les préservant du contact de toute substance étrangère. Dans ces conditions, la croissance d'un végétal est toujours lente et son développement incomplet; mais la végétation devient plus active si l'eau qui mouille les racines contient elle-même une plus ou moins grande quantité d'acide carbonique en dissolution. Entraîné par le mouvement ascendant de la sève, ce gaz parvient dans les feuilles, où il subit, sous l'influence de la lumière, la même décomposition que celui que la plante absorbe directement dans l'atmosphère. L'influence favorable sur la végétation de l'eau renfermant de l'acide carbonique, parfaitement établie par une foule d'observations, et particulièrement par une expérience directe de M. de Gasparin, explique l'utilité de la présence dans le sol de matières organiques en décomposition, et plusieurs autres phénomènes sur lesquels on aura l'occasion de revenir.

On a dit que la lumière était nécessaire à la décomposition de l'acide carbonique par la matière verte des feuilles, et par suite au développement des plantes elles-mêmes. Certains végétaux dépourvus de parties vertes, les champignons par exemple, peuvent, il est vrai, végéter et grossir dans l'obscurité; mais ces plantes ne vivent qu'aux dépens des matières organiques en décomposition au milieu desquelles s'accomplit leur végétation. Elles ne forment donc pas de matières organiques, elles ne font que transformer celles qu'elles absorbent, et se rapprochent en cela de la manière d'être des animaux.

Les racines des plantes ont besoin d'être en contact avec le gaz oxygène, soit libre, soit en dissolution dans l'eau, pour conserver leur vitalité et puiser dans le sol l'humidité qui forme la sève, dont la circulation constitue la vie des végétaux. Les plantes plongées dans de l'eau privée d'air par un procédé physique ou chimique, périssent rapidement. Ce fait permet de comprendre la pernicieuse influence des eaux stagnantes et croupissantes sur la végétation, et d'apprécier, en partie, les avantages d'un sol rendu poreux et facilement perméable aux gaz par des préparations convenables.

Les plantes ne se bornent pas à décomposer l'acide carbonique pour s'assimiler du carbone; elles paraissent aussi décomposer l'eau pour se combiner avec l'hydrogène, que quelques-unes d'entre elles renferment en proportion un peu plus considérable que celle qui serait nécessaire pour former de l'eau avec l'oxygène qu'elles contiennent. Mais cette partie de l'alimentation végétale, bien moins importante que la précédente, a été beaucoup moins étudiée. Quant à l'oxygène que ces plantes renferment, il est naturellement fourni par l'eau qui baigne et pénètre tous les organes des végétaux.

L'oxygène, l'hydrogène et le carbone ne sont pas les seuls éléments constitutifs des végétaux; l'azote entre aussi dans leur composition. Ce dernier corps

joue un rôle des plus importants dans la végétation ; son action doit être soigneusement étudiée. Certaines plantes jouissent de la propriété de s'assimiler directement l'azote de l'air ; d'autres, au contraire, ne peuvent se combiner avec ce gaz qu'autant qu'elles le rencontrent à l'état de combinaison. L'absorption directe de l'azote de l'air par certaines plantes est un fait trop important pour qu'on ne cherche pas à le démontrer de la manière la plus positive. C'est encore à M. Bous-singault que l'on doit les expériences les plus précises sur ce sujet. Il a fait végéter des pois dans du sable pur, au milieu d'air parfaitement purifié de toutes poussières étrangères, en les arrosant avec de l'eau distillée, et il a reconnu, par des analyses exactes de la semence et du végétal, le poids des diverses substances fixées pendant l'acte de la végétation. Voici les chiffres fournis par l'une des expériences exécutée sur des pois :

	Carb.	Hydr.	Azote.	Oxyg.
Composition de la semence.	51,5	5,9	4,6	44,0
Composition du végétal. . .	237,6	28,4	40,4	468,0
Matières fixées. . . .	186,4	22,2	5,5	424,0

Beaucoup de végétaux, différents des premiers, n'absorbent pas directement l'azote gazeux. Ils trouvent dans les fumiers et dans les eaux de pluie ou d'orage, qui contiennent toujours de petites quantités de sels ammoniacaux et d'acide azotique, la proportion d'azote qui doit entrer dans leur composition ; l'accroissement des légumineuses elles-mêmes, qui peuvent, à la rigueur, se passer, comme on vient de le voir, de la présence des composés azotés, est remarquablement activée par l'emploi des matières chargées de ces substances.

Les eaux de pluie et d'orage, que l'on vient d'indiquer comme l'une des sources où les végétaux peuvent rencontrer les composés azotés nécessaires à leur alimentation, en contiennent des proportions excessivement faibles ; mais ces quantités, si faibles qu'elles soient, multipliées par la masse d'eau qui tombe annuellement sur un hectare, donnent un produit au moins égal à la quantité d'azote absorbée en un an par la plupart de nos récoltes.

En résumé les végétaux se partagent, au point de vue de leur alimentation, en deux grandes classes : les premiers peuvent absorber directement l'azote de l'air ; les seconds, au contraire, ne peuvent se développer qu'en présence de composés azotés tout formés (1). Les uns et les autres trouvent d'ailleurs, dans l'eau et l'acide carbonique, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone nécessaires à leur constitution.

On vient de voir, d'une manière rapide, comment les végétaux s'assimilent leurs éléments principaux, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone. Mais ils renferment en outre, comme on l'a déjà dit, une proportion relativement assez faible de matières minérales, qui paraissent indispensables à leur développement complet. Ces substances constituent les cendres laissées par la combustion des végétaux. On trouvera dans le chapitre V de nombreux résultats d'analyses des matières

(1) Quelques observateurs ont mis en doute, dans ces derniers temps, l'exactitude des résultats obtenus par M. Bous-singault au sujet de l'absorption directe de l'azote par certains végétaux. Les expériences publiées par ces auteurs ne paraissent pas assez concluantes, jusqu'à présent du moins, pour infirmer les travaux du célèbre chimiste que l'on vient de nommer. La discussion qui s'engage aujourd'hui pourra modifier certaines explications théoriques, mais ne saurait, du reste, changer en aucune façon, quelle que soit son issue, les faits pratiques qui établissent si nettement, aux yeux de tous les agriculteurs éclairés, l'importance de la culture en grand des plantes auxquelles M. Bous-singault attribue la propriété de fixer directement l'azote de l'air.

minérales contenues dans les végétaux. Il suffira de dire ici, pour donner une idée de l'importance de ces substances dans l'acte de la végétation, que le produit de la récolte d'un hectare de la plupart de nos plantes cultivées enlève au sol, dans des circonstances ordinaires, plus de 200 kilogrammes de matières fixes, parmi lesquelles on rencontre les acides phosphorique et sulfurique, la silice, l'alumine, la chaux, la potasse, etc. On a longtemps négligé cette importante partie de l'alimentation végétale ; mais son intérêt, bien compris depuis quelques années, est sans contredit l'un des grands progrès dus aux perfectionnements des procédés d'analyse chimique, assez avancés aujourd'hui pour permettre d'établir d'une manière précise la nature des amendements ou des récoltes les plus convenables pour un terrain déterminé.

La nature et les proportions relatives des substances minérales contenues dans les végétaux varient naturellement d'une espèce à l'autre, en raison de leur constitution propre et de leurs caractères spéciaux. Les racines d'une plante, plongées dans un sol renfermant un plus ou moins grand nombre de sels minéraux différents, choisissent, en quelque sorte, ceux de ces composés qui conviennent à leur espèce. Ainsi, en analysant les cendres de diverses plantes venues dans un même terrain, on trouve que l'une est riche en sel marin, que les phosphates prédominent dans une autre, que la silice abonde dans une troisième, et ainsi de suite.

La présence dans les plantes, en assez forte proportion, de matières regardées comme insolubles est facile à expliquer, bien qu'elle ait été un sujet d'étonnement pour les savants qui l'observèrent les premiers. On sait maintenant, en effet, que l'insolubilité n'est pas une propriété absolue. Les corps réputés insolubles ne le sont que relativement, et l'eau, surtout quand elle est aérée et chargée d'acide carbonique, en dissout toujours une petite quantité. D'un autre côté, le volume d'eau qui traverse une plante pendant la durée de sa végétation est véritablement énorme ; ainsi, pour ne citer qu'un fait : Hales a constaté qu'un soleil de force moyenne absorbait par jour 0^m700 kil. d'eau, qui s'évaporerait à la surface de la plante. De sorte que l'on comprend très bien, quelque faible que soit la quantité de substance minérale dissoute dans l'eau que le végétal absorbe, qu'il puisse recevoir par cette voie tous les sels dont il a besoin.

La terre cultivable renferme d'ailleurs, quand elle est appropriée à une récolte, tous les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Mais ces éléments ne sont pas tous arrivés à l'état de désagrégation qui les rend particulièrement solubles et assimilables par les plantes ; ils n'arrivent à cet état que successivement, par l'action prolongée des agents atmosphériques et des préparations répétées que l'on fait subir au sol.

La nature spéciale des aliments minéraux nécessaires à chaque espèce de plante, la puissance élective que possèdent les racines, et la lenteur enfin avec laquelle les roches qui constituent les terrains agricoles se désagrègent et passent à l'état de solubilité relative qui permet aux plantes de les absorber, donnent le moyen de se rendre compte de la nécessité d'alterner les récoltes et d'expliquer d'une manière générale le principe des assolements. On conçoit, en effet, qu'une première récolte, ayant puisé dans le sol les sels dont elle a besoin, puisse être suivie d'une seconde récolte exigeant une alimentation différente, puis celle-ci d'une troisième espèce différente, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on puisse revenir à la première récolte, qui trouvera de nouveau, dans un état convenable, les éléments minéraux qui lui sont nécessaires, s'il s'est écoulé un temps suffisant, depuis la première culture, pour que les labours et les intempéries aient pu désa-

gréger et rendre soluble une nouvelle proportion des roches du terrain cultivé.

On vient de rappeler, aussi brièvement que possible, les notions de chimie agricole les plus indispensables à l'explication des phénomènes dont nous avons à nous occuper. On n'insistera pas davantage sur ces préliminaires qui seront développés plus loin quand le sujet l'exigera. C'est dans les ouvrages spéciaux de botanique, de physiologie et de chimie, qu'il faut chercher des notions étendues sur ces intéressantes questions. Hâtons-nous donc d'entrer d'une manière plus intime dans notre sujet en étudiant, avec les détails nécessaires, les deux milieux dans lesquels vivent et se développent les végétaux : le sol qui les supporte, et l'atmosphère dans laquelle ils étendent leurs rameaux et leurs feuilles.

Deuxième section. — Terrains agricoles.

I. CONSTITUTION GÉOLOGIQUE.

On trouvera à l'article *Géologie du Dictionnaire* des notions étendues sur les différentes formations de notre globe. On doit seulement ajouter ici quelques mots sur la constitution de la couche arable la plus superficielle de la terre, quelquefois fort différente du terrain géologique sur lequel elle repose.

Les géologues ont été longtemps sans s'occuper des dépôts qui recouvrent une partie du globe. Ils ne voyaient dans ce mélange confus de roches brisées ou décomposées qu'un amas informe indigne de leur attention. L'importance des études de géologie agricole, mieux appréciée dans ces derniers temps, a porté plusieurs personnes à s'occuper d'une manière directe de cet ordre d'idées. Tout fait espérer que de bonnes descriptions géologiques de terrains agricoles ne tarderont pas à être moins rares qu'elles ne le sont aujourd'hui, et qu'elles pourront fournir à la pratique de précieuses indications.

Les couches des terres arables n'ont pas toutes la même origine. On peut, sous le rapport de leur mode de formation, les partager en plusieurs classes principales, parmi lesquelles nous citerons :

Les *terrains formés sur place* par la décomposition même de la roche qui les supporte. Ils sont généralement peu profonds et d'une fertilité médiocre : les forces qui tendent à désagréger une roche pour la transformer en terre cultivable sont assez nombreuses. Les gelées, la pesanteur, les propriétés plus ou moins hygrométriques des parties qui constituent le terrain, les racines en pénétrant dans les fentes du rocher, l'action de l'oxygène, de l'eau, de l'acide carbonique, etc., sont autant de causes qui tendent à décomposer les minéraux, soit en modifiant leurs propriétés physiques, soit en altérant plus ou moins profondément leur constitution chimique. Mais ces forces agissent toujours avec une extrême lenteur, et leur action décroît rapidement d'intensité quand une couche de débris suffisamment épaisse recouvre la roche et la préserve de nouvelles attaques.

Les *terrains diluviens*, qui forment la plus grande partie du sol cultivable de la France, et même de l'Europe entière, offrent plusieurs caractères généraux, souvent modifiés par l'influence de circonstances locales, mais toujours assez nettement définis pour permettre de rattacher ces immenses dépôts à une même révolution géologique.

Les *terrains d'alluvion* se forment encore chaque jour sous nos yeux : les galets, les graviers, les sables et le limon entraînés par les fleuves et les rivières, se déposent en différents points de leur cours et forment des terrains composés de couches superposées répondant aux diverses crues du cours d'eau. Les terrains les plus fertiles de nos vallées appartiennent à

cette formation qui constitue une portion de l'Égypte et des bassins du Rhin, de la Garonne, etc. On ne saurait assez se préoccuper de favoriser le dépôt de ces alluvions précieuses, dont des travaux d'endiguement mal dirigés facilitent trop souvent l'entraînement à la mer.

Les *terrains d'atterrissement* se produisent sur quelques points des côtes où les vents et les courants viennent déposer les matières terreuses et sablonneuses apportées par les fleuves, ou enlevées par les vagues à d'autres points de la côte. Les terrains ainsi formés ne peuvent pas s'élever au-dessus du niveau des grandes marées ; pour devenir propres à la culture, ils doivent être défendus contre les eaux par des travaux d'endiguement. Mais leur fertilité compense largement les dépenses d'établissement et d'entretien de ces ouvrages de défense, dont le nord de la France, la Hollande et la Belgique offrent de si beaux exemples.

Les *dunes*, qui occupent en France une étendue considérable sur les côtes de l'Océan, sont formées de grains de sable quartzeux d'un très petit volume. Ces montagnes de sable, poussées par le vent, avancent graduellement et recouvrent successivement les champs et les villages qu'elles rencontrent. L'art parvient maintenant à fixer les dunes et à les transformer, dans quelques localités, en un sol cultivable très propre à certains végétaux.

Les *terrains paludéens*, dont le nom indique l'origine, jouissent de propriétés aussi variées que les circonstances locales qui leur ont donné naissance. La facilité que présente souvent l'amélioration de cette espèce de terrains doit appeler sur eux toute l'attention des cultivateurs.

Il est nécessaire de dire ici quelques mots de la *disposition des couches des terrains agricoles*.

L'épaisseur de la couche du sol où vivent et se développent les racines des plantes est excessivement variable ; réduite à quelques centimètres dans les mauvais sols, elle atteint 0^m,25 à 0^m,35 dans les sols profonds. On désigne sous le nom de *sous-sol* le terrain placé au-dessous de la couche agraire dont on vient de parler. Mais on conçoit que cette simple division en sol et sous-sol manque de précision, et ne suffit pas pour exprimer la nature si variable des différentes couches qui se succèdent dans un terrain agricole. M. de Gasparin, pour préciser d'une manière plus complète leur constitution, les partage en quatre classes : « Nous appellerons, dit cet habile agronome, le *sol* la couche supérieure du terrain, jusqu'à la profondeur où elle conservera la même nature minérale. Le sol se divisera en : 1^o *sol actif*, celui qui est mêlé de terreau, qui reçoit les impressions de l'atmosphère, les sels solubles, dans lequel se passent les phénomènes de la végétation et qui est atteint par les labours ; 2^o au-dessous de cette première couche, et quoique conservant la même composition minérale, si le sol est profond, nous appellerons *sol inerte* la seconde couche qui n'est pas entamée par les cultures. »

« Au-dessous du sol, au moment où une nouvelle couche de composition minérale différente se présente, nous avons le *sous-sol*, qui peut être formé lui-même de plusieurs couches variables aussi dans leur composition, jusqu'à ce qu'on atteigne dans la profondeur la couche imperméable. »

On conçoit d'ailleurs que dans certains cas particuliers quelques-unes des couches précédentes n'existent pas ; ainsi le *sol* peut poser directement sur la couche imperméable, etc.

La profondeur du sol actif, d'après ce qui précède, dépend exclusivement de la profondeur des labours. Il est avantageux que le sol actif soit assez profond ; mais on ne peut poser aucune règle générale sur la conve-

nance de le mélanger plus ou moins souvent au sol inerte en ramenant à la surface une partie de celui-ci. Le succès de cette opération dépend évidemment de la composition relative de ces deux parties du sol. Si le sol actif est épuisé et que le sol inerte soit doué d'une grande fertilité, le mélange est avantageux. Si, au contraire, le sol inerte était de mauvaise qualité et que le sol actif n'eût été amélioré qu'à force d'engrais et d'amendements, il est clair qu'il faudrait éviter avec soin toute espèce de mélange des deux couches.

Le sous-sol, quand surtout il est voisin de la surface, exerce une influence capitale sur la valeur du terrain, soit par sa nature même, soit par son action sur l'écoulement des eaux. Il y a telles contrées qui ne doivent leur infertilité qu'à la nature du sous-sol. Nous ferons d'ailleurs une étude spéciale de ce sujet dans le chapitre III, en nous occupant de l'assainissement des terres.

Quant à la couche imperméable, il importe surtout d'examiner son épaisseur pour reconnaître de combien elle sépare le sol du réservoir inférieur des eaux, dont l'action est si grande et quelquefois si favorable à la végétation de la surface, soit parce qu'il conserve au terrain une fraîcheur constante, soit parce qu'il fournit, à l'aide de puits artésiens ou de machines, les eaux nécessaires à l'irrigation.

II. COMPOSITION CHIMIQUE DES TERRAINS.

Les terres cultivables diffèrent chimiquement beaucoup plus entre elles par les proportions relatives des matières qui les constituent que par la nature même de ces matières. On ne rencontre, en effet, à de rares exceptions près, dans les sols arables, abstraction faite de l'eau, que les substances suivantes, soit isolées, soit combinées entre elles ou avec certains acides :

Silice,	Soude,
Alumine,	Oxyde de fer,
Chaux,	Oxyde de manganèse,
Magnésie,	Azote,
Potasse,	Terreaux.

Les propriétés chimiques de la plupart de ces composés sont décrites à l'article spécial qui les concerne. Il suffira de quelques mots pour compléter leur histoire, au point de vue particulier qui nous occupe.

La *silice* est une des substances les plus abondamment répandues dans la nature ; ses propriétés varient extrêmement avec son état d'agrégation : tout à fait insoluble quand elle est en masses compactes, comme dans le quartz pur, les silex et la plupart des minéraux où elle se rencontre, elle est, au contraire, assez soluble dans l'eau quand elle provient de la décomposition des silicates. Elle peut donc dans cet état pénétrer dans les végétaux, où on la rencontre en effet presque toujours, et quelquefois en quantité tellement abondante qu'elle communique à leurs tissus une dureté considérable et un aspect particulier, comme on le remarque, par exemple, dans les prêles, le bambou, etc.

L'*alumine*, à l'état de pureté, est extrêmement rare dans la nature ; mais, combinée avec de l'eau et de la silice, elle constitue l'*argile*, si répandue à la surface de la terre, et dont le rôle est si important en agriculture. Il existe beaucoup d'espèces d'argiles formées de mélanges en proportions variées de calcaire, d'oxyde de fer, etc., avec la combinaison d'alumine et de silice dont on vient de parler. L'argile pure peut absorber 0,70 de son poids d'eau, fait pâte avec ce liquide, ne l'abandonne que difficilement et durcit beaucoup par la dessiccation ; de sorte qu'elle offre de grandes difficultés de travail pour les instruments de culture, soit à l'état sec, soit à l'état humide. L'argile brûlée absorbe éner-

gièrement les gaz avec lesquels elle se trouve en contact ; mais sa propriété la plus remarquable, sous le rapport des phénomènes de la végétation, est la faculté qu'elle possède de s'emparer des composés ammoniacaux et de les retenir jusqu'à ce qu'elle en soit en quelque sorte saturée. Tous les agriculteurs savent, en effet, que les premières fumures sont presque sans effet sur les terres argileuses épuisées depuis longtemps ; les composés ammoniacaux restent combinés avec l'argile et n'agissent pas sur la végétation. Mais après un certain temps le fumier ajouté profite entièrement aux récoltes, et on peut même obtenir alors, pendant un ou deux ans, d'abondants produits sans nouvelles fumures, en reprenant au sol la richesse qu'il s'était appropriée.

La *chaux* n'existe jamais pure dans la nature ; on la rencontre en général dans les terres cultivées à l'état de carbonate, de sulfate et de phosphate. Le premier de ces sels est de beaucoup le plus abondant dans les terres arables ; il constitue même la base de certains sols et imprime toujours un caractère spécial à ceux où il se trouve. Le carbonate et le phosphate de chaux sont solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique. Le sulfate est assez soluble ; on sait qu'il se rencontre dans les eaux de source ou de puits d'un grand nombre de localités. On étudiera attentivement le rôle et les propriétés des trois sels précédents dans le chapitre consacré aux engrais et amendements (chapitre V).

La *magnésie*, à l'état de carbonate et de phosphate, existe en assez forte proportion dans un grand nombre de sols très fertiles, et se retrouve dans les plantes qui végètent dans ces terrains. Le carbonate de magnésie absorbe beaucoup plus d'eau que le carbonate de chaux ; il tend par conséquent à rendre les terrains plus frais et plus liants, quand il se trouve en proportion convenable. Mais quand le sol est exclusivement formé de débris de dolomie (carbonate double de chaux et de magnésie), il présente la stérilité et les défauts des sols crayeux, dont il offre aussi l'aspect général.

La *soude* et la *potasse* présentent entre elles la plus grande analogie ; ces deux alcalis peuvent même, jusqu'à un certain point, se substituer l'un à l'autre dans la constitution des plantes. Ils exercent sur la végétation une très grande influence, et leur emploi judicieux pourrait souvent modifier de la manière la plus avantageuse les produits d'un terrain qui ne serait pas suffisamment pourvu de matières alcalines. Une récolte de froment n'enlève pas au sol moins de trente et quelques kilogrammes de potasse et de soude, et comme ces substances n'existent en général qu'en assez faibles proportions dans les terrains, on voit combien il importe de restituer à la terre, par les fumiers ou autrement, une quantité de ces bases à peu près équivalente à celle qui a été enlevée par la récolte précédente. Cette observation explique les heureux résultats obtenus dans quelques circonstances de l'emploi de cendres de bois ou d'eaux de lessive répandues sur le sol.

Le *fer oxydé* se rencontre à peu près dans tous les terrains ; il leur donne différentes couleurs, variant du rouge brun foncé au jaune clair. Le peroxyde de fer paraît jouer, comme les argiles, de la propriété de fixer et de conserver les composés ammoniacaux. Il exercerait par là une grande influence sur la végétation. On a dit, dans ces derniers temps, que le fer à l'état de sel de protoxyde existe en assez grande quantité dans des terres fertiles. Si cette observation se vérifie, elle pourra servir à expliquer l'utilité de l'oxyde de fer dans les terres labourées et l'origine d'une partie des produits ammoniacaux consommés par les plantes. Les composés de fer sont rarement employés dans la grande culture comme amendement ; mais on a, par plusieurs expériences, constaté leur action favorable sur les plantes étiolées ou atteintes d'une espèce de chlorose.

L'oxyde de manganèse paraît plus répandu dans les terres cultivables qu'on ne l'avait cru pendant longtemps. Il est, dans tous les cas, beaucoup moins abondant que l'oxyde de fer. Son influence sur la végétation n'est pas encore bien connue; des expériences à cet égard pourraient être fort utiles. Dans le cas où elles seraient favorables, le bas prix des sels de manganèse, aux environs de certaines villes manufacturières, permettrait d'en faire d'utiles applications à l'agriculture.

L'azote existe en général dans les terrains à l'état de composés ammoniacaux et d'acide azotique, mais toujours en très faible proportion, puisque les terres fertiles, dans leur état naturel, n'en renferment pas plus de 0,0004 de leur poids. On ne connaît pas encore d'une manière précise toutes les réactions qui donnent naissance aux produits azotés qui servent à la végétation. On sait seulement que les principales sources de ces composés sont : les eaux de pluie, qui réunissent l'ammoniaque qui paraît exister dans l'atmosphère; les engrais; enfin certains corps poreux, qui semblent favoriser la production des azotates.

Le terreau ou humus est le produit de l'altération des matières végétales par l'action combinée de l'oxygène de l'air, de l'humidité et d'une espèce particulière de fermentation. Les feuilles, les tiges, le bois, les enveloppes des fruits abandonnés à l'air, perdent une partie de l'eau qui entre dans leur composition et une proportion relativement moindre de carbone, de sorte que le produit de l'altération de ces diverses substances est plus riche en carbone qu'elles ne l'étaient elles-mêmes. Le terreau provenant de sources diverses — et produit dans des circonstances souvent très différentes les unes des autres — est loin de constituer un corps parfaitement défini et toujours identique avec lui-même. Ce composé mériterait une étude particulière; on ne peut maintenant qu'indiquer ses propriétés les plus générales, ou plutôt les caractères qu'il communique aux mélanges plus ou moins complexes dont il fait partie. La potasse caustique en dissolution dissout le terreau, en formant une liqueur d'un brun foncé dont les acides séparent une masse floconneuse d'une teinte noirâtre, à laquelle on a donné les différents noms d'acide ulmique, humique, etc. Cette matière brune constitue le terreau isolé; elle est à peu près insoluble dans l'eau, mais elle peut éprouver un second degré d'altération qui la rend soluble et la transforme en ce que l'on nomme extrait de terreau. Pendant que cette seconde altération se produit, il se dégage de l'acide carbonique et il se forme, en petite quantité, quelques autres acides organiques. La propriété dont jouit le terreau d'absorber les gaz atmosphériques et de se décomposer en produisant de l'acide carbonique, explique en partie l'influence énergique qu'il exerce sur la végétation. Le terreau est très avide d'oxygène et paraît susceptible de réduire certains corps avec lesquels il se trouve en contact. Les terrains très fertiles en contiennent, en général, de 0,05 à 0,08. Quand cette proportion est notablement dépassée la fertilité décroît, et les terres qui renferment 0,25 de terreau sont presque toujours à peu près stériles et exigent des amendements et un mode de culture tout à fait spéciaux.

Les terreaux produits par les débris de végétaux riches en tannin en contiennent eux-mêmes une certaine quantité. L'acidité que leur communique cette substance les rend impropres à la plupart des cultures, et ne peut être corrigée que par l'emploi de quantités considérables de chaux ou autres matières alcalines.

La tourbe est une espèce de terreau dû à la destruction successive des plantes aquatiques. Elle forme quelquefois des couches plus ou moins épaisses exploitées

comme combustible; ses caractères chimiques varient à l'infini avec les circonstances qui ont présidé à sa formation. La tourbe, dans d'autres circonstances, est intimement mêlée avec le sol, comme l'humus dans les terres ordinaires, et forme alors des terrains paludéens d'une grande richesse s'ils renferment du calcaire, et, au contraire, presque sans valeur quand ils ne contiennent pas ce principe de fertilisation.

On vient d'indiquer la nature et les propriétés les plus importantes des matières qui entrent habituellement dans la composition des terrains agricoles. Il convient de faire connaître les méthodes d'analyse au moyen desquelles on reconnaît la présence et on évalue la proportion de ces différentes substances dans un terrain donné. Les indications générales exposées précédemment au sujet de l'alimentation végétale suffisent pour faire apprécier l'importance des recherches dont nous allons nous occuper, puisque la composition des cendres des végétaux, comparée à celle du sol où ils doivent être cultivés, permet de déterminer avec précision les amendements qu'il faut ajouter à ce sol pour le rendre aussi propre que possible aux cultures projetées.

L'analyse complète d'une terre est une opération délicate qui exige des connaissances étendues et ne peut être exécutée avec succès que par un chimiste expérimenté. La composition approximative d'un terrain et la proportion des substances les plus importantes à évaluer pour la pratique agricole peuvent, au contraire, se déterminer par des procédés d'une exécution prompte et à la portée de tout le monde. Pour les personnes habituées aux travaux de laboratoire, nous indiquerons rapidement la marche à suivre dans une analyse complète; nous décrirons ensuite, avec les détails nécessaires pour permettre à tout lecteur attentif de les exécuter, les procédés plus simples au moyen desquels on peut rechercher et doser, avec une exactitude suffisante pour la pratique ordinaire des exploitations, les éléments les plus importants des terres cultivables.

Il est bien entendu d'ailleurs que les diverses méthodes qui vont être exposées ne s'excluent pas les unes les autres, et qu'on les emploiera tour à tour ou simultanément, suivant le but spécial que l'on se proposera d'atteindre.

Soit qu'il s'agisse d'une analyse complète ou d'un simple essai, le choix de l'échantillon de terre que l'on veut soumettre à l'expérience doit être fait avec soin. Il convient toujours de prendre des échantillons en divers points d'un champ, même quand le sol qui le compose paraît identique dans toutes ses parties, et de les mélanger pour former un échantillon moyen qui représente mieux la composition générale du sol que ne pourrait le faire la terre prise en un seul point. Ces divers échantillons doivent être recueillis dans toute l'épaisseur de la couche atteinte par les cultures. Si l'on veut étudier la nature du sous-sol, il faut en prendre des échantillons distincts. Dans le cas assez fréquent où un champ présenterait plusieurs natures de sols, il faudrait prendre un échantillon de chaque variété de terre et indiquer nettement, sur le plan terrier, les points où chaque échantillon aurait été pris. Les divers lots de terre, recueillis comme on vient de le dire et bien séchés à l'air, sont soigneusement enveloppés et chaque paquet nettement étiqueté. Le poids des différents échantillons doit être d'un ou deux kilogrammes, et même plus considérable s'il est possible de le faire.

Analyse d'une terre. Il convient dans l'analyse des terres cultivables de déterminer successivement les substances solubles dans l'eau, celles qui se dissolvent dans les acides faibles, et celles enfin qui sont sensiblement inattaquables par ces réactifs. Les premières servent directement à l'alimentation des végétaux; les der-

nières n'exercent sur elle qu'une influence secondaire et ne sont destinées à agir qu'à une époque postérieure. Les opérations analytiques se trouvent ainsi partagées en trois classes distinctes.

(A) *Recherche et dosage des substances solubles dans l'eau.* On évalue d'abord la proportion d'eau interposée en faisant dessécher, à 400 degrés, 10 grammes de terre bien pulvérisée, jusqu'à ce que le poids ne change plus.

On place ensuite dans une capsule de porcelaine de 600 à 1,200 grammes de terre, avec une quantité d'eau suffisante, et on laisse digérer ce mélange à une température voisine de l'ébullition pendant une ou deux heures. On jette le tout sur un filtre et on lave la masse à l'eau chaude, jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule, évaporée sur une feuille de platine, ne laisse qu'un résidu peu sensible. Ce lavage est fort long quand la terre contient beaucoup de sulfate de chaux, sel que l'on peut rechercher d'ailleurs d'une manière directe dans une autre partie de l'échantillon. On réunit la liqueur filtrée aux eaux de lavage, et l'on obtient ce que nous appellerons la dissolution 4. Cette dissolution est partagée en sept ou huit parties, a, b, c..., destinées aux recherches qualitatives et au dosage des substances; on proportionne le volume de chacune de ces parties à l'abondance présumée du corps que l'on se propose d'y rechercher et à la difficulté que présente le dosage de ce corps. Il convient d'ailleurs, pour la facilité des calculs, que chaque portion de liqueur soit une partie aliquote de la masse totale de la dissolution 4.

Les deux premières parties, a et b, de 4 sont acidulées par l'acide azotique. La première sert à constater la présence et à doser, s'il y a lieu, l'acide chlorhydrique, au moyen de l'azotate d'argent; et la seconde, l'acide sulfurique, au moyen du chlorure de barium.

Dans une troisième portion, c, convenablement concentrée, on cherche à constater, à l'aide de la teinture d'indigo, ou du sulfate de protoxyde de fer, la présence de l'acide azotique. Le dosage de cet acide, quand il existe dans la liqueur, s'effectue à l'aide des méthodes ordinaires, dont les résultats ne présentent malheureusement pas toute la rigueur désirable.

Une quatrième partie d assez considérable, de la dissolution 4, est acidulée par l'acide chlorhydrique, évaporée à sec et le résidu légèrement rougi. On reprend par l'eau acidulée, qui ne laisse, en général, pour résidu que la silice, dont il convient cependant de constater la pureté. La liqueur filtrée est partagée en deux parties égales, dont l'une est employée à doser les alcalis et l'autre, évaporée à sec, pour chasser l'excès d'acide, et reprise par l'eau, sert à déterminer l'acide phosphorique, ou bien le fer, le manganèse, l'alumine, la chaux et la magnésie.

L'acide carbonique est dosé à l'aide d'une portion spéciale e de la liqueur, que l'on soumet aux procédés ordinairement employés pour évaluer la proportion de cet acide.

Comme vérification des divers dosages effectués successivement, et pour évaluer la quantité d'ammoniaque et de matières organiques contenue dans la liqueur 4, on évapore à sec une portion f de cette liqueur, on dessèche parfaitement à 100° le résidu et on le pèse, puis on le calcine au rouge vif et on le pèse de nouveau. La différence entre ces deux pesées est attribuée au dégagement des matières organiques, de l'ammoniaque et de l'acide azotique.

Lorsque la terre contient une proportion notable d'ammoniaque — ce dont il est facile de s'assurer en mettant un peu de chaux vive dans le produit de l'évaporation d'une partie de ce liquide — on peut doser directement cette substance en faisant bouillir dans une cornue, avec de la soude caustique, une certaine quan-

tité g de 4. Les vapeurs qui se dégagent sont reçues dans de l'acide chlorhydrique, qui retient l'ammoniaque et permet de le doser à l'état de chlorure double de platine et d'ammoniaque.

(B) *Recherche et dosage des substances insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'acide chlorhydrique faible.* On dessèche dans le filtre la partie insoluble de la terre traitée par l'eau dans la première opération. On la broie avec soin pour l'amener à l'état de mélange bien homogène. Une vingtaine de grammes de ce mélange sont calcinés au rouge sombre pour brûler toute les matières organiques qu'il pourrait renfermer. Le résidu est introduit dans un petit ballon où on le fait bouillir pendant quelques heures; avec de l'eau et de l'acide chlorhydrique en léger excès, en ayant soin d'agiter souvent. Le produit de ce traitement est jeté sur un filtre, et le résidu insoluble lavé à chaud jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus de réaction acide. La liqueur filtrée, réunie aux eaux de lavage, forme une dissolution 44, qui renferme, en général, les mêmes substances, mais en beaucoup plus fortes proportions, que la dissolution 4. On opère sur cette seconde liqueur à peu près comme sur la première, en tenant compte seulement des différences résultant de la plus grande proportion de certains composés. On doit surtout apporter une grande attention au dosage de l'acide phosphorique, que l'on rencontre particulièrement dans cette section de l'analyse.

La partie de la terre insoluble dans l'eau, et dont l'analysé nous occupe en ce moment, contient presque toujours de l'acide carbonique combiné avec les bases, et qui se dégage par l'action de l'acide chlorhydrique. Cet acide carbonique doit faire l'objet d'un dosage spécial, servant en même temps de contrôle aux autres déterminations.

(C) *Analyse de la partie du terrain insoluble dans l'eau et dans les acides faibles.* Le résidu du traitement de la terre par l'acide chlorhydrique, recueilli sur un filtre au commencement de l'opération B, se compose d'argile mélangée de fragments de roches plus ou moins volumineux et non encore décomposés. Une simple lévigation, exécutée comme on l'indiquera plus loin, suffit pour séparer l'argile des matières moins ténues dont l'examen microscopique permet souvent de reconnaître la nature. Mais, pour obtenir la composition élémentaire du mélange, on doit suivre la marche ordinaire de l'analyse des silicates naturels. Il arrive quelquefois que les terres sont entièrement attaquables par l'acide sulfurique concentré et bouillant. L'analyse est alors très simple, puisqu'on peut doser sans autre opération préalable la silice et les bases terreuses et alcalines. Quand l'acide sulfurique bouillant ne décompose pas entièrement la terre, on est obligé, pour doser les alcalis, d'employer l'acide fluorhydrique, ou l'attaque au creuset par le carbonate ou l'hydrate de baryte, procédés d'une exécution toujours longue et difficile.

(D) *Dosage des matières organiques.* Dans tout ce qui précède on n'a dosé les matières organiques que par parties et sans s'occuper de déterminer leur nature. Cette méthode est très imparfaite et sujette à de nombreuses causes d'erreur. Les matières organiques jouent dans les terrains un rôle trop important pour qu'on ne cherche pas à déterminer leur proportion d'une manière plus précise. Mais on doit reconnaître que sous ce rapport les procédés d'analyse chimique laissent beaucoup à désirer; voici, du reste, la marche la plus généralement adoptée.

On fait chauffer de 40 à 100 grammes de terre, pendant environ deux heures, avec une dissolution de carbonate de soude, qui dissout le corps désigné sous le nom d'acide humique ou ulmique. On filtre, on lave et on verse dans la liqueur de l'acide chlorhydrique, qui précipite l'acide ulmique sous forme de flocons

bruns que l'on recueille sur un filtre. Le composé produit est pesé, après avoir été lavé et desséché, puis brûlé avec le filtre sur lequel il a été recueilli. Le poids connu des cendres du filtre, retranché du poids total des cendres obtenues, donne le poids des cendres entraînées par l'acide ulmique, poids qu'il faut retrancher, à son tour, du poids total de ce corps, primitivement obtenu, pour avoir le poids réel de la matière organique extraite de la terre par cette première opération.

Une autre portion de terre égale à la précédente est traitée d'une manière analogue par une dissolution de potasse caustique, qui dissout l'acide humique et transforme en ce même produit une autre matière analogue que certains chimistes appellent humine. La dissolution alcaline, séparée de la terre par filtration et traitée par l'acide chlorhydrique, fournit une certaine proportion d'acide humique, dont le poids, diminué de celui du même corps obtenu dans la première opération, fait connaître celui de l'humine.

Le poids des matières organiques non décomposées s'obtient en calcinant 10 grammes de terre, préalablement desséchée, jusqu'à ce que toutes les matières organiques soient brûlées. On arrose avec du carbonate d'ammoniaque, on évapore, on chauffe au rouge faible et on pèse. La perte de la terre représente l'ensemble des matières organiques qu'elle renfermait; en retranchant de ce poids total celui de l'humine et de l'acide humique, on a celui des matières organiques non décomposées.

Certaines tourbes et quelques terres renferment des matières cireuses et résineuses. On sépare ces substances en faisant bouillir à plusieurs reprises 400 gr. de terre avec de l'alcool. On concentre assez fortement cette liqueur par distillation, et par le refroidissement la cire se sépare; on la recueille sur un filtre et on la lave avec de l'alcool froid. On ajoute de l'eau à la liqueur séparée de la cire et on fait bouillir pour chasser tout l'alcool; la résine se sépare, et on peut la recueillir sur un filtre et la peser. Quand la cire ou la résine existent en proportion notable, il faut retrancher leur poids de celui de l'humine et de l'acide humique avec lequel ces substances ont été entraînées dans le traitement par la potasse.

Les méthodes que l'on vient d'indiquer pour le dosage des matières organiques sont très imparfaites, et ne fournissent aucun renseignement précis sur les proportions d'oxygène, d'hydrogène, de carbone et d'azote renfermées dans la terre que l'on examine. On ne peut obtenir à cet égard de données positives qu'au moyen des procédés d'analyses élémentaires des substances organiques, qui sont maintenant minutieusement décrits dans tous les traités élémentaires de chimie un peu développés, et qu'il est dès lors inutile de rappeler ici. Nous dirons seulement qu'en raison de l'importance de l'azote dans les terrains agricoles, on ne saurait apporter trop de soin à la détermination exacte de son dosage. Il convient, pour les analyses scientifiques de terrains, d'employer les méthodes les plus précises, et de rejeter les procédés dont la promptitude et la facilité d'exécution sont compensées par une moins grande exactitude dans les résultats, procédés que nous indiquerons d'ailleurs un peu plus loin, en parlant des essais expéditifs des terrains.

Les procédés sommairement exposés dans ce qui précède pour l'analyse complète d'un terrain, ne peuvent être mis à exécution, comme on l'a déjà dit, que par un chimiste de profession. Il nous reste à faire connaître les méthodes plus faciles et plus expéditives qui constituent l'essai chimique des terres, et au moyen desquelles les agriculteurs peuvent obtenir eux-mêmes des renseignements suffisamment exacts, pour la pratique ordinaire, sur la constitution de leurs terrains, et

parvenir à reconnaître sans difficulté la présence et la proportion des substances d'un intérêt particulier, au point de vue des cultures.

Essai chimique des terres. On suppose dans ce qui va suivre que tous les échantillons que l'on se propose de soumettre à l'essai ont été recueillis avec les précautions indiquées ci-dessus, et qu'ils ont été desséchés à une même température. Le moyen le plus facile pour opérer cette dessiccation consiste à placer les échantillons dans un four dont on a retiré le pain, et assez refroidi pour ne point roussir quelques brins de paille qu'on y introduit préalablement. Les échantillons doivent rester dans le four jusqu'à ce que leur poids ne varie plus, ce dont on s'assure en les pesant à deux ou trois reprises différentes, à quinze ou vingt minutes d'intervalle. A défaut de four, on peut mettre la terre dans une capsule de porcelaine, placée sur une lampe ou sur un fourneau dont le charbon est recouvert de cendres. On remue constamment la terre avec un petit thermomètre dont la température ne doit pas dépasser 420° à 450°. Si on n'avait pas de thermomètre à sa disposition, on placerait au fond de la capsule quelques fragments de paille qui ne devraient pas roussir. Il importe moins, du reste, de dessécher la terre d'une manière absolue, que de placer tous les échantillons dans des conditions aussi identiques que possible, pour les rendre comparables entre eux après leur dessiccation.

Certains auteurs ont vivement recommandé pour l'essai des terres la méthode de lévigation, et l'ont même présentée comme le meilleur moyen d'apprécier la valeur des terrains. Sans attribuer à ce procédé une importance qu'il ne saurait avoir, puisqu'il ne fournit aucune donnée sur la composition chimique des terrains, nous croyons qu'il peut en effet fournir de très utiles renseignements, et qu'il convient même d'y avoir toujours recours avant de procéder aux opérations chimiques elles-mêmes. Nous allons par conséquent indiquer avec détail un procédé simplifié de lévigation, dont l'application constituera la première opération de l'essai d'une terre.

On fait bouillir dans une capsule ou une casserole en porcelaine, pendant une heure environ, 400 grammes de terre avec 500 grammes (1/2 litre) d'eau pure, ou mieux d'eau distillée, puis on jette la masse sur une petite passoire en fer-blanc dont les trous ont un 4/2 millimètre de diamètre. En agitant le mélange avec une cuillère, l'eau s'écoule dans un vase à précipité de deux litres environ placé sous la passoire, et entraîne les parties les plus fixes de la terre. On reverse sur la passoire, en la puisant avec la cuillère, une partie de l'eau déjà écoulée, pour achever d'entraîner les parties fines de la terre qui auraient échappé à la première opération, et enfin on termine le lavage en versant peu à peu et à plusieurs fois, si cela est nécessaire, sur les matières restées dans la passoire, une petite quantité de nouvelle eau. Ce qui reste sur la passoire est jeté dans un vase à précipité, à peu près semblable au précédent (fig. 4), en partie rempli d'eau. On imprime à ce liquide un mouvement de rotation, de manière à mettre en suspension dans l'eau tout ce



Fig. 4.

qu'il renferme. Les *gros débris organiques*, non encore décomposés, nagent à la surface du liquide; ils sont recueillis avec une cuillère, ou, ce qui est plus commode, avec une petite écumoire, on les fait sécher au grand soleil, ou mieux à la chaleur d'un bain-marie très simple, formé d'une assiette creuse posée sur une casserole où on entretient de l'eau bouillante, et enfin

on les pèse. La matière restée au fond du vase, après l'enlèvement des débris organiques, est un mélange de sable moyen et de gravier. On le jette sur une seconde passoire dont les trous ont 3 millimètres de diamètre. Le gravier reste sur la passoire et le sable moyen passe à travers. On recueille ces deux substances, on les sèche et on les pèse.

Les matières entraînées par l'eau à travers la première passoire sont formées de terre et de sable fin. Pour séparer ces deux substances, on imprime au liquide du vase qui les renferme un mouvement de rotation aussi rapide que possible; on laisse le mouvement se ralentir et on décante le liquide. Le sable fin, plus pesant que la terre et en grains plus volumineux, tombe au fond de l'eau et reste dans le vase, tandis que l'eau entraîne la terre proprement dite. Si la séparation des deux substances n'était pas suffisamment nette la première fois, une partie de la terre fine étant restée avec le sable, on pourrait reverser dans le vase renfermant ce dernier une partie de l'eau écoulée avec la terre, après l'avoir laissée reposer pendant quelque temps, puis recommencer une seconde fois l'opération de l'agitation, puis du décantement du liquide, revenu à peu près au repos. Le sable fin est recueilli séparément, séché et pesé. Quant au liquide trouble chargé de terre, on l'agite vivement pour mettre la terre fine en suspension, et on jette le tout sur un filtre en papier non collé contenu dans un entonnoir placé sur un support en bois, au-dessus d'une capsule ou d'une casserole de porcelaine (fig. 2). La terre fine reste sur le filtre, on la lave avec un peu d'eau chaude qui s'ajoute à l'eau primitivement employée, on la sèche et on la pèse.

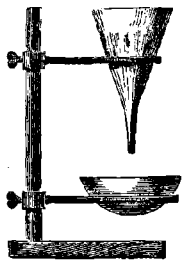


Fig. 2.

Après avoir séparé, comme on vient de l'indiquer, les gros débris organiques, le gravier, le sable moyen, le sable fin, la terre fine et la liqueur filtrée et transparente contenant les matières solubles existant dans le sol soumis à l'expérience, il reste à essayer chimiquement ces diverses substances et à constater la présence et la proportion des éléments les plus importants au point de vue agricole.

Le gravier, le sable moyen et le sable fin sont ordinairement siliceux; quelquefois cependant ils contiennent du calcaire. Pour le reconnaître, on verse sur chacune des matières précédentes, préalablement pesées, de l'acide chlorhydrique, étendu de deux ou trois fois son volume d'eau. Si le contact de cet acide produit une effervescence plus ou moins vive, on peut être assuré que les sables ou le gravier renferment du calcaire; on évalue la proportion de ce corps en prolongeant l'action de l'acide jusqu'à ce qu'il ne se produise plus d'effervescence, lavant le résidu avec de l'eau, le séchant et le pesant. La différence entre le poids ainsi obtenu et le poids primitif de la matière représente le poids du calcaire enlevé par l'acide.

La matière terreuse fine restée sur le filtre renferme principalement, dans le plus grand nombre des cas, de l'humus, la partie argileuse de la terre, du carbonate et du phosphate de chaux et de magnésie, et de l'oxyde de fer. On sépare ces diverses substances de la manière suivante: après avoir fortement desséché le mélange on le pèse, puis on le fait rougir dans un creuset ouvert jusqu'à ce qu'il ne reste plus de matières charbonneuses, faciles à reconnaître à la teinte noire qu'elles donnent à la terre. On pèse de nouveau, et la perte est attribuée à la combustion de l'humus. Cette

substance est évaluée trop haut par ce moyen, la couleur rouge ayant chassé une plus ou moins grande quantité d'eau qui était combinée avec l'argile. Il n'existe malheureusement pas de méthode suffisamment simple pour doser exactement cet élément précieux des terres arables.

Le résidu de la calcination est introduit dans une fiole à médecine à fond plat, avec de l'acide chlorhydrique étendu de six à sept fois son poids d'eau, dont on continue l'action jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucune effervescence, la liqueur étant encore fortement acide. Le résidu insoluble de cette action est la partie argileuse de la terre; on la jette sur un filtre, on lave avec de l'eau, on la dessèche et on la pèse. La liqueur acide qui passe à travers le filtre, réunie aux eaux de lavage, renferme l'oxyde de fer, la chaux du carbonate de cette base et les phosphates de chaux et de magnésie.

On verse dans cette liqueur, concentrée au besoin, de l'ammoniaque qui précipite l'oxyde de fer et les phosphates. On recueille ce précipité sur un filtre, on le lave, on le sèche et on le pèse pour l'analyser séparément.

La chaux et la magnésie restent dans la liqueur précédente. Pour séparer ces deux bases d'une manière simple, on verse dans leur dissolution, étendue d'alcool, de l'acide sulfurique qui précipite la chaux à l'état de sulfate, que l'on recueille et que l'on pèse. Enfin, la magnésie se précipite quand on fait bouillir la dissolution, séparée du sulfate de chaux, avec du carbonate de soude. La magnésie ne se trouve ordinairement qu'en très faible proportion dans les terres cultivables. On peut par conséquent, en général, simplifier la dernière opération dont nous avons parlé, en se bornant à verser dans la liqueur du carbonate de soude, qui précipite en même temps le carbonate de chaux et celui de magnésie, que l'on recueille et que l'on pèse ensemble sans se préoccuper de leur séparation.

Il reste enfin à examiner la liqueur dans laquelle on a fait bouillir la terre et qui en a été séparée par la première filtration. Cette dissolution contient en général une faible proportion de matières solubles, et il serait un peu compliqué d'en faire un examen détaillé; on se borne donc à évaporer à sec cette liqueur et à peser le résidu bien desséché. Quand la masse saline obtenue par l'évaporation ne contient que des matières minérales, elle est blanche ou colorée en rouge par de l'oxyde de fer; quand au contraire elle renferme des matières organiques elle est colorée en brun, et perd cette couleur par une calcination au rouge.

Dosage du sulfate de chaux. La présence du sulfate de chaux dans une terre peut modifier notablement ses propriétés, et il est fort important de déterminer la proportion de ce sel dans un sol où l'on veut essayer certaines cultures. En opérant comme on vient de l'indiquer, rien ne ferait connaître l'existence et la proportion du sulfate de chaux; une expérience spéciale est le moyen le plus exact pour le reconnaître. On prend 30 grammes de la terre à essayer, on la mélange intimement avec 40 grammes de charbon pilé, et on la calcine, à une bonne chaleur rouge, dans un creuset fermé, pendant une heure environ. On laisse refroidir le creuset, puis on fait bouillir la masse qu'il contient avec à peu près 300 grammes d'eau, on filtre, on ajoute à la liqueur transparente de l'acide sulfurique, on évapore le liquide au quart environ de son volume et on ajoute de l'alcool. Le sulfate de chaux se précipite; on le recueille, on le lave avec un peu d'alcool, on le sèche et on le pèse.

Dosage du calcaire. On peut également, s'il s'agit par exemple de marnier une terre, chercher à déterminer ce qu'elle renferme de calcaire sans se préoccuper

de ses autres éléments. L'opération est alors très simple et peut se faire en fort peu de temps. On fait digérer un poids donné de terre avec de l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus d'effervescence, bien que la liqueur soit acide; on la neutralise par de l'ammoniaque, on filtre, on lave et on concentre un peu la dissolution réunie aux eaux de lavage, puis on verse dans cette liqueur du carbonate de soude qui produit un précipité de carbonate de chaux, qu'il suffit de recueillir sur un filtre, de laver, de sécher et de peser.

Dosage de l'azote. Le dosage de l'azote est une opération trop importante dans l'essai des terres pour que nous ne la fassions pas connaître. Bien que la détermination de ce corps soit plus difficile que celle des éléments dont on a parlé jusqu'à présent, on peut affirmer qu'avec un peu d'attention les personnes les moins exercées aux manipulations chimiques parviendront en peu de temps à exécuter les procédés simplifiés que l'on va décrire. Les avantages que les cultivateurs peuvent retirer de cette partie de l'essai de leurs terres, les dédommageront d'ailleurs largement des difficultés qu'ils pourront rencontrer dans leurs premières tentatives.

Il existe deux méthodes pour déterminer la proportion d'azote existant dans un composé organique : la première, applicable à tous les cas, consiste à mesurer ce corps à l'état gazeux; la seconde, à l'évaluer à l'état d'ammoniaque. Cette dernière méthode convient seulement pour les composés qui ne renferment pas d'acide azotique libre, ou combiné avec une base. On va décrire successivement ces deux procédés, ramenés à la forme la plus simple possible, et à un degré d'exactitude seulement en rapport avec les besoins pratiques de l'agriculture.

Pour doser, à l'état de gaz, l'azote contenu dans un terrain, on prend un tube de verre vert, bouché par un bout, de 42 à 45 millimètres de diamètre et de 0^m,90 de longueur environ. On place au fond de ce tube une colonne, de 0^m,40 à 0^m,42 de longueur, de bi-carbonate de soude, au-dessus 5 ou 6 centimètres d'oxyde de cuivre, puis le mélange de terre et d'oxyde de cuivre suivi d'une seconde colonne, de 0^m,20 environ, d'oxyde de cuivre, et enfin d'une colonne de 0^m,20 de cuivre métallique. On dispose ce tube, enveloppé d'une feuille de cuivre mince, sur un foir-

l'acide carbonique dans le tube à combustion. On commence alors à chauffer au rouge la partie antérieure du tube, qui renferme le cuivre métallique, et les colonnes d'oxyde pur, et ensuite la partie du tube qui renferme la matière à analyser. L'azote se dégage et on le recueille dans la cloche graduée *d*. Quand le dégagement paraît terminé, on chauffe le bi-carbonate de soude non décomposé, pour chasser tout l'azote de l'appareil, et quand il a perdu l'acide carbonique qu'il peut abandonner, on arrête l'opération et on mesure le volume *V*, de centimètres cubes, occupé par le gaz dans la cloche graduée, sa température *t* et la hauteur du baromètre *h*. En désignant enfin par *f* la force élastique de la vapeur d'eau à la température *t* (voyez le mot VAPEUR), le poids de l'azote obtenu est égal à

$$0^{\text{r}},0042562 \text{ V} \cdot \frac{h-f}{4 + 0,00367 t} \cdot \frac{h-f}{760}$$

Le procédé au moyen duquel on dose l'azote à l'état d'ammoniaque, quand la substance analysée ne contient pas d'acide azotique, est encore plus simple que le précédent, et peut être convenablement exécuté par toute personne soigneuse, après deux ou trois essais au plus. Voici en quoi consiste ce procédé.

On mélange un poids connu de la substance organique à essayer avec ce que l'on appelle de la chaux sodique, dont on indiquera plus loin la préparation, et l'on introduit ce mélange au fond d'un tube à combustion analogue au précédent, que l'on achève de remplir avec de la chaux sodique. Le tube à combustion, placé dans un fourneau en tôle, est tiré en pointe et fermé à sa partie postérieure, et communique, à sa partie antérieure, avec un appareil à trois boules contenant 10 centimètres cubes d'une liqueur obtenue en mélangeant 618,250 d'acide sulfurique pur monohydraté avec un kilogramme d'eau. L'appareil ainsi disposé, on chauffe le tube au rouge, en commençant par sa partie antérieure; du gaz ammoniac se dégage et se dissout dans l'acide sulfurique contenu dans les boules. Lorsque la décomposition est terminée, on brise la pointe du tube à combustion et on aspire doucement par l'extrémité ouverte de l'appareil à boules, pour faire passer dans l'acide le gaz ammoniac qui se trouve dans le tube à combustion. Il ne reste plus qu'à doser l'ammoniaque combiné avec l'acide : pour y parvenir, on prépare une dissolution de saccharate de chaux, assez étendue pour que le volume de cette dissolution contenu dans

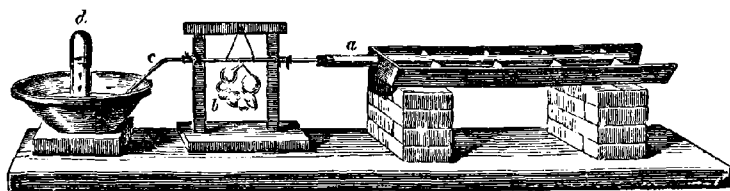


Fig. 3.

neau en tôle (fig. 3), après avoir adapté à son extrémité ouverte, *a*, un bouchon percé et garni d'un petit tube, réuni par un anneau en caoutchouc à un appareil à boule de Liébig, *b*, en partie rempli de potasse dissoute. Un tube recourbé *c* est destiné à conduire les gaz qui se dégagent sous une éprouvette graduée, *d*, renversée dans l'eau d'une petite terrine. Quand l'appareil est ainsi disposé, on chauffe la partie du tube où se trouve le bi-carbonate de soude, de manière à décomposer environ la moitié de ce sel. L'acide carbonique qui se dégage chasse l'air de l'appareil, et quand il ne sort plus de bulles de gaz par l'extrémité du tube *c*, on est assuré qu'il n'existe plus que de

cent divisions d'une burette à essais alcalimétriques saturée exactement 10 centimètres cubes de la dissolution acide dont a déjà parlé, puis on neutralise l'acide contenu dans les boules au moyen du saccharate ainsi titré. Si le volume de liquide employé pour atteindre ce résultat est représenté par *d* divisions de la même burette, le poids de l'azote contenu dans la quantité de matière soumise à l'analyse sera 0^r,00475 (100 — *d*).

Quant à la chaux sodique employée pour décomposer la matière organique, on la prépare en éteignant deux parties de chaux vive dans de l'eau contenant une partie de soude caustique, desséchant le mélange

dans un creuset, et enfin le réduisant en poudre pour l'usage.

On vient d'indiquer la marche à suivre pour faire l'analyse sommaire d'une terre, ou pour déterminer la proportion de certains principes d'un intérêt spécial pour la culture. On n'insistera pas davantage sur ce point. Les procédés particuliers à employer pour l'essai des engrais et autres matières analogues seront exposés dans le chapitre V, spécialement consacré à l'étude de ces substances.

III. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES TERRES.

Les propriétés physiques des terres, qu'il serait si nécessaire de bien connaître, n'ont malheureusement été jusqu'à présent que très imparfaitement étudiées. M. de Gasparin est, à notre connaissance, le premier auteur français qui ait cherché à grouper avec méthode les données expérimentales, obtenues avant lui sur ce sujet; nous lui empruntons la plus grande partie de ce qui suit.

Densité. Pour obtenir la densité d'une terre, on pèse un flacon plein d'eau distillée, on le vide et on le sèche, puis on le remplit en partie de la terre soumise à l'expérience; on le pèse de nouveau, on achève de le remplir d'eau, et on agit avec soin pour chasser les bulles d'air, ou plutôt, quand on veut obtenir une grande précision, on le met dans le vide pendant quelque temps, et enfin on fait une troisième pesée. En appelant p , p' et p'' les poids obtenus dans les opérations précédentes, diminués du poids du vase, et D la densité cherchée, il est évident que l'on a :

$$D = \frac{p}{p + p' - p''}$$

On peut opérer d'une manière plus expéditive et suffisamment exacte pour les recherches ordinaires, en opérant de la manière suivante : On prend un flacon à large ouverture, contenant exactement deux décilitres cubes jusqu'à un trait marqué sur le col, on verse dans ce flacon un décilitre d'eau, puis on achève de le remplir avec la terre sur laquelle on opère. Le poids de la terre nécessaire à cette opération, exprimé en *hectogrammes*, fournit immédiatement la densité cherchée, puisque ce nombre indique précisément le rapport du poids d'un décilitre cube de terre à celui d'un égal volume d'eau.

Voici quelques nombres obtenus par Shübler :

Désignation de la terre.	Densité.
Sable calcaire.	2,822
Sable siliceux.	2,753
Glaise maigre (1).	2,704
Glaise grasse (2).	2,652
Terre argileuse (3).	2,603
Argile pure (4).	2,594
Terreau.	4,225
Terre de jardin (5).	2,332
Terre d'Hoffwill (6).	2,404
Terre du Jura (7).	2,526

On ne saurait évidemment conclure de la densité d'une terre sa composition chimique. Cependant, on

(1) Contenant 40 p. 100 de sable siliceux fin.
 (2) — 24 p. 100 — — — — —
 (3) — 40,75 p. 100 — — — — —
 (4) Argile privée de sable, d'un gris bleuâtre, douce au toucher et un peu grasse.
 (5) Légère, noire et fertile, contenant 52,4 d'argile, 30,5 de sable siliceux, 1,8 de sable calcaire, 2 de carbonate de chaux pulvéruent, et 7 d'humus.
 (6) Contenant 81,4 d'argile, 42,7 sable siliceux, 0,4 de sable calcaire, 2,3 carbonate de chaux pulvéruent, et 3,4 d'humus.
 (7) Contenant 63 de sable siliceux, 33,3 d'argile, 4,2 sable calcaire, 4,2 carbonate de chaux pulvéruent, et 1,2 d'humus.

peut dire, d'une manière générale, que les terres très denses sont riches en silice, et que les terres légères renferment de fortes proportions de terreau.

L'écartement plus ou moins grand qui existe entre les particules de la terre et qui varie avec une foule de circonstances, ne permet pas d'établir une relation simple entre la densité et le poids d'un mètre cube de terre; de sorte qu'il est impossible de déduire l'une de ces quantités de l'observation de l'autre. M. de Gasparin, en soumettant diverses terres complètement imprégnées d'eau à une même préparation, est arrivé aux résultats suivants :

	Pesanteur spécifique.	Poids d'un mètre cube.
Glaise sablonneuse du Grand-Serre (Drôme).	2,47	2,403 ^k
Terre siliceuse ocreuse de Bagnols (Gard).	2,56	4,838
Terre argilo-calcaire de Camargue, dite forte.	2,60	4,683
Glaise micacée d'Aulas (Gard)	2,45	4,661
Terre argilo-calcaire de Camargue, dite légère.	2,50	4,639
Terre argilo-calcaire d'Orange (Prebois).	2,50	4,510
Glaise sablonneuse de la Valoire (Drôme).	2,63	4,458
Terre siliceuse des Arnas (Rhône).	2,60	4,370
Terre d'Orange, riche en terreau (Grenouillet).	2,42	4,426

Les terres augmentent presque toujours de volume par l'action de la fouille; de sorte que le poids d'un mètre cube, après cette opération, est moindre que le poids du mètre cube de la même terre non fouillée. Ce foisonnement de la terre est extrêmement variable. On l'estime, en moyenne, à 4/10 du volume primitif; mais cette donnée n'a rien d'absolu, et doit être vérifiée par une expérience directe dans chaque cas particulier. Ainsi, j'ai eu l'occasion d'observer des terres qui foisonnaient à peine, et on en cite qui augmentent par la fouille du cinquième de leur volume primitif.

Le poids du mètre cube de terre, telle qu'elle se trouve dans les champs, est un document précieux pour l'exécution des travaux agricoles. Nous réunissons ici quelques données pratiques empruntées à différents observateurs.

	Poids du mètre cube.
Sable fin et sec.	4,399 ^k à 4,428 ^k
Sable fin et humide.	4,900 »
Sable fossile argileux.	4,743 4,799
Terre végétale légère.	4,244 4,400
Terre argileuse.	4,600 »
Terre glaise.	4,900 »
Terre de bruyère.	614 643
Terreau.	828 857
Tourbe sèche.	544 »
Tourbe humide.	785 »
Marne.	4,574 4,642
Grosse terre mêlée de sable et de gravier.	4,860 »
Terre grasse, mêlée de cailloux.	2,290 »

Ténacité, adhérence des terres. Les terres soumises aux travaux de la culture sont presque toujours humides, les instruments ont donc à vaincre la ténacité propre du terrain et la force avec laquelle il adhère au bois ou au métal de l'outil employé. La ténacité et l'adhérence des terres exercent par conséquent une grande influence sur la difficulté des cultures, et l'on comprend dès lors tout l'intérêt que le cultivateur attache à la nature plus ou moins forte de la terre qu'il exploite. Un coup de bêche suffit au praticien exercé pour se rendre compte de cette propriété, ou du moins pour établir une comparaison assez exacte entre la terre qu'il examine et

celle qu'il cultive habituellement ; mais pour rendre rigoureusement comparables ces diverses évaluations, des méthodes plus précises deviennent nécessaires.

Dans les travaux publics, on classe les terres, sous le rapport de la difficulté de leur travail, d'après le temps nécessaire pour fouiller à la pioche un certain volume de déblai (voyez le mot *Terrassement*). La même méthode serait applicable, dans certains cas, aux ouvrages agricoles de terrasse et donnerait, avec des modifications convenables, des indications précieuses pour la pratique. Mais jusqu'à présent les agronomes ont eu recours à d'autres procédés.

Quelques personnes se bornent à former, avec les terres à essayer, des boules de 0^m,03 de diamètre, que l'on dessèche à une température de 50° à 60°, et dont on compare la résistance à l'écrasement. Les boules de terres sablonneuses s'écrasent entre les doigts, et quelquefois tombent d'elles-mêmes en poussière. Les terres argileuses, au contraire, présentent une résistance plus ou moins grande, et quelquefois très considérable. Mais on comprend que cette méthode ne donne, comme la première, que des indications assez vagues et ne saurait présenter aucun caractère de précision.

On a cherché à mesurer la résistance absolue des terres en brisant sous des charges connues, et dans des circonstances déterminées, des prismes de dimensions également connues. On comprend combien le peu d'homogénéité de la terre doit apporter de perturbation dans les résultats obtenus ainsi. Les écarts d'une expérience à l'autre, faite sur une même terre avec des précautions identiques, s'élèvent souvent à plus des huit dixièmes de la charge maximum ou minimum de rupture. On ne pourrait donc arriver à des données de quelque valeur qu'en répétant les mêmes expériences un très grand nombre de fois pour chaque espèce de terrain, ce qui devient réellement impraticable. Les expériences faites jusqu'à présent ne sauraient, par conséquent, donner de renseignements assez précis pour qu'il soit utile de reproduire ici les chiffres obtenus.

Si la détermination de la ténacité des terres est à peu près impossible, scientifiquement parlant, il n'en est pas de même de la comparaison de leur adhérence, qui peut se faire d'une manière assez rigoureuse en opérant de la manière suivante : on suspend à l'un des plateaux d'une balance un disque de bois ou de fer de un décimètre carré de surface, et on lui fait équilibre au moyen de poids placés sous l'autre plateau, puis on met le disque en contact avec la terre, et on note les poids qu'il est nécessaire d'ajouter dans le second plateau pour rompre l'adhérence du disque et de la terre. On doit employer dans ces expériences toutes les terres à un même degré d'humidité relative ; celui que l'on obtient, par exemple, en les réduisant en bouillie claire et les laissant égoutter sur une toile grossière. L'adhérence du fer à la terre est de 1/10 moins forte, en moyenne, que celle du bois, résultat bien connu du reste de quiconque a manié comparativement un instrument de fer et un instrument de bois. Voici quelques chiffres obtenus par Schübler, en opérant comme on vient de l'indiquer :

	Adhérence par décimètre carré pour le bois de hêtre.
Sable siliceux	0 ^m ,19
Sable calcaire	0 ^m ,20
Terre du Jura	0 ^m ,27
Terre d'Hoffwil	0 ^m ,28
Terre de jardin	0 ^m ,34
Glaise maigre	0 ^m ,40
Glaise grasse	0 ^m ,52
Terre calcaire	0 ^m ,71
Terre argileuse	0 ^m ,86
Argile pure	1 ^m ,33

Il est inutile d'insister sur les conséquences à déduire du tableau précédent. Il traduit en nombres des renseignements dont tout agriculteur possède plus ou moins le sentiment. Remarquons seulement combien l'humidité peut influer sur la propriété qui nous occupe, puisque le sable siliceux qui, sec, n'offre pas d'adhérence, en acquiert une aussi notable quand il est mouillé.

La ténacité et l'adhérence des terres sont, comme on l'a vu, deux propriétés distinctes dont la composante, en quelque sorte, exerce la plus grande influence sur la difficulté que présente la culture du sol. Il n'existe malheureusement pas de procédé simple et pratique pour évaluer isolément la première de ces propriétés ; aussi serait-il de la plus grande importance d'avoir un moyen, prompt, simple et facile, de comparer à la fois la résistance au travail des terres dans leurs différents états naturels et dans différents lieux. C'est le but que M. de Gasparin s'est efforcé d'atteindre en proposant l'emploi d'une bêche ou d'une fourche d'un poids constant, et tombant d'une certaine hauteur, dont l'enfoncement indiquerait la plus ou moins grande résistance du sol. Ce moyen très simple donnerait certainement des résultats assez comparables, et il serait vraiment à désirer que son emploi se généralisât parmi les agronomes éclairés. La bêche dynamométrique de M. de Gasparin pèse 2^{kg},75, et on la laisse tomber bien verticalement de 4 mètres de hauteur ; le fer a 0^m,450 de large. Dans les terrains pierreux on emploierait une fourche à trois dents du même poids que la bêche. Les dents de cette fourche, terminées en pointe peu aiguës, ont 0^m,03 de côte.

Hygroscopicité des terres. On désigne sous ce nom la propriété que possèdent, à un plus ou moins haut degré, les différentes terres de retenir l'eau entre leurs particules sans la laisser égoutter. On constate et on évalue facilement cette propriété en faisant avec 20 gr. de terre, préalablement desséchée, une bouillie claire que l'on verse sur un filtre mouillé et pesé. Quand il ne s'écoule plus d'eau, on pèse le filtre et la terre qu'il contient. La quantité d'eau retenue se calcule en retranchant du poids total ainsi obtenu celui de la terre sèche et du filtre. Un grand nombre de circonstances peuvent influer fortement sur cette propriété : l'addition des engrais l'augmente beaucoup, l'écobuage, au contraire, la diminue notablement. C'est donc complètement à tort que certains auteurs ont donné comme mesure de la fertilité d'un sol son degré d'hygroscopicité. Cette propriété dépend à la fois de l'état physique et de la composition chimique des particules.

Voici, du reste, quelques résultats obtenus par Schübler :

	Eau retenue par 100 parties de terre.
Sable siliceux	25
Gypse	27
Sable calcaire	29
Glaise maigre	40
Glaise grasse	50
Terre argileuse	60
Argile pure	70
Terre calcaire fine	85
Terreau	490
Carbonate de magnésic	456
Terre de jardin	89
Terre arable d'Hoffwil	52
Terre arable du Jura	48

La perméabilité des terres, c'est-à-dire la propriété qu'elles ont de laisser passer l'eau, n'est point en rapport direct avec l'hygroscopicité comme on pourrait le croire. On compare la perméabilité de différentes terres en plaçant sur un tamis une couche d'une

certaine épaisseur de la terre à étudier, et on évalue la vitesse avec laquelle l'eau versée sur ces terres s'écoule dans un vase placé sous le tamis. Le sable laisse écouler l'eau très rapidement; l'argile, au contraire, la laisse à peine passer. La perméabilité des terres est une propriété importante qu'il importe d'étudier avec soin; elle se rattache à leurs propriétés capillaires, qui exercent sur la végétation une très grande influence, en facilitant plus ou moins les mouvements des gaz et des liquides, et qui jouent un rôle des plus importants dans les opérations de drainage et d'irrigation. Un examen attentif de la perméabilité des terres expliquerait peut-être bien des anomalies restées jusqu'à présent incomprises dans les travaux de cette espèce.

Les expériences de laboratoire dont nous venons de parler, et celles de même ordre qu'il nous reste à indiquer, ne permettent pas d'apprécier l'une des plus précieuses propriétés que puisse posséder une terre arable, la fraîcheur. Cette propriété dépend de la nature du sous-sol, de l'exposition du terrain, etc. Pour l'apprécier on prend un échantillon de terre à 0^m,33 de profondeur, ou le renferme dans un flacon à large ouverture bouché avec soin, pour le transporter au lieu de l'expérience. On le pèse, on le dessèche à 400° et on le pèse de nouveau. Pour qu'une terre soit saine, il faut que deux ou trois jours après une forte pluie elle ne renferme pas plus de la moitié de l'eau qu'elle peut retenir en raison de son hygroscopicité propre, déterminée comme on l'a indiqué ci-dessus, et pour qu'elle ne soit pas sèche, il est nécessaire qu'au mois d'août, après huit jours de sécheresse, elle renferme encore 40 p. 100 de son poids d'eau. M. de Gasparin range parmi les terres fraîches celles qui retiennent habituellement de 15 à 23 p. 100 d'eau, et parmi les terres sèches celles qui en renferment moins de 40 p. 100.

Faculté des terres de se dessécher, d'absorber l'humidité, les gaz, etc. L'aptitude que les terres possèdent de se dessécher à l'air est à peu près en raison inverse de leur hygroscopicité. Schübler déterminait cette propriété en exposant les terres saturées d'humidité, sur des plateaux d'une surface donnée, à une température également déterminée. Les conditions ainsi déterminées ne paraissent pas assez nettement définies. Il conviendrait d'opérer à la fois à une température constante et dans un milieu constamment ramené au même degré de sécheresse, par la présence d'un corps déliquescent, de chlorure de calcium, par exemple.

Quand une terre se dessèche, elle diminue de volume, se resserre sur elle-même, et exerce souvent dans ces mouvements une action des plus nuisibles sur les racines, qu'elle écrase et déchire quelquefois. On apprécie ce retrait en formant des cubes de 0^m,30 de côté avec des terres mouillées; on les dessèche à l'ombre, et quand ils ne changent plus de poids on mesure de nouveau leurs dimensions. En opérant ainsi, Schübler a obtenu les chiffres suivants :

	4,000 parties perdent de leur volume :
Terre calcaire fine.	50
Glaise maigre.	60
Glaise grasse.	89
Terre du Jura.	95
Terre argileuse.	114
Terre d'Hoffwil.	120
Terre de jardin.	149
Argile pure.	183
Terreau.	200

La différence de retrait de l'argile et du calcaire explique la pulvérisation de la marne par les alternatives seules de sécheresse et d'humidité. Le terreau perd le cinquième de son volume par la dessiccation,

et revient quand on le mouille à son volume primitif, ce qui explique en partie les mouvements si prononcés que l'on observe dans les terrains tourbeux quand la proportion d'eau qu'ils renferment vient à varier. L'abaissement de terrains de cette espèce a quelquefois été très sensible à la suite de travaux de drainage, et tous les ingénieurs qui ont eu à faire des remblais avec des terres de cette qualité ont eu l'occasion de remarquer les modifications produites dans les ouvrages par les variations d'humidité de la masse.

Les terres plongées dans l'air humide jouissent presque toutes de la faculté d'absorber une certaine quantité d'eau; cette propriété concourt à les entretenir dans l'état d'humidité nécessaire à une bonne végétation et constitue par conséquent une qualité précieuse dans beaucoup de circonstances. Schübler, dont le nom revient si souvent dans l'étude des propriétés physiques des terres, opérait en plaçant 5 gr. de chacun des échantillons qu'il voulait expérimenter sur de petits plateaux de 0^m,036 de côté, disposés sous une cloche plongeant dans l'eau à sa partie inférieure. Il suffisait de peser, après différents intervalles de temps, les plateaux et leur contenu pour se rendre compte de ce que chaque échantillon avait absorbé d'eau. Le terreau se place en première ligne sous le rapport de la propriété qui nous occupe; de sorte que certains agronomes ont proposé de prendre pour mesure de la valeur d'un sol sa propriété d'attirer l'humidité. Mais on comprend qu'on ne saurait ainsi faire abstraction de la composition du terrain, de son exposition et de ses autres propriétés, sans s'exposer à commettre de graves erreurs.

Voici, du reste, les nombres obtenus dans quelques expériences faites comme on vient de l'indiquer :

	Absorption après :			
	12 heures.	24 h.	48 h.	72 h.
Sable siliceux.	0,000	0,000	0,060	0,000
Sable calcaire.	0,040	0,045	0,045	0,045
Terre du Jura.	0,074	0,095	0,100	0,100
Terre d'Hoffwil.	0,081	0,110	0,145	0,145
Glaise maigre.	0,105	0,130	0,140	0,140
Glaise grasse.	0,125	0,150	0,170	0,175
Terre calcaire fine.	0,130	0,155	0,175	0,175
Terre argileuse.	0,150	0,180	0,200	0,205
Terre de jardin.	0,175	0,220	0,250	0,260
Argile pure.	0,185	0,210	0,240	0,245
Humus.	0,400	0,485	0,550	0,600

Les terres ne jouissent pas seulement de la propriété d'absorber l'humidité; elles exercent sur les gaz, quand elles sont humides, une action analogue qui a particulièrement été étudiée pour l'oxygène. Quand les terres se dessèchent, elles abandonnent l'oxygène qu'elles avaient en quelque sorte condensé mécaniquement, et ne reprennent la propriété d'absorber ce gaz qu'autant qu'elles sont humectées de nouveau. L'absorption du gaz oxygène, comme on vient de le dire, se produit sans action chimique quand les terres ne contiennent ni humus, ni fer à un degré inférieur d'oxydation; mais quand ces dernières substances existent dans un terrain, les choses se passent d'une manière bien différente. L'oxygène, en agissant sur l'humus, le transforme en eau et acide carbonique, qui, entraîné par la sève, ou dégagé dans l'atmosphère, favorise énergiquement le développement des plantes. La suroxydation du fer ne paraît pas moins importante; elle a lieu non-seulement par l'action directe du gaz oxygène, mais aussi par la décomposition de l'eau, pendant laquelle l'hydrogène naissant se combine à de l'azote, pour former de l'ammoniaque, dont on connaît la puissante influence sur les végétaux.

L'absorption de l'oxygène par la terre humide a été souvent étudiée; nous indiquerons seulement ici quel-

AGRICULTURE.

ques expériences de Schübler, bien qu'elles laissent beaucoup à désirer. Le contact des substances durait trente jours :

Absorption d'oxygène en poids pour 100,000 parties ou poids de la terre.	
Sable siliceux.	4,6
Sable calcaire.	5,6
Glaise maigre.	9,3
Terre calcaire fine.	10,8
Glaise grasse.	14,0
Terre argileuse.	13,6
Terre arable du Jura.	15,2
Argile pure.	15,3
Terre arable d'Hoffwil.	16,2
Terre de jardin.	18,0
Humus.	20,3

Propriétés calorifiques des terres. La constitution physique des terres et leur composition chimique influent considérablement, et sur leur propriété de retenir la chaleur, et sur leur calorifique spécifique. On n'a pas d'expériences bien précises sur ce sujet, et les observateurs ne semblent pas s'être assez préoccupés de distinguer les différents éléments de la question. On s'est borné à échauffer, à une même température, des poids égaux de différentes terres, à les laisser refroidir d'un même nombre de degrés, après les avoir renfermés dans des vases semblables, et à noter le temps nécessaire à ce refroidissement. La faculté de retenir la chaleur est proportionnelle à ce temps. On comprend que les résultats ainsi obtenus sont assez peu comparables. Voici cependant l'ordre dans lequel Schübler range, sous ce rapport, les terres soumises à ces expériences :

Faculté de retenir la chaleur.	
Sable calcaire.	400
Sable siliceux.	956
Glaise maigre.	769
Terre du Jura.	743
Glaise grasse.	714
Terre d'Hoffwil.	704
Terre argileuse.	684
Argile pure.	667
Terre de jardin.	648
Terre calcaire.	618
Terreau.	490

L'échauffement des terres par la chaleur solaire est une propriété bien plus intéressante, au point de vue pratique, que celle dont on vient de parler. Cet échauffement dépend, pour un même lieu, de la nature de la surface du sol, de sa composition chimique, de son degré d'humidité, et enfin de l'inclinaison sous laquelle il reçoit les rayons calorifiques.

La couleur du sol exerce sur son échauffement une très grande influence. Les cultivateurs ont remarqué qu'à égalité d'exposition, les sols colorés donnaient des récoltes plus hâtives que les sols blancs; que le vin des premiers était plus généreux que celui des seconds. Les jardiniers recouvrent souvent leurs planches de terreau et de matières noires, pour activer la maturité des fruits et des légumes. C'est encore en se fondant sur cette propriété que l'on a souvent recommandé de peindre en noir les murs d'espalier. Cette coutume, du reste, n'est pas également applicable dans toutes les contrées; elle tend plutôt à régulariser le climat dans lequel vivent les fruits qu'à le rendre plus chaud par moments. Elle paraît dès lors convenir davantage aux pays chauds qu'aux contrées du Nord, où les murs blancs, en rejetant sur les fruits toute la chaleur du jour, peuvent favoriser leur développement et leur maturité.

La composition chimique du sol paraît presque sans

AGRICULTURE.

action sur l'échauffement des terres par le soleil. Différents terrains ramenés à avoir une surface de même espèce n'ont présenté que des différences de température n'excédant pas 2° à 3°.

L'état de sécheresse ou d'humidité d'un terrain exerce au contraire sur son échauffement une grande influence. Les mêmes terrains, desséchés ou humides, ont présenté, dans des expériences faites avec soin, des différences de 7 à 8°. L'évaporation qui se produit à la surface des terrains humides doit être pour beaucoup dans l'abaissement de température dont il s'agit.

On n'insistera pas davantage sur l'examen des propriétés physiques et chimiques des terrains, considérées d'une manière abstraite. On a pu voir combien il reste de questions à éclaircir, de points à étudier sur cet intéressant sujet. Quelques-unes des méthodes d'expériences indiquées dans ce qui précède exigent des recherches assez délicates et n'offrent jusqu'à présent qu'un intérêt scientifique; mais le plus grand nombre présente, au contraire, un caractère de simplicité et d'utilité pratique facile à apprécier. L'essai chimique des terres, la détermination de leur densité et de leur degré de fraîcheur, sont autant d'opérations faciles à exécuter, et qui fournissent tous les renseignements nécessaires pour arriver à une juste appréciation des qualités d'un terrain.

On comprend du reste, sans qu'il soit en quelque sorte besoin de l'indiquer, que l'on doit toujours procéder dans ces études par voie de comparaison, c'est-à-dire, en soumettant aux essais et la terre dont on veut apprécier les qualités, et une terre prise dans des localités voisines et dont les propriétés sont bien connues et établies par une longue suite d'observations.

Il ne reste plus, pour compléter l'étude générale des terres et résumer l'ensemble des notions précédentes, qu'à dire quelques mots de la classification des terres arables.

IV. CLASSIFICATION DES TERRES ARABLES.

Les terres arables présentent dans leurs caractères et leurs propriétés une variété infinie. Tous les auteurs qui se sont occupés d'agriculture ont senti le besoin d'une bonne classification des terrains et ont essayé de les partager en familles et en groupes, d'établir une nomenclature claire et précise permettant de reconnaître un terrain par son nom, ou de donner un nom à un sol jouissant de propriétés connues. Aucune des tentatives faites jusqu'à présent, il faut bien l'avouer, n'ont atteint complètement le but proposé. Dans chaque localité, n'ayant à comparer qu'un petit nombre d'espèces et de variétés, on arrive facilement à des dénominations suffisamment précises dans le cercle auquel on les applique, mais tout à fait insuffisantes quand il s'agit de les étendre à d'autres contrées.

On n'essayera pas d'indiquer ici les divers systèmes de classifications des terres successivement proposés: les uns sont exclusivement fondés sur la constitution chimique des terrains, ou sur leurs propriétés physiques; les autres ne tiennent compte que de la nature des produits cultivés; d'autres, enfin, cherchent à employer une méthode mixte et à considérer à la fois un ensemble de caractères déduits de considérations de plusieurs genres. Il suffira d'indiquer les méthodes de classification les plus généralement suivies par les auteurs qui se sont occupés dans ces derniers temps des questions de cette nature.

Dans quelques publications récentes on s'est borné à distinguer seulement: 1° les terres fortes ou compactes; 2° les terres franches ou normales; 3° les terres légères; 4° les terres très maigres ou sablonneuses; 5° les

AGRICULTURE.

terres de natures exceptionnelles, telles que les tourbes, les dunes, etc. Il est inutile d'insister sur tout ce que présente de vague et d'insuffisant une pareille classification; on conçoit qu'il est impossible de l'appliquer avec succès dans toute étude tant soit peu précise.

Une classification plus complète a été proposée par M. Oscar Lœclerc-Thouin, dans la *Maison rustique du dix-neuvième siècle*, et reproduite depuis lors, avec quelques légers changements, par la plupart des ouvrages élémentaires d'agriculture. Voici, en résumé, les divisions adoptées par l'auteur que nous citons. Elles répondent assez bien, dans leur ensemble, aux dénominations usuelles consacrées par l'habitude et employées par beaucoup de cultivateurs :

- A. Sols argileux.
 - 1. Argile pure.
 - 2. Argilo-ferrugineux.
 - 3. Argilo-calcaire.
 - 4. Argilo-sableux. } Terres fortes. — franches.
- B. Sols sableux.
 - 1. Sablo-argileux.
 - 2. Quartzeux et graveleux.
 - 3. Granitiques.
 - 4. Volcaniques.
 - 5. Sablo-argilo-ferrugineux.
 - 6. Terre de bruyère.
 - 7. Sable pur.
- C. Sols calcaires.
 - 1. Sable calcaire.
 - 2. Crayeux.
 - 3. Tuffeux.
 - 4. Marneux.
- D. Sols tourbeux et marécageux.
 - 1. Tourbeux.
 - 2. Uligineux.
 - 3. Marécageux.
- E. Sols magnésiens.

Nous indiquerons en peu de mots les caractères essentiels des cinq grandes classes du tableau précédent et de leurs principales subdivisions :

A (1). L'argile existe en forte quantité dans tous les sols de cette classe et leur imprime, à un plus ou moins haut degré, suivant sa proportion, les caractères qui lui sont propres. Les terres argileuses ont beaucoup de ténacité et de compacité; elles restent en masses consistantes après le labour et exigent un travail fréquent et pénible. Par la cuisson, les fragments de terre argileuse deviennent très durs et sonores comme de la brique.

Les terrains de cette espèce retiennent l'eau avec beaucoup de force, et leur assainissement présente souvent de très grandes difficultés. La sécheresse y produit des gerçures profondes, les resserre fortement, et s'oppose ainsi au développement des racines des végétaux. Les défauts que l'on vient de signaler appartiennent aux terrains d'argile presque pure; mais ils disparaissent plus ou moins complètement lorsque cette substance est intimement mêlée de sable et de calcaire, qui lui donnent des qualités précieuses pour la culture, lorsqu'ils existent en quantités convenables dans le sol, comme cela arrive dans quelques-unes des variétés suivantes.

(2) Les terres *argilo-ferrugineuses* contiennent une plus ou moins forte proportion de fer; elles acquièrent par la cuisson une couleur rouge brun très prononcée. A l'état naturel, elles sont noires, rouges ou jaunes; ces dernières sont généralement fort impropres à la culture.

Comme exemple de composition de terrain argilo-ferrugineux, nous rapporterons l'analyse d'une terre d'une île de la Seine, en amont de Rouen, par M. J. Girardin :

AGRICULTURE.

Sable fin.	Siliceux.	11,28
	Calcaire.	6,77
Déchets organiques grossiers et coquilles.		4,00
Matières solubles dans l'eau.	Humus soluble azoté.	0,85
	Carbonate et chlorures alcalins.	
	Sulfate alcalin et sels magnésiens.	
Terre tenue.	Humus insoluble.	17,30
	Argile.	34,60
	Calcaire avec carbonate de magnésie.	42,18
	Peroxyde de fer.	46,02
		400,00

(3) Les terres *argilo-calcaires* se partagent en plusieurs variétés, suivant l'état de division du calcaire. Lorsqu'il est en petits fragments, le terrain se rapproche, quant à ses propriétés physiques, des terres argilo-sableuses; lorsque, au contraire, le calcaire se trouve dans un état d'extrême division, il constitue une argile marnuse, terrain qui absorbe l'eau avec une grande facilité et la retient avec une telle énergie, qu'il est à peu près impropre à la culture dans les pays humides, ou dans les années pluvieuses.

(4) La lévigation extrait des terres argilo-sableuses une plus ou moins grande proportion de sable. On les partage en terres fortes et en terres franches; ces dernières renferment de 10 à 30 p. 100 de calcaire et autant de sable. Elles conviennent à la plupart des végétaux usuels et jouissent habituellement d'une assez grande fertilité.

B. Les sols sableux possèdent des propriétés opposées à celles des sols argileux. Ils sont légers, ne présentent aucune consistance, n'adhèrent pas aux instruments. Ils se dessèchent avec une facilité si grande, qu'ils ne peuvent souvent produire aucune récolte sans le secours des irrigations.

(1) Les sols *sablo-argileux* se fondent, par des transitions insensibles, avec la dernière variété de la première classe. On place dans l'espèce qui nous occupe les terrains les plus fertiles et les plus propres à la culture, telles que les alluvions récentes de nos principales vallées. Tous les engrais conviennent à ces terrains, déjà riches, en général, en matières organiques et en calcaire.

(2) Les terres *quartzeuses*, composées de cailloux ou de graviers plus ou moins volumineux, sont peu propres à la culture. Elles acquièrent cependant une grande valeur si l'ensemble des circonstances locales permet, comme dans le Bordelais, d'y cultiver la vigne, dont les racines pénètrent assez profondément pour trouver dans ces sols arides une nourriture suffisante, ou bien encore si le voisinage d'un cours d'eau permet d'y appliquer les procédés du colmatage ou du terremment.

(3 et 4) Les sols *granitiques* et *volcaniques* proviennent, comme leurs noms l'indiquent, de la décomposition plus ou moins complète des roches de granite, ou des produits d'éruptions volcaniques anciennes ou modernes.

Les terrains produits par la décomposition de granites feldspathiques, quand ils acquièrent une épaisseur convenable, comme dans certaines parties du Limousin, sont d'une grande fécondité. Mais ces circonstances heureuses se présentent rarement, et, dans le plus grand nombre des cas l'abondance des fragments siliceux enlève aux terrains granitiques toute leur fertilité.

Les terrains volcaniques présentent presque toujours une grande valeur; ils constituent d'excellentes terres cultivables quand ils possèdent une certaine humidité. La belle plaine de la Limagne d'Anvergne offre, en France, l'exemple le plus remarquable de cette espèce

de sol. La couleur foncée du terrain lui permet d'absorber la chaleur avec facilité, et la nature du sous-sol assure à la couche superficielle une fraîcheur continue.

(6) La terre de bruyère est un mélange de sable fin siliceux et de terreau, qui lui donne une couleur foncée et des propriétés particulières. Ce genre de sol ne joue jusqu'à présent qu'un rôle très secondaire dans la grande culture; il est trop aride en été et généralement trop peu profond. Il occupe cependant en France d'assez vastes étendues pour attirer l'attention des cultivateurs, et se trouve souvent assez à proximité des moyens d'amélioration qui lui sont propres pour mériter une étude sérieuse.

L'analyse suivante, due à M. Payen, peut donner une idée de la composition de cette espèce de terre; elle s'applique à un échantillon pris à Meudon, près Paris :

Sable de grès.	62,0
Racines et débris végétaux.	20,0
Humus.	16,0
Matière soluble à l'eau froide.	4,2
Carbonate de chaux	0,8
	400,0

(7) Le sable siliceux pur reconvre, sur quelques parties des côtes de France, de vastes étendues. Longtemps délaissées comme improductives, les dunes commencent à préoccuper sérieusement l'opinion, depuis que les travaux de Brémontier ont prouvé la possibilité de les fixer et de les planter en pins, et que d'autres essais ont établi que l'on pouvait, avec de l'eau, en tirer un excellent parti. En Belgique et en Hollande, on voit des terrains de sables, ensemencés en spergule, fournir d'abondantes récoltes de ce fourrage et se transformer peu à peu, sous l'influence d'une culture éclairée, en sols d'une qualité remarquable. On reviendra plus loin sur ce sujet, en indiquant les procédés de fixation et d'amélioration des landes de Gascogne.

C. Les sols calcaires sont ceux où le carbonate de chaux se rencontre en proportion prépondérante. Ces sols sont maigres, arides, et généralement peu fertiles. Leur couleur, ordinairement blanche, les empêche d'absorber la chaleur solaire. Ils consomment les fumiers avec une grande rapidité. Il convient, autant que possible, de leur appliquer les engrais à l'état de composts, formés avec l'argile et le terreau recueillis dans les mares et fossés où se dirigent les eaux pluviales qui ont arrosé des terres de meilleures qualités. Une partie de la Champagne est formée d'un sol crayeux qui imprime à tout le pays une stérilité que remarque l'observateur le moins attentif.

Il est inutile d'examiner les sous-divisions de ce groupe de terrains, heureusement assez peu répandus en France.

D. Les sols tourbeux ou marécageux, dans leur état naturel, sont ordinairement impropres à la culture; ils exigent presque toujours, pour devenir capables de nourrir les plantes cultivées, des travaux préliminaires et des améliorations que nous indiquerons dans les chapitres suivants.

La tourbe est le produit de la décomposition plus ou moins avancée de végétaux, accumulés, par une cause ou par une autre, sous une couche d'eau. Elle est colorée en brun ou en noir, et présente souvent une assez forte proportion de plantes non encore décomposées. Elle contient de 80 à 93 p. 100 de matières organiques et seulement 7 à 20 p. 100 de matières minérales; sable siliceux, argile, carbonate, sulfate et phosphate de chaux et de magnésie. Les tourbes ne renferment pas d'alcali et présentent, en général, une

réaction acide qui s'oppose au développement de tous les végétaux, autres que les quelques variétés spéciales à ce genre de terrains.

Les sols marécageux, quand ils ont été convenablement desséchés, en leur conservant toutefois des moyens d'arrosage, peuvent fournir d'excellentes terres d'une fertilité souvent remarquable. Les cultures de garance de nos départements méridionaux existent quelquefois dans des terrains de cette nature, riches en matières animales, et assez heureusement placés, par rapport au réservoir inférieur des eaux, pour conserver une humidité permanente et convenable.

E. Les sols magnésiens n'occupent pas en France une étendue assez importante pour qu'il soit nécessaire de s'en occuper ici. Ils sont, au contraire, assez abondants en Angleterre et en Italie. Ils proviennent de la décomposition d'une espèce de dolomie. Ils se dissolvent lentement dans l'acide chlorhydrique faible, et l'ammoniaque précipite abondamment la solution. Ces caractères suffisent pour les distinguer des sols calcaires.

M. de Gasparin, dans son grand ouvrage, propose une classification nouvelle des terrains, assez différente de celle que nous venons de faire connaître. Cette classification est loin d'être généralement adoptée; mais elle présente un caractère remarquable de netteté scientifique que tous nos lecteurs apprécieront.

Voici le tableau synoptique des divisions adoptées par M. de Gasparin :

A.	{	Terrains renfermant l'élément calcaire.	1. Limons (loams).	{ Inconsistants.
				{ Meubles.
				{ Tenaces.
			2. Argilo-calcaires.	{ Argileux.
		{ Calcaires.		
		3. Craies.	{ Fraîches.	
			{ Sèches.	
		4. Sables.	{ Meubles.	
			{ Inconsistants.	
B.	{	Terrains ne renfermant pas l'élément calcaire.	1. Siliceux.	{ Secs.
				{ Frais.
		2. Glaiseux.	{ Inconsistants.	
			{ Micacés.	
			{ Schisteux.	
			{ Volcaniques.	
			{ Sablonneux.	
			{ Tenaces.	
		C. Argiles.		
		D. Terreux.	{ 1. Doux.	{ Terre de bruyère.
			{ 2. Acides.	{ Terre de bois.
				{ Tourbe.

Les caractères propres de ces différentes classes de terrains sont les suivants :

A. Les terrains renfermant l'élément calcaire font effervescence avec les acides.

1. Les limons, après avoir été traités par l'acide nitrique ou chlorhydrique, donnent un résidu d'argile et de silice libre, qui séparées par la lévigation forment au moins chacune un dixième du poids de la terre.

Les limons se couvrent naturellement d'herbes, parmi lesquelles dominent les bonnes graminées; ils offrent aux plantes un point d'appui suffisamment solide, et ont assez d'affinité pour l'eau pour entretenir autour des racines une fraîcheur convenable. Ils sont d'ailleurs inconsistants, meubles ou tenaces, selon que l'argile y existe en proportion plus ou moins considérable.

Comme exemples de composition de terrains appar-

AGRICULTURE.

tenant à la classe qui nous occupe, on peut citer les analyses suivantes :

Terre d'alluvion formée par le Rhône, à Gabet, près Orange.

Terreau.	4,0
Carbonate de chaux.	43,5
Argile.	32,5
Silice libre.	20,0
	400,0

Limon meuble de la rive gauche du Volga, analysé par M. Payen.

Silice	71,56
Alumine.	41,40
Oxyde de fer.	5,62
Chaux.	0,80
Magnésie.	4,22
Chlorures alcalins.	4,24
Acide phosphorique.	traces
Matière organique (2,45 p. 0/0 d'azote).	6,95
Perte.	4,24
	400,00

Limon tenace du Nil, analysé par M. Lassaingne.

Silice.	4
Argile.	48
Oxyde de fer.	6
Carbonate de chaux.	48
Carbonate de magnésie.	4
Terreau.	9
Eau.	44
	400

2. Les terres *argilo-calcaires* contiennent plus d'un dixième de carbonate de chaux; le résidu de l'action des acides ne contient pas un dixième de sable siliceux libre séparable par lévigation. Les terres de cette classe appartiennent à la première subdivision du tableau synoptique quand elles renferment au moins 50 p. 100 d'argile, et à la seconde quand elles contiennent au moins 50 p. 100 de carbonates. Les terres argilo-calcaires se subdivisent encore en *tenaces*, *meubles* et *inconsistentes*.

3. Les *crâies* renferment au moins 60 p. 100 de carbonate de chaux et au plus 40 p. 100 d'argile. Ces terrains sont généralement infertiles. Ils sont froids, légers et ne conservent pas les fumiers.

Analyse d'un terrain crayeux de Brimont, près Reims, par Barruel.

Carbonate de chaux.	66,7
Phosphate de chaux.	2,0
Hydrate de peroxyde de fer.	2,0
Alumine.	2,3
Sable siliceux.	27,0
	400,0

Les *crâies* sont *fraîches* quand la position du réservoir des eaux inférieures leur permet de conserver l'été 0,4 d'humidité, à 0^m,30 de profondeur. Dans le cas contraire, elles sont *sèches*, et présentent tous les inconvénients de leur nature.

4. Les *sables calcaires* renferment au moins 0,50 de sable calcaire ou siliceux, ne passent pas à travers un crible dont les trous ont un demi-millimètre de diamètre. Quand le sable prédomine dans le terrain, il est *inconsistent*; quand ils renferment un peu d'argile et de craie fine, ils peuvent acquérir une certaine consistance et se classer dans les terres *meubles*.

B. Les terrains *ne renferment pas de calcaire* ne font point effervescence avec les acides

AGRICULTURE.

1. Les terrains *siliceux* donnent au moins par la lévigation 0,55 de silice libre.

2. Les terrains *glaiseux* fournissent par la lévigation au moins 0,45 d'argile et 0,10 de silice libre.

C. Les *argiles* renferment au moins 0,85 d'argile et de la silice libre. Elles sont impropres à la culture.

D. On range parmi les *terreaux* les terres qui, préalablement desséchées, perdent plus d'un cinquième de leur poids par la combustion. Les sous-divisions sont suffisamment définies par leurs noms mêmes, sans qu'il soit nécessaire de les étudier avec détails.

La nature des plantes qu'un terrain produit naturellement est l'un des caractères les plus propres à déterminer ses propriétés. C'est un renseignement précieux qui permet souvent d'apprécier la valeur d'une terre que l'on veut mettre en culture, et qu'il ne faut jamais négliger de fournir, quand on veut faire connaître par une description les qualités d'un sol donné.

Nous avons pensé qu'il serait utile de présenter, dans le tableau suivant, en regard des principaux types de terrains, les noms de quelques-unes des plantes dont la végétation spontanée caractérise le mieux chacun d'eux.

DÉSIGNATION du terrain.	PLANTES SAUVAGES caractéristiques.
Terrains argileux.	Tussilage pas d'âne. Laitue vireuse. Sureau yèble. Lotier corniculé. Orobe tubéreux. Agrostis traçante. Chicorée sauvage.
Terrains argilo-calcaires.	Anthyllide vulnéraire. Potentille anserine. Potentille rampante. Mélisse bleue. Laitue vivace. Sainfoin cultivé. Chondrilla joncée Frêne commun.
Terrains calcaires.	Brunelle à grandes fleurs. Boucage saxifrage. Germandrée petit chêne. Gaude. Potentille printanière. Coquelicot. Seslerie bleuâtre. Chardons. Globulaire commune. Noisetier commun.
Terrains sableux.	Jasione des montagnes. Elyme des sables. Statice des sables. Laiche des sables. Roseau des sables. Fléole des sables. Sablina pourpre. Canche. Fétuque rouge. Drave printanière. Oseille petite. Agrostide. Spergule des champs. Réséda jaune. Bouleau. Pin maritime.

DÉSIGNATION du terrain.	PLANTES SAUVAGES caractéristiques.
Terrains constamment submergés.	Mâcre.
	Fétuque flottante.
	Laïches.
	Scirpes.
	Souchets.
	Nénuphars.
	Roseau à balais.
	Fléchière.
	Plantin d'eau.
Terrains non constamment submergés.	Menthe poivrée.
	Épilobes.
	Spirée ulmaire.
	Menthe aquatique.
	Jones.
	Laïches.
	Prêles.

Les deux classifications des terrains agricoles que l'on vient d'exposer, assez différentes en apparence, présentent au fond une certaine analogie, et il ne serait pas difficile, pour les personnes qui désireraient le faire, d'établir la synonymie à peu près exacte des principales dénominations employées. Mais on ne saurait s'empêcher de reconnaître que les noms adoptés par les auteurs des différentes méthodes de classification des terrains, sont ou trop peu précis, ou trop peu répandus, pour qu'il soit possible de reconnaître avec certitude la nature d'un sol par l'énoncé du nom qui lui est attribué. Il est donc indispensable, toutes les fois que l'on veut faire connaître un terrain, d'en donner une description complète, fournissant sommairement, comme le recommande M. de Gasparin, les indications suivantes :

- 1° La situation topographique du terrain ;
- 2° Son altitude au-dessus de la mer ;
- 3° La place que le terrain occupe dans la classification adoptée ;
- 4° La position géologique, le genre de formation des terrains agricoles dont il dépend ;
- 5° Sa pesanteur spécifique ;
- 6° Sa ténacité ;
- 7° Son hygroscopicité ;
- 8° Sa fraîcheur ;
- 9° Sa couleur à l'état sec ou humide ;
- 10° Son analyse, précédée de la séparation par criblage et lévigation, et de l'examen microscopique des différents lots ;
- 11° L'épaisseur du sol, la nature du sous-sol, la profondeur du réservoir inférieur des eaux ;
- 12° L'inclinaison de la surface, son exposition ;
- 13° Ses abris, leur direction, leur hauteur ;
- 14° Les circonstances accidentelles prévues, inondations, gelées, etc. ;
- 15° Les plantes sauvages les plus communes ;
- 16° L'état de la végétation des arbres et des plantes cultivées ;
- 17° Le prix de l'hectare, du fermage, l'assolement, l'état des voies de communication et des débouchés, l'impôt, les charges, etc.

On vient de donner sur la classification des terrains tous les renseignements nécessaires, quant à présent. L'examen des cultures et des amendements les plus propres à chaque espèce de sol se trouvera naturellement dans les chapitres suivants. Quant à l'appréciation de la valeur des terres, que beaucoup d'auteurs placent à la suite de la classification des terrains, nous

croions devoir la renvoyer au chapitre IX, parce que cette question ne saurait être convenablement traitée avant l'exposé des considérations économiques et commerciales qui se rattachent à l'estimation des produits.

Troisième section. — Météorologie agricole.

Après avoir étudié avec détails, comme on vient de le faire, les terrains agricoles dans lesquels se développent les racines des végétaux, il convient de s'occuper des propriétés de l'atmosphère au milieu de laquelle ils étendent leurs rameaux et leurs feuilles, et d'examiner les principaux phénomènes météorologiques qui exercent sur la végétation une si puissante influence.

Nous devons dans cette partie de notre travail, comme dans les précédentes, renvoyer aux traités spéciaux pour l'étude détaillée des phénomènes, en nous bornant à un résumé succinct des faits d'un intérêt pratique et à l'indication des méthodes d'observations les plus simples et les plus usuelles.

La météorologie en général, et surtout l'application à l'agriculture de cette branche importante de la physique, est encore fort peu avancée. L'absence d'observations assez multipliées se fait sentir à chaque instant et ne permet pas, jusqu'à présent du moins, de formuler avec certitude les lois les plus fondamentales. On commence cependant à comprendre l'utilité des observations météorologiques, et tout fait espérer que les louables efforts de quelques physiiciens, qui s'occupent spécialement de propager ce genre d'études, parviendront à le rendre plus général. Mais on doit reconnaître que les observations isolées, sans direction commune, faites par des méthodes différentes, ne peuvent apporter à la science que des données bien imparfaites et souvent trompeuses, et que pour arriver à des notions positives il serait indispensable d'établir des observatoires météorologiques plus ou moins nombreux, pourvus d'instruments comparables, établis et employés sous la direction de l'observatoire principal de chaque contrée, avec le concours effectif de l'État. Cette idée si souvent et, à notre avis, si justement soutenue, ne présenterait, du reste, aucune difficulté réelle d'exécution et n'exigerait en France qu'une dépense insignifiante, puisque l'administration pourrait trouver, dans les différents corps savants qu'elle emploie, un grand nombre d'hommes qui se chargeraient avec empressement d'observations de cette espèce, si on leur fournissait seulement les appareils et l'emplacement nécessaires. Le plus grand nombre des observations udométriques connues jusqu'à présent sont dues à des ingénieurs de l'État. Rien ne serait plus facile que de multiplier les études de cette espèce, sans entraver en aucune façon les travaux habituels des services, et d'arriver ainsi, en fort peu de temps, à une connaissance exacte de cet élément important de notre climat.

La nature des éléments fixes et variables de l'air a déjà été indiquée. On ne reviendra point ici sur ce sujet, et on se bornera à l'examen rapide des principaux phénomènes atmosphériques qui agissent directement sur la végétation.

I. CALORIQUE.

Le calorique exerce, comme tout le monde le sait, l'action la plus directe sur la végétation. Mais avant d'étudier les effets mêmes de cet agent sur les plantes, quelques explications sont nécessaires.

La température moyenne d'un jour est la somme des températures observées à différentes époques équidistantes de la journée, divisée par le nombre des observations. Plus les observations sont rapprochées, et plus le quotient ainsi obtenu approche de la moyenne absolue.

AGRICULTURE.

On a reconnu, par un assez grand nombre d'observations, que la moyenne de la journée est à peu près la moyenne des températures observées à huit heures du matin et à huit heures du soir, ou plus exactement la moyenne des températures de quatre heures et de dix heures du matin, et de quatre heures et de dix heures du soir.

La température moyenne des mois et des années s'obtient en faisant la somme des températures moyennes de chaque jour, et divisant par le nombre des termes ainsi ajoutés.

La température moyenne d'un lieu dépend d'un très grand nombre de circonstances, parmi lesquelles on remarque particulièrement la latitude de ce lieu, son altitude, la direction des vents régnants, la proximité ou l'éloignement de montagnes, de grandes masses d'eau, de marais ou de forêts, la couleur du sol, l'exposition, etc., etc. On conçoit dès lors que l'expérience peut seule fournir cette donnée, et qu'il est inutile de s'arrêter à l'examen de formules empiriques établies par quelques auteurs, au moyen d'un nombre de renseignements évidemment insuffisant. On peut seulement admettre, comme résultat moyen suffisamment approché, dans la partie de l'Europe que nous habitons, que, toutes choses égales d'ailleurs, la température décroît de un degré centigrade par 160 mètres environ d'élévation.

L'ensemble des lieux jouissant de la même température moyenne, en les supposant ramenés à une même altitude, forme ce qu'on appelle une ligne *isotherme*. Les lignes de cette espèce ne sont encore que très vaguement et très imparfaitement tracées à la surface du globe, et même en Europe. On appelle lignes *isothermes* le lieu des points d'égales températures moyennes d'été, et lignes *isochimènes* le lieu des points d'égales températures moyennes d'hiver. Les tracés des lignes isothermes, isochimènes et isochimènes diffèrent beaucoup les unes des autres. Les deux dernières classes de lignes sont encore plus mal connues que la première. Elles présenteraient cependant, au point de vue agricole, un plus grand intérêt; mais les observations sont loin d'être assez nombreuses pour permettre de les déterminer, même d'une manière approximative.

La température moyenne annuelle de la partie habitée de la France paraît être de 12° environ. La plus basse température qu'on y ait observée a été de 28°, 1, le 3 février 1830, à Mulhouse. La plus haute température constatée à l'ombre, également en France, a été observée à Orange, en juillet 1830, par M. de Gasparin; le thermomètre s'est élevé à 40°, 2.

Les différences entre les températures moyennes de l'hiver et de l'été et les maximum et minimum de chaque jour, sont d'autant moins fortes que l'on s'approche davantage des bords de l'Océan ou de la Méditerranée. Ainsi, tandis que la différence des températures moyennes de l'hiver et de l'été est à peu près de 13° dans les villes de l'intérieur de la France, telles que Strasbourg, Dijon, etc., elle se réduit à 4° ou 4½° dans les villes dont la distance à la mer n'excède pas 230 kilomètres, comme Poitiers, La Rochelle, etc., et reste même notablement au-dessous de cette limite dans beaucoup de points de notre littoral.

Les chiffres précédents se rapportent à la température de l'air, mais ce milieu transparent laissant passer plus ou moins facilement les rayons lumineux et calorifiques, n'atteint pas la même température que la terre et les végétaux qui vivent à sa surface. La chaleur solaire, ainsi reçue par les plantes, augmente très notablement leur température moyenne et les place dans des conditions beaucoup plus avantageuses à leur développement que celles qui résulteraient de la température seule de l'air, à la latitude du lieu qu'elles occupent. D'après un grand nombre d'observations

AGRICULTURE.

faites ou réunies par M. de Gasparin, la moyenne annuelle de chaleur atmosphérique étant à Paris de 10°, 8, à Peisseberg de 5°, 65 et à Orange de 13°, 1, la chaleur solaire est de 14°, 0 à Paris, de 9°, 45 à Peisseberg et de 19°, 9 à Orange; ce qui donne une augmentation de 3°, 2 dans la première localité, de 3°, 80 dans la seconde et de 6°, 8 dans la dernière. Ces différences, déjà très considérables, prendront une plus grande importance encore si l'on se borne à observer l'influence de la chaleur solaire pendant le printemps, époque où la végétation commence à se développer. On trouve, en effet, les résultats suivants :

Températures moyennes du printemps.

Lieu d'observation.	à l'ombre.	au soleil.	Différence.
Paris.. . . .	10,60	14,80	4,20
Peisseberg. .	8,20	19,32	11,12
Orange.. . . .	12,00	19,40	7,40

Les chiffres précédents suffiront pour indiquer l'importance de la chaleur solaire sur les plantes et démontrer la nécessité de tenir compte de cet élément dans l'établissement des climats agricoles. L'évaporation qui se produit à la surface de la terre humide abaisse d'ailleurs, d'une manière plus ou moins notable, sa température au-dessous de celle des tiges et des parties sèches des végétaux, ce qui établit entre les racines et les autres parties des plantes une différence de température probablement fort utile au mouvement de la sève et au développement de leurs fonctions vitales.

La quantité de chaleur absorbée par le sol est d'autant plus considérable, toutes choses égales d'ailleurs, que la direction des rayons solaires est plus voisine de la perpendiculaire à la surface, au point considéré. On conçoit, d'après cela, que les terrains inclinés au sud doivent avoir une température moyenne supérieure à celle des terrains exposés au nord; et l'on s'explique facilement les différences qui existent entre la valeur de terres voisines, par le fait seul de leur exposition plus ou moins avantageuse. L'étude complète de l'influence de l'inclinaison d'un terrain sur sa température exige quelques calculs qu'il serait inutile de reproduire maintenant.

Les températures moyennes, soit annuelles, soit même diurnes, sont loin d'exercer sur la végétation l'influence qu'on serait naturellement porté à leur attribuer, et ne donnent que des notions extrêmement incertaines sur le climat agricole d'une contrée déterminée. On conçoit, en effet, que la même température moyenne peut résulter de l'addition de températures extrêmes fort différentes. Les *maxima* et les *minima* absolus de températures, ou les moyennes de ces valeurs extrêmes, ont un intérêt bien plus direct et bien plus appréciable.

La température s'élève rarement assez dans nos climats pour exercer sur les plantes, pourvu qu'on leur fournisse une humidité suffisante, une action nuisible. Nos végétaux souffrent bien plus souvent de l'absence que de l'excès de la chaleur; nous n'avons donc rien à dire, quant à présent, sur les effets des *maxima* de température. Il n'en est pas de même des températures *minima*, qui produisent si souvent en France des ravages effrayants.

L'action du froid sur les végétaux dépend de son intensité, de sa durée, de l'époque où il a lieu, et des circonstances qui accompagnent le retour d'une température plus élevée.

Le degré de froid qui suspend la végétation dans une plante et détruit ses organes, varie avec la nature et les parties de cette plante exposées à la gelée. Les jeunes pousses de chêne, par exemple, résistent souvent à une température inférieure à zéro, qui fait pé-

rir celles du figuier, et les plantes de serre ne peuvent supporter un froid de 4°. D'un autre côté, les parties les plus tendres des végétaux, celles qui sont les plus imprégnées de sucs, périssent plus facilement que les parties ligneuses et compactes. Les bourgeons meurent souvent, tandis que les branches résistent; et celles-ci sont quelquefois atteintes sans que le tronc soit affecté. Les racines enfin, protégées par la terre, ne sont ordinairement frappées qu'en dernier lieu. Chaque espèce de plante ne peut probablement supporter qu'un certain minimum de température. Mais il est extrêmement difficile, pour ne pas dire impossible, d'évaluer ce minimum, qui indiquerait une limite absolue à la culture de chaque végétal. Il ne suffit pas, en effet, de savoir que tel arbre est mort sous l'action d'une température déterminée, pour assurer qu'il ne pourra pas vivre et se développer dans un climat où cette même température se produit chaque année, car il pourrait arriver qu'il résistât parfaitement, si la durée du froid et les circonstances du dégel n'étaient pas les mêmes que dans le premier cas.

Les gelées qui ont lieu à une époque avancée de l'année sont toujours les plus funestes aux végétaux : d'abord, parce que la sève, déjà en mouvement, remplit tous les organes, et ensuite parce qu'un réchauffement rapide succède généralement, pendant le jour, au froid de la nuit. Les variations brusques de température, les dégels subits, sont du reste les conditions les plus dangereuses pour les végétaux. Aussi, voit-on souvent, dans le Midi, les plantes périr par un froid peu intense suivi d'un beau soleil, tandis que les mêmes végétaux résistent parfaitement dans les climats du Nord à une gelée beaucoup plus forte suivie de pluie, d'un dégel lent et d'une température encore assez basse.

La température la plus basse de l'année a lieu, en moyenne, vers le 15 janvier, et la plus élevée vers le 15 juillet. Mais entre ces deux points extrêmes, eux-mêmes assez variables, la température ne croît pas d'une manière continue pour décroître ensuite avec la même régularité. Une foule de circonstances locales ou accidentelles produisent de nombreuses irrégularités dans la succession des températures, et une série de maxima et de minima relatifs très différente d'une année à l'autre. L'époque de la floraison des plantes et de la maturation de leurs fruits suit avec assez de régularité les variations de la chaleur des saisons. Tout le monde remarque, en effet, que les récoltes se font beaucoup plus tôt les années chaudes que les années froides. Cette observation, en quelque sorte banale, a conduit les physiiciens et les agronomes à se demander s'il ne serait pas vrai que chaque plante exige pour son entier développement une certaine somme de degrés de chaleur, en relation avec sa nature même. Les observations faites jusqu'à présent tendent à confirmer cette hypothèse, et les faits allégués d'abord pour l'infirmer, analysés avec plus de soin, lui apportent au contraire une remarquable confirmation. Le blé, qui a été plus particulièrement étudié au point de vue que l'on vient d'indiquer, commence à végéter d'une manière sensible quand la température moyenne atteint + 6°; si l'on ajoute les degrés de la température journalière moyenne depuis ce moment jusqu'à celui de la récolte, on trouve une somme de 4604° à Orange et de 4943° à Paris. Mais si au lieu d'ajouter les températures moyennes de l'air, on additionne les températures moyennes solaires, on arrive à des résultats un peu différents et beaucoup plus concordants, savoir : 2432° pour Paris et 2468° pour Orange; c'est donc toujours sur les températures solaires moyennes qu'il convient d'établir les calculs analogues aux précédents. Les résultats, pour devenir comparables dans des lieux dont les latitudes sont très différentes, exigent du reste une correction qu'il convient d'indiquer. A Ly-

gen, par exemple, à 70 degrés de latitude boréale, on obtient, dans les terrains abrités, des récoltes de blé qui germe, se développe et mûrit en soixante-douze jours. La somme des températures moyennes atmosphériques est pendant ce temps de 675°, et la somme des degrés de chaleur solaire de 907°, en tout 1582°. Ce chiffre est de beaucoup inférieur à celui que nous avons indiqué comme nécessaire à la maturation du blé en France. Mais si l'on remarque, que la lumière est nécessaire à la végétation, que le soleil est presque toujours sur l'horizon à Lyngen pendant la période du développement du blé, tandis qu'il n'en est pas de même à Orange ou à Paris, on se rendra compte de cette différence. Cette explication est du reste complètement vérifiée par un calcul très simple. En retranchant de la somme des températures solaires moyennes à Orange les sommes des températures atmosphériques nocturnes, on obtient le nombre 1652°, aussi rapproché qu'il est possible de le désirer, avec les observations imparfaites que l'on possède, du nombre 1582, obtenu pour Lyngen. En résumé, le blé ne peut se développer et fructifier qu'autant que la somme des températures moyennes de la terre au soleil, pendant le temps où la végétation de cette plante est possible, s'élève, pendant le jour, à 1600° environ.

La somme des degrés de température nécessaire au développement des plantes est très variable avec les espèces. Ainsi le maïs exige 4,000 degrés environ de chaleur solaire moyenne en France, tandis que le blé, comme on l'a vu (la chaleur nocturne non déduite), n'en demande que 2,400 environ.

Nous ne terminerons pas ce que nous voulons dire ici sur les températures sans indiquer combien on peut simplifier, au moyen de figures, la représentation des observations météorologiques. Un seul exemple suffira pour le faire comprendre. Nous avons représenté, figure 4, les courbes des températures mensuelles résultant de la moyenne d'un grand nombre d'années d'observations faites à Strasbourg, Paris, Peisseberg, Orange, Chiswick, Helston et Dunino. Ce simple dessin, dont l'inspection suffit pour faire comprendre la construction, est la traduction matérielle de trois ou quatre pages de tableaux numériques, et fournit à l'œil tous les renseignements qu'une étude attentive permettrait seule de saisir dans des colonnes de chiffres.

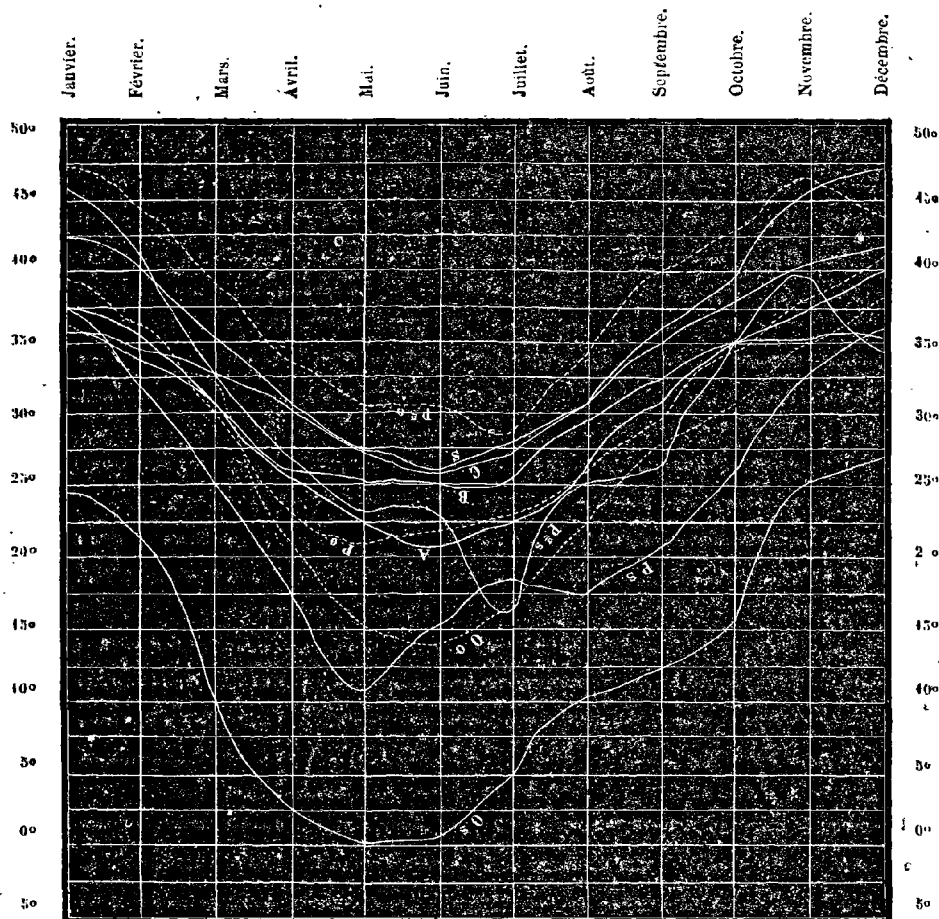
La courbe S représente la suite des températures moyennes mensuelles à Strasbourg, de 1806 à 1820.

Les courbes A, B, C indiquent les températures moyennes observées à Chiswick, Helstone et Dunino.

Les lignes Po, P₅, O, O., indiquent les températures moyennes observées à l'ombre, à Paris, Peisseberg et Orange. Les lignes P.S., P₅.S., O.s., indiquent au contraire les résultats des observations faites au soleil dans les mêmes localités. Ces deux systèmes de lignes permettent d'apprécier clairement ce que nous avons dit de l'influence solaire. Les ordonnées des courbes qui nous occupent sont les moyennes d'observations faites à Paris de 1838 à 1842, à Orange de 1836 à 1842, et à Peisseberg en 1786.

On a dû supprimer dans cette figure, pour ne point trop la compliquer, trois courbes destinées à montrer les différences qui existent entre les moyennes des températures maxima et minima des différents mois de l'année, ainsi que deux courbes indiquant les variations qui se manifestent, entre les températures mensuelles moyennes, d'une année à l'autre.

Il est d'ailleurs inutile d'observer que, faute d'espace, on a dû réduire beaucoup trop l'échelle des mois et même celles des températures. Il convient, en pratique, de prendre pour échelle des longueurs horizontales autant de millimètres par jour que l'on a besoin de consigner d'observations dans cet intervalle. Les papiers quadrillés, que l'on trouve à très bas prix



Echelle des longueurs 0=010 par mois. — Echelle des hauteurs 0=002 par degré centésimal.

Fig. 4.

dans le commerce, permettent de former facilement des tableaux analogues à ceux dont la figure offre un croquis réduit.

Ces tableaux, faciles à dresser par tous les observateurs, fourniraient, s'ils étaient plus nombreux, des renseignements on ne peut plus utiles pour la météorologie et la détermination des climats agricoles. Nous ne citerons qu'un seul exemple de leur application. Supposons que l'on ait la courbe des températures solaires moyennes de chaque jour dans une localité déterminée, et qu'il s'agisse de savoir si la culture du blé est possible dans cette localité. Il suffira, pour répondre à cette question, si les unités ont été convenablement choisis, de tracer une ligne horizontale à 6° au-dessus de la ligne 0°, de mener les ordonnées passant par les points où cette horizontale coupe la courbe des températures, et de s'assurer que l'aire comprise entre ces ordonnées, la courbe et la ligne 0° est supérieure à 1,600 unités de surface. On pourrait, au moyen de la même courbe, déterminer, *a priori*, l'époque de la maturité, le nombre possible de récoltes annuelles, etc. ; mais il est inutile d'insister davantage sur ces applications, qui sont beaucoup plus théoriques que pratiques, le temps que la météorologie agricole ne sera pas plus

riche d'observations bien faites qu'elle ne l'est aujourd'hui.

II. LUMIÈRE, ÉLECTRICITÉ.

La lumière, ou plutôt les rayons chimiques qui l'accompagnent, est indispensable, comme on l'a déjà dit, au développement complet de nos plantes ordinaires. C'est seulement sous l'action de cet agent que se produisent les réactions chimiques auxquelles les plantes doivent leur accroissement, et particulièrement celles qui leur procurent le carbone existant dans leurs tissus. Les végétaux privés de lumière s'étiolent, leurs tiges blanchissent et s'allongent, sans acquérir de solidité et sans produire de graines. Une expérience remarquable de M. de Gasparin établit d'une manière bien nette l'influence de la lumière directe sur la végétation. Cet observateur a choisi trois mûriers aussi semblables que possible ; mais très diversement exposés à la lumière, puisque le premier recevait le soleil toute la journée, que le second n'y était exposé qu'une partie du jour, et que le troisième était constamment à l'ombre. Il a desséché un même poids de feuilles de ces trois arbres, et il a reconnu que les feuilles du premier renfermaient 45 p. 100 de matière solide, que

celles du second en contenaient 36 p. 400, et celles du dernier, enfin, 27 p. 400 seulement.

La nature et la composition de la lumière, au point de vue de ses effets sur la végétation, ont du reste été fort peu étudiées. L'observation démontre que l'état de nébulosité plus ou moins habituel du ciel exerce sur les plantes, et surtout sur les fleurs et les fruits, une action très prononcée; quelques expériences, peu nombreuses il est vrai, faites avec des verres colorés de diverses manières, établissent aussi que toutes les parties du spectre solaire n'agissent pas de la même manière sur les végétaux. Il y a une série de travaux importants à entreprendre dans cette voie; mais on est forcé de reconnaître que, jusqu'à présent, il n'existe pas sur ce sujet de données bien précises, ni de renseignements d'un intérêt pratique.

L'électricité atmosphérique, comme la lumière, joue dans la nature un rôle des plus importants, et exerce sur la végétation une influence qui ne paraît pas douteuse; mais cet agent est encore trop peu connu, au point de vue qui nous occupe, pour que son étude puisse nous offrir un intérêt pratique. Nous ne nous arrêterons donc pas davantage à l'examen des phénomènes électriques qu'à celui des phénomènes lumineux, et nous passerons immédiatement à l'exposition des principaux faits physiques que présente l'air atmosphérique.

III PRESSION DE L'AIR.

La pression de l'air à la surface de la terre s'observe à l'aide du baromètre. Cet instrument, que tout le monde connaît, est l'appareil météorologique le plus habituellement employé par les cultivateurs, en raison des services qu'il peut rendre en fournissant des indications sur la probabilité de la pluie. Le baromètre à cadran ne donne que des indications très imparfaites; l'emploi ne saurait en être recommandé. Un bon baromètre à cuvette ordinaire convient parfaitement pour les besoins usuels. Pour les observations plus précises, on se sert souvent du baromètre à syphon de M. Gay-Lussac, qui fournit des indications fort exactes, et dont le transport ne présente aucune difficulté.

Les observations barométriques se font, à l'Observatoire de Paris, à neuf heures du matin, à midi, à trois heures et à neuf heures du soir. L'observation de midi donne la moyenne du mois et de l'année. Les trois autres observations servent à déterminer les variations horaires.

La pression moyenne du baromètre à Paris, déduite de vingt années d'observations, est de 0^m,756. Les variations horaires sont assez faibles, et ne s'élèvent qu'à quelques dixièmes de millimètre. En moyenne, dans notre climat, la hauteur barométrique atteint son maximum vers neuf heures du matin, et son minimum vers trois heures du soir.

On remarque, en général, qu'un abaissement du baromètre est un indice de pluie, et que son élévation est au contraire un pronostic de beau temps. Il ne faut pas, comme le font certaines personnes, ajouter une confiance absolue à ces indications générales. Un phénomène naturel est la résultante de trop de circonstances différentes pour qu'il soit possible de le prévoir par l'observation d'un seul instrument; mais il est certain que, dans chaque localité, l'examen attentif, prolongé pendant plusieurs années, de la marche d'un baromètre, combinée avec l'étude des vents et de quelques autres phénomènes, conduit aisément à prévoir, avec une grande probabilité, quelques jours d'avance, la chute de la pluie. On ne saurait donc engager trop vivement les agriculteurs à noter chaque jour, à midi, la hauteur du baromètre, et à enregistrer aussi chaque jour de pluie. La construction de tableaux analogues à

celui de la fig. 4 permet de comparer facilement de longues périodes d'observations, et évite la peine d'écrire les hauteurs barométriques en chiffres, puisqu'il suffit d'un simple point marqué sur la ligne verticale du jour, à la hauteur convenable.

M. Prévost a reconnu, par un grand nombre d'expériences, qu'à Genève, sur cent pluies initiales, c'est-à-dire succédant à plusieurs jours de beau temps, il y en avait quatre-vingt-cinq précédées d'un abaissement de 0^m,00045 au moins. A Alais, en 1812, on a trouvé que soixante-neuf pluies sur cent avaient été annoncées par un abaissement du baromètre. D'un autre côté, il résulte, d'une longue série d'observations faites à Montmorency, que les probabilités de pluie ou de neige correspondant à diverses hauteurs du baromètres sont les suivantes :

Hauteur du baromètre.	Probabilité	
	de pluie.	de neige.
m. 0,728 à m. 0,738	0,70	0,22
0,738 0,742	0,58	0,04
0,742 0,751	0,46	0,04
0,751 0,760	0,49	0,04
0,760 0,769	0,08	0,00
0,770 0,774	0,00	0,00

Enfin, d'après M. de Gasparin, vingt-sept années d'observations, de 1813 à 1842, ont conduit, à Orange, aux résultats suivants :

	Pluies avec le baromètre		Ces nombres sont entre eux comme :
	plus bas que la moyenne.	plus haut que la moyenne.	
Décembre.	450	42	400 : 28
Janvier.	462	49	400 : 30
Février.	438	55	400 : 41
Mars.	453	39	400 : 25
Avril.	499	49	400 : 25
Mai.	203	67	400 : 38
Juin.	435	52	400 : 38
Juillet.	400	42	400 : 42
Août.	418	50	400 : 42
Septembre.	462	50	400 : 31
Octobre.	214	58	400 : 27
Novembre.	494	54	400 : 28

Il paraît que l'on pourrait tirer de l'observation attentive des variations horaires du baromètre des pronostics plus certains encore que ceux qui sont fournis par ses mouvements généraux. Mais ce genre d'observation exige des instruments trop précis et des soins trop délicats pour que nous nous en occupions ici.

Les variations de la pression atmosphérique ne paraissent pas exercer par elles-mêmes d'action bien directe sur la végétation, mais ce que l'on vient de dire sur les pronostics tirés du baromètre, suffit pour indiquer l'intérêt que présente l'observation de cet instrument.

IV. DES VENTS.

La fréquence et la force des vents se placent au premier rang parmi les éléments caractéristiques d'un climat. Les végétaux sont fortement modifiés par ces mouvements de l'air. On peut dire d'une manière générale que les vents modérés, en renouvelant l'air et en imprimant aux plantes une certaine agitation, compatible avec leur élasticité propre, sont favorables à la végétation. Mais les vents secs, ou régnant avec trop de force ou de continuité dans une direction déterminée, fatiguent les plantes, et leur impriment des caractères spéciaux que tout le monde a pu remarquer. Les arbres plantés au bord de la mer, par

AGRICULTURE.

exemple, offrent un aspect *rabougré* tout à fait caractéristique : la tête s'incline du côté opposé au vent, les branches s'allongent dans ce sens et les racines s'accroissent et prennent, dans la direction opposée, un développement tout à fait anormal. L'étude de la direction des vents régnants doit précéder l'établissement des plantations ou constructions faites pour abriter certaines parties d'un domaine ou d'une contrée, comme on le fait dans quelques parties de la Belgique et en France, dans les dunes des bords de l'Océan.

La direction des vents s'observe au moyen de girouettes plus ou moins perfectionnées; et, leur vitesse, autre élément non moins important, à l'aide d'anémomètres à compteurs, sur lesquels nous n'avons pas à insister ici.

La France, considérée d'une manière générale, appartient à la grande zone du vent du sud-ouest; mais une foule de circonstances locales, la présence de montagnes, de grandes masses d'eau, etc., modifient dans chaque localité la direction habituelle, les caractères et les propriétés des vents. Nous avons réuni dans le tableau ci-dessous quelques-uns des chiffres donnés par M. Martins, pour la fréquence relative des différents vents dans plusieurs points de la France. Ces renseignements pourront servir de terme de comparaison aux personnes qui voudraient faire des observations de cette nature.

AGRICULTURE.

Le baromètre est affecté par la direction des vents; il est généralement plus haut pendant les vents de l'est ou du nord que pendant les vents du sud ou de l'ouest. On doit tenir compte de cette observation quand on emploie comme pronostics les indications barométriques.

V. HYGROMÉTRIE, ÉVAPORATION ET PLUIE.

L'air renferme toujours une plus ou moins forte proportion de vapeur d'eau. La détermination de cette quantité de vapeur, et des lois que suit sa distribution dans les différents climats, aux diverses époques de l'année, constitue ce qu'on désigne d'une manière générale sous le nom d'*hygrométrie*. Les instruments employés par les physiiciens, pour déterminer le degré d'humidité de l'air, sont, jusqu'à présent, ou trop peu précis ou d'un emploi trop délicat, pour que cette partie importante de la météorologie ait été convenablement étudiée. Cette lacune est d'autant plus regrettable que l'humidité de l'air exerce sur la végétation une action des plus directes, et qu'il suffirait, sans doute, de quelques bonnes séries d'observations sur ce point pour éclairer beaucoup de phénomènes encore fort obscurs. L'un des hygromètres les plus exacts est celui de M. Regnault, mais il ne peut être employé avec succès que par des

LOCALITÉS.	N.	N.-E.	E.	S.-E.	S.	S.-O.	O.	N.-O.
Strasbourg	97	237	58	87	268	120	39	94
Mulhouse	442	499	84	184	184	265	11	11
Nancy	32	65	24	8	53	70	70	24
Paris	427	406	64	65	473	181	190	94
Bruxelles	63	164	71	46	104	285	184	86
Abbeville	85	175	82	85	87	205	128	153
La Chapelle (près Dieppe)	36	44	23	31	37	93	48	52
Denainvilliers (près Pithiviers)	181	193	40	41	221	311	13	30
Bourges	44	34	36	34	35	58	97	74
Poitiers	54,3	32,3	45,9	2,4	81,9	46,4	84,5	17,6
La Rochelle	94	270	57	31	104	274	89	81
Toulouse	77	25	38	295	31	56	464	317
Lyon	334	45	77	51	179	48	98	168
Mâcon	243	49	28	8	290	39	300	43
Alais	118	17	6	10	51	16	8	22
Nîmes	22	88	24	19	73	12	17	111
Montpellier	20	124	84	186	124	14	186	262
Toulon	7	45	40	46	9	28	34	144
Bastia	60	102	57	176	65	163	76	34

Il existe, dans chaque localité, une relation très intime entre la direction du vent et les probabilités de pluie. Le vent peut déterminer la chute de la pluie dans deux conditions différentes. Quand un courant d'air chaud passe au dessus d'un grand amas d'eau, il entraîne une plus ou moins grande quantité de vapeur, qui se dépose à l'état de pluie, si la masse d'air arrive dans une contrée dont l'air soit à une température suffisamment basse. Un vent froid, au contraire, arrivant dans une contrée dont l'air plus échauffé renferme une quantité de vapeur d'eau un peu considérable, peut également y déterminer la chute de la pluie; on pourra donc, dans chaque pays, reconnaître d'avance les vents pluvieux, en tenant compte, d'une part de la position des grands amas d'eau qui peuvent fournir aux vents chauds des réservoirs de vapeur, et, d'autre part, de la position des hautes montagnes, ou autres causes de refroidissement, qui peuvent abaisser la température des masses d'air en mouvement.

observateurs exercés. L'hygromètre à cheveu est d'un prix trop élevé pour la plupart des cultivateurs, qui le remplacent par les hygromètres communs, composés d'une corde de boyau, dont la torsion met en mouvement le capuchon ou le bras d'une petite figure en carton peint. Ces instruments ne sont nullement comparables entre eux, mais il est certain qu'ils indiquent les variations du degré d'humidité atmosphérique, et qu'ils peuvent ainsi, jusqu'à un certain point, donner quelques renseignements sur les probabilités de pluie. Leur observation, combinée avec celles des vents et de quelques autres apparences physiques, peut donner, avec une longue habitude, d'assez bons pronostics, ce qui explique le grand nombre d'appareils de cette espèce que l'on rencontre dans les campagnes.

L'évaporation qui a lieu à la surface de l'eau ou de la terre humide est liée directement au degré de sécheresse et à la température de l'air, à l'intensité du vent, à tous les phénomènes, en un mot, qui intéres-

sent la culture. La connaissance exacte de ce phénomène est indispensable aux calculs relatifs à l'établissement des réservoirs et des opérations de dessèchement. Les appareils d'observation sont malheureusement encore assez imparfaits et les expériences des physiciens très peu nombreuses. L'évaporation s'observe au moyen d'un vase rectangulaire en métal, d'une section donnée, rempli d'eau dans laquelle plonge un thermomètre. On pèse chaque jour le vase, ou l'on mesure, à l'aide d'une vis micrométrique, l'abaissement du niveau du liquide. Quand le vent est un peu fort, il produit, à la surface du vase, de petites vagues et entraîne mécaniquement, à l'état liquide, une certaine quantité d'eau. Il est nécessaire de retrancher la quantité d'eau ainsi entraînée de la perte totale pour avoir le volume d'eau réellement vaporisé. L'un des moyens les plus convenables pour atteindre ce but consiste à placer autour du bord du vase un cadre garni de papier peint à la colle en couleur claire. Chaque gouttelette d'eau en tombant sur ce papier y produit une tache plus ou moins grande. En comptant chaque jour les taches produites, on peut, jusqu'à un certain point, à l'aide d'expériences préalables, se rendre compte de la quantité d'eau entraînée mécaniquement. L'étude de l'évaporation produite à la surface de la terre humide se fait à l'aide d'un vase analogue à celui dont on vient de parler, mais rempli de terre, percé de trous et enfoncé dans le sol jusque près de ses bords. La dessiccation naturelle d'un terrain est, du reste, un phénomène complexe qui ne se produit pas seulement par l'évaporation de la surface. La capillarité et la nature du sous-sol y interviennent pour une forte part. La meilleure marche à suivre, pour étudier les variations d'humidité du sol, consisterait à prendre chaque jour, à la même profondeur, dans un même champ, un échantillon de terre, à le dessécher et à peser la perte qu'il éprouverait par cette opération. Les indications précédentes suffisent pour faire comprendre les instruments à employer pour l'étude agricole du phénomène de l'évaporation. On trouvera dans le chapitre suivant le résumé de ces données pratiques obtenues par différents observateurs et employées par les ingénieurs dans les calculs relatifs aux irrigations et aux dessèchements.

La pluie a été beaucoup mieux étudiée que les deux phénomènes précédents, auxquels elle se rattache cependant de la manière la plus directe. Les données que l'on possède sur les quantités de pluie qui tombent annuellement sont cependant loin d'être complètes, et leur importance pour les opérations agricoles est telle qu'il paraît utile d'entrer dans quelques détails sur les moyens d'observation de cet élément essentiel de météorologie pratique.

Les instruments qui servent à mesurer les quantités d'eau qui tombent en une année à la surface de la terre se nomment udomètres ou pluviomètres. Ces instruments se composent ordinairement d'un vase en métal, communiquant avec un entonnoir terminé par une partie cylindrique d'une section déterminée. Le vase en métal, ou réservoir, porte, à sa partie inférieure, un robinet au moyen duquel on recueille l'eau, après chaque jour de pluie, dans un vase gradué de telle sorte que le volume recueilli fasse connaître l'épaisseur de la couche d'eau tombée dans l'entonnoir. Les appareils de cette espèce convenablement établis donnent, entre les mains d'observateurs attentifs et consciencieux, d'excellents résultats. Mais ces instruments ne fournissent aucun moyen de vérification, et confiés à des agents subalternes leurs indications ne pourraient inspirer aucune confiance.

J'ai fait construire, pour remédier à l'inconvénient que l'on vient de signaler, le pluviomètre totaliseur représenté par la fig. 5 et dont voici la description :

A, entonnoir en cuivre ou en zinc verni, garni à

sa partie supérieure d'une bague en laiton tournée formant la circonférence d'un cercle de quatre décimètres carrés de surface.

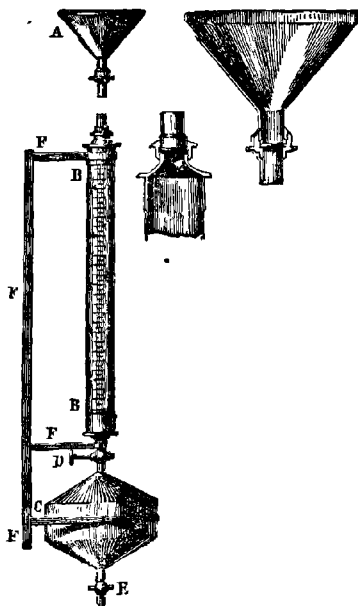


Fig. 5.

BB, tube en verre gradué en centilitres. Les deux extrémités de ce tube sont mastiquées dans des viroles en laiton.

L'entonnoir A et le tube B communiquent par un tube en plomb ou en caoutchouc vulcanisé, quand la disposition des lieux oblige à séparer ces deux parties de l'appareil.

C, réservoir en cuivre ou en zinc.

D, robinet servant à établir la communication entre le réservoir C et le tube gradué BB.

E, robinet placé à la partie inférieure du réservoir C. Ce robinet ne peut être manœuvré qu'à l'aide d'une clef qui doit rester entre les mains de la personne qui dirige et surveille les observations.

FF, support en bois de l'instrument. Ce support se fixe contre un mur, ou un poteau vertical, au moyen d'anneaux dont il est garni.

L'entonnoir A doit être placé sur le toit de la maison ou de la guérite destinée à servir d'observatoire, les autres parties du pluviomètre sont disposées à l'intérieur.

La queue de l'entonnoir et la virole supérieure du tube BB sont garnies de bagues de raccordement, comme l'indique la coupe de l'entonnoir et de son raccord, qui rendent facile la pose du tuyau de raccordement de ces deux parties de l'appareil.

L'emploi de l'instrument que l'on vient de décrire est extrêmement simple. Le robinet D étant fermé, l'eau reçue par l'entonnoir s'accumule dans le tube gradué BB. Les chiffres inscrits sur ce tube, d'après les dimensions et graduations adoptées, indiquent en quarts de millimètres la hauteur de la couche d'eau tombée. L'agent chargé des observations inscrira chaque jour le résultat de sa lecture, et, aussitôt après cette opération, il fera tomber l'eau du tube gradué dans le réservoir, en ouvrant le robinet D, qu'il refer-

mera soigneusement aussitôt après l'écoulement complet de l'eau du tube gradué dans le réservoir.

La personne qui surveille les observations mesurera, à des intervalles plus ou moins éloignés, l'eau du réservoir, en ouvrant avec sa clef le robinet E et en recevant dans une éprouvette en verre graduée le liquide accumulé depuis sa dernière observation. Le nombre de centilitres d'eau ainsi recueillis exprimera en quarts de millimètre la hauteur de la couche d'eau tombée dans l'intervalle considéré, hauteur qui devra se trouver sensiblement égale à la somme des hauteurs inscrites dans la même période par l'agent chargé des observations journalières. Cette vérification, toujours facile à faire et ne demandant que quelques minutes par mois, constitue le perfectionnement apporté au pluviomètre dont il s'agit. Elle permet de confier les observations aux agents les plus inférieurs, et rend presque impossibles les erreurs que la négligence ou l'oubli introduisent trop souvent dans les observations météorologiques, de sorte qu'un même observateur principal peut surveiller un grand nombre de pluviomètres distribués sur les différents points d'un bassin.

On a souvent cherché à construire des pluviomètres inscrivant eux-mêmes les quantités d'eau tombées, au moyen de compteurs et de dispositions mécaniques plus ou moins compliquées. Les instruments de cette espèce, connus jusqu'à présent, ne peuvent fournir aucune indication précise.

Flaugergues a fait établir un pluviomètre indiquant de lui-même les quantités de pluie tombées par chaque vent : il suffit, pour atteindre ce résultat, de placer au-dessous de l'entonnoir un ajutage mobile, communiquant avec une girouette et versant l'eau dans un vase divisé en 8 compartiments répondant aux vents principaux. Cette disposition n'est pas généralement employée, elle ne paraît pas présenter d'utilité assez réelle pour compenser la complication qu'elle introduit dans l'appareil.

Après avoir fait connaître les instruments propres à mesurer les quantités d'eau de pluie, passons à l'étude de ce phénomène lui-même.

C'est la pluie, en général, qui distribue aux plantes l'humidité dont elles ont besoin; on conçoit par cela seul l'importance agricole de ses effets. La répartition des pluies et leur abondance dans les différentes saisons de l'année sont un des principaux éléments de la fertilité des terrains et l'une des causes les plus réelles de l'aspect général de l'agriculture d'un pays, on ne saurait donc rassembler avec trop de soin les données que fournissent sous ce rapport les observations météorologiques.

Les pluies sont très inégalement réparties dans les différentes parties de la France, soit que l'on considère la quantité absolue d'eau tombée, soit que l'on tienne compte seulement du nombre annuel de jours de pluie, et de leur distribution dans différentes saisons. Dans les contrées où il pleut souvent, chaque pluie est, peu abondante, elle pénètre uniformément la terre et entretient les végétaux dans un état continu d'humidité et de fraîcheur. Ces contrées conviennent surtout à la culture des fourrages et à l'élevé des bestiaux. Dans les pays où les pluies sont peu fréquentes, et le volume d'eau tombé cependant considérable, les pluies sont torrentielles, ravagent les cultures dans les terrains en pente, noient le sol dans les parties basses et le laissent ensuite se dessécher complètement par l'action prolongée d'un temps sec et d'une chaleur élevée. L'automne, dans la plus grande partie de la France, est la saison de l'année dans laquelle il tombe le plus d'eau; dans les Vosges et dans une partie du bassin de la Seine, l'été se place sous ce rapport au premier rang.

Nous avons réuni, dans le tableau (A), placé plus loin, les principaux renseignements recueillis en France et

dans quelques parties de l'Europe au sujet des quantités d'eau tombées annuellement et de leur répartition dans les différentes saisons de l'année. Tous ces chiffres ne présentent pas assurément le même degré de certitude, mais leur ensemble offre une image assez fidèle du phénomène considéré dans sa généralité. Le tableau (A) présente seulement la répartition des pluies par saisons : l'hiver comprenant les mois de décembre, janvier et février; le printemps, mars, avril et mai, et ainsi de suite.

Les nombres inscrits dans le tableau (A) sont des moyennes résultant d'observations faites pendant un plus ou moins grand nombre d'années. Mais il ne faut pas oublier que les quantités d'eau tombées annuellement oscillent entre des limites fort étendues, comme le prouvent les faits suivants qu'il serait facile de multiplier : il est tombé à Metz, en 1831, 0^m,738 d'eau et 0^m,446 seulement en 1826. A Joyeuse, en 1827, l'épaisseur de la couche d'eau tombée était de 2^m,197, et n'était que de 0^m,893, en 1825. A Marseille, en 1839, il est tombé 0^m,906 d'eau, et en 1832, 0^m,339 seulement. Le tableau suivant pourra donner une idée de la différence qui existe entre les années sous le rapport de la quantité d'eau tombée.

ANNÉES.	HAUTEURS D'EAU.		
	PARIS	STRASBOURG.	MARSEILLE.
	cour de l'Observatoire		
1824	0,55	0,742	"
1822	0,48	0,675	"
1823	0,52	0,677	0,402
1824	0,65	0,912	0,443
1825	0,52	0,665	0,432
1826	0,47	0,582	0,536
1827	0,58	0,747	0,620
1828	0,63	0,634	0,484
1829	0,59	0,754	0,637
1830	0,64	0,678	0,304

Des variations plus marquées encore se présentent d'une année à l'autre quand on compare les quantités d'eau tombées dans les mois correspondants. Pour indiquer ces variations, sans agrandir outre mesure le tableau de la page suivante, nous y avons réuni seulement les quantités mensuelles d'eau tombée, pendant les cinq dernières années dans la cour de l'Observatoire de Paris et celles recueillies dans le Rhinlande. Les premiers chiffres sont extraits des tableaux publiés chaque mois dans les comptes rendus de l'Institut, et les autres d'un mémoire couronné par l'Académie de Rotterdam.

Il nous a paru utile d'insister plus qu'on ne le fait ordinairement sur ces variations de la distribution et des quantités de pluie. On verra plus loin l'importance de cet ordre de faits dans la rédaction des projets de dessèchement et de construction de réservoirs.

Les quantités d'eau tombées en un jour méritent aussi de fixer l'attention des agriculteurs et des ingénieurs; elles varient depuis une couche à peine sensible jusqu'à des hauteurs vraiment extraordinaires. Ainsi, sans parler des pluies torrentielles des tropiques, ni de l'averse tout à fait extraordinaire observée à Gènes, en 1822, et pendant laquelle il tomba 0^m,82 d'eau, on a vu tomber à Joyeuse, le 9 août 1807, 0^m,25 d'eau, et le 9 octobre 1827, en 22 heures 0^m,794. A Marseille, un orage produisit 0^m,325 de hauteur

MOIS.	HAUTEURS D'EAU TOMBÉE									
	à Paris, en					dans le Rhinlande, en				
	1846.	1847.	1848.	1849.	1850	1837.	1838.	1839.	1840.	1841.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Janvier.	0,077	0,047	0,027	0,054	0,050	0,045	"	0,028	0,024	0,023
Février.	0,020	0,036	0,046	0,048	0,034	0,023	"	0,023	0,012	0,008
Mars.	0,053	0,022	0,055	0,031	0,020	0,010	0,020	0,010	0,008	0,009
Avril.	0,074	0,045	0,100	0,062	0,057	0,048	0,020	0,009	0,001	0,015
Mai.	0,042	0,031	0,021	0,066	0,061	0,025	0,019	0,009	0,037	0,021
Juin.	0,038	0,027	0,064	0,087	0,024	0,014	0,031	0,023	0,016	0,024
Juillet.	0,023	0,444	0,053	0,074	0,044	0,022	0,038	0,015	0,036	0,074
Août.	0,086	0,048	0,112	0,028	0,158	0,021	0,043	0,027	0,024	0,039
Septembre.	0,067	0,028	0,020	0,084	0,033	0,027	0,021	0,031	0,055	0,034
Octobre.	0,087	0,038	0,053	0,047	0,062	0,035	0,048	0,009	0,036	0,098
Novembre.	0,028	0,028	0,033	0,065	0,050	0,060	0,021	0,031	0,039	0,048
Décembre.	0,057	0,033	0,042	0,033	0,049	0,031	0,040	0,033	0,007	0,057
Totaux.	0,652	0,497	0,631	0,649	0,638	0,304	0,271	0,248	0,295	0,447

d'eau; à Trèbes, en 1772, on observa une pluie qui répondait à 0^m,130 d'eau en 2½ heures. Enfin, à Pau, on a recueilli en 2'30" une couche d'eau de 0^m,048.

Il serait difficile, dans les grands travaux, de se mettre en garde contre ces circonstances exceptionnelles, à moins de dépenses extraordinaires. Mais les personnes qui font des observations pluviométriques doivent noter soigneusement les hauteurs d'eau tombées pendant les jours de grandes pluies assez fréquentes pour qu'il importe de se préserver des dangereux effets qu'elles pourraient produire dans les travaux de dessèchement.

On a remarqué, dans tous les observatoires, que les udomètres placés à la surface du sol recevaient plus d'eau que ceux qui se trouvaient élevés à une certaine hauteur. La quantité d'eau recueillie dans l'udomètre le plus élevé étant représentée par 1, les quantités reçues dans l'instrument le moins élevé sont représentées :

A Paris, pour une différence de niveau de 23 ^m , par	4,43
A Copenhague, — — — — — 32	4,27
A Manchester, — — — — — 25	4,60
A York, — — — — — 53	4,72
A Pavie, — — — — — 44	4,04

Les rapports précédents varient, du reste, d'une saison à l'autre. Ces faits, encore mal expliqués, pourraient faire supposer que la quantité de pluie est moindre dans les lieux élevés que dans les plaines. Il n'en est rien cependant. Tous les faits connus tendent au contraire à établir, qu'à moins de circonstances exceptionnelles, la quantité d'eau qui tombe annuellement augmente avec l'altitude des points que l'on considère. Les faits suivants viennent à l'appui de cette opinion.

Il tombe annuellement, au mont Saint-Bernard, 4^m,5429 d'eau, tandis que dans les villes placées au pied de cette montagne une longue suite d'observations ont donné les résultats suivants :

Milan.	0,9665
Berne.	4,4387
Genève.	0,7527

Le même accroissement s'observe quand on remonte

les vallées des grands fleuves. Nous trouvons en effet :

Vallée du Danube.

Hauteurs d'eau tombée annuellement.

Bude.	0,424
Vienna.	0,492
Ratisbonne.	0,570
Ulm.	0,684
Genkingen.	1,544

Vallée du Pô.

Venise.	0,835
Padoue.	0,860
Milan.	0,966
Turin.	0,954

Vallée du Rhin.

Middlebourg.	0,655
Hagenau.	0,677
Strasbourg.	0,684
Zurich.	0,870
Berne.	4,139

Les exceptions à cette règle que présentent Viviers, dans la vallée du Rhône, et Mâcon dans celle de la Saône, sont facilement expliquées par la position de ces deux villes.

L'augmentation de la quantité annuelle de pluie, en approchant des montagnes, a été constatée par un assez grand nombre d'observateurs. A Saint-Rambert (Ain), sur les premiers échelons de la montagne, il tombe annuellement 4^m,590 d'eau; à Monciat (Saône-et-Loire), à un kilomètre de la montagne cette quantité se réduit à 4^m,450; à Bourg (Ain), dix kilomètres plus loin, il ne tombe plus que 4^m,250; à Mâcon, la hauteur annuelle de pluie n'est plus que de 0^m,840, et se réduit enfin à 0^m,800 à Oullins (Rhône), dans les coteaux de l'Isère. Miller, dans le Cumberland, à l'est des montagnes, a fait des observations analogues : il a trouvé qu'il est tombé, en 1845, 4^m,244 d'eau à Whitehaven, 3^m,448 à Gotesgoth, et enfin

(A) Tableau de la répartition des pluies, par saisons, dans diverses localités.

LIEUX D'OBSERVATION.	HIVER.		PRINTEMPS.		ÉTÉ.		AUTOMNE.		TOTAUX		OBSERVATIONS ANNÉES d'après lesquelles on a établi la moyenne.
	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	
Strasbourg..	0,41347	23	0,45924	29	0,22043	33	0,47544	30	0,66825	115	1806-1820
—	"	"	"	"	"	"	"	"	0,68520	"	1806-1834
Zurich..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,8704	"	"
Berne..	0,2232	26,2	0,2383	34,8	0,4087	42	0,2687	37,6	4,4389	140,6	"
Haguenau..	0,127	37	0,443	43	0,189	44	0,249	49	0,678	173	1780-1784
Mulhouse..	0,146	35	0,494	45	0,220	40	0,497	44	0,754	164	1777-1784
Metz..	0,44446	"	0,42689	"	0,49267	"	0,45104	"	0,58473	149	1825-1834
Nancy..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,5685	144	1782-1820
Geneve..	0,4542	23,5	0,4598	25,6	0,2193	25,7	0,2247	28,4	0,758	103,2	1804-1834
Lausanne..	0,4737	"	0,4889	"	0,3400	"	0,2755	"	0,9784	"	8 ans
Vévey..	"	"	"	"	"	"	"	"	4,483	"	"
Paris (cour de l'Ob- servatoire)..	0,4464	34	0,44076	35	0,47189	36	0,43445	37	0,5635	142	1764-1827
Montmorency..	0,4408	38	0,4540	36	0,2279	37	0,4975	36	0,6902	147	1806-1826
Bruxelles (pluie et neige)..	0,4543	"	0,4528	"	0,4922	"	0,2006	"	0,7000	176	1833-1842
Delft..	0,4550	"	0,0976	"	0,2334	"	0,2773	"	0,7633	"	2 ans
Lille..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,5740	169	1777-1784
Cambrai..	0,05549	"	0,08235	"	0,44960	"	0,43430	"	0,42474	122	1777-1784
Laon..	0,4572	42	0,4402	42	0,2034	42	0,4683	38	0,6694	164	"
Châlons-s.-Marne..	0,0840	23	0,0928	34	0,4200	24	0,4093	28	0,4034	106	1825 et 1827- 1829
Chartres..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,544	139	1777-1784
Deuainvilliers (près Pithiviers)..	0,4052	"	0,0990	"	0,4526	"	0,4239	"	0,4807	145	1748-1778
Auxerre..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,628	"	1767-1772
Pont-le-Voy..	0,2072	"	0,2010	"	0,2223	"	0,3056	"	0,9364	"	1837-1843
Bourges..	0,0925	"	0,0925	"	0,4624	"	0,4692	"	0,5166	101	19 ans
Tours..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,5655	"	"
Angers..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,520	"	3 ans
Nantes..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,714	"	1834-1837
Poitiers..	0,4467	"	0,4343	"	0,4250	"	0,4746	"	0,5806	"	1778-1818
La Rochelle..	0,475	37	0,432	33	0,426	34	0,223	38	0,656	139	50 ans
Saint-Maurice-le- Girard (Vendée)..	0,2078	34	0,0677	34	0,4232	32	0,2274	34	0,6264	134	1776-1785
Bordeaux..	0,48205	"	0,44076	"	0,45859	"	0,47640	"	0,6578	150	1714-1770 et 1776-1784
Landes..	"	"	"	"	"	"	"	"	4,000	"	"
Espalais..	0,4255	"	0,4448	"	0,4408	"	0,4947	"	0,6058	"	1833-1843
Marmande..	0,4805	"	0,2244	"	0,4534	"	0,2047	"	0,7624	"	1838-1843
Toulouse..	0,4007	34,7	0,4924	36,5	0,4224	24,7	0,4458	39,7	0,5610	132,6	1839-1842
Pau..	0,287	"	0,322	"	0,454	"	0,325	"	4,085	125	1837-1842
Aurillac..	0,2443	"	0,2689	"	0,2796	"	0,3603	"	4,4504	"	"
Lyon..	0,4308	24,4	0,4846	33	0,2263	27	0,2346	34,6	0,7763	149	1765-1780
Dijon..	0,423	28	0,438	29	0,460	25	0,250	36	0,674	118	1777 - 1785
—	"	"	"	"	"	"	"	"	0,6787	"	1838-1842
Berzé-la-Ville, à 43 kilomètres de Mâcon..	0,4645	42,6	0,2070	43,7	0,2395	35,2	0,2334	38,3	0,8444	159,8	1820-1835
Mâcon..	"	"	"	"	"	"	"	"	0,846	128	46 ans
Gray..	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Bourg..	0,24336	"	0,28856	"	0,28640	"	0,35380	"	4,47212	"	9 ans
Pontarlier..	0,2397	35	0,2345	33	0,2448	36	0,2894	34	4,0054	135	"
Joyeuse..	0,28404	"	0,30296	"	0,20942	"	0,52455	"	4,3176	97,5	1804-1829

1 Pour le nombre des jours de pluie. — 2 39 mois d'observations.

Tableau de la répartition des pluies par saisons, dans diverses localités.

(Suite.)

LIEUX D'OBSERVATION.	RIVER.		PRINTEMPS.		ÉTÉ.		AUTOMNE.		TOTAUX.		OBSERVATIONS ANNÉES d'après lesquelles on a établi la moyenne.
	Hauteur d'eau tombée	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	Hauteur d'eau tombée.	Nombre de jours de pluie	
Lons-le-Saulnier.	0,2348	35	0,2204	34	0,3129	34	0,2528	30	1,0209	130	6 ans
Viviers.	0,4785	25,6	0,2374	25,4	0,2430	48,2	0,2444	28,8	0,9000	98	4778-4847
Marseille.	0,4328	17	0,4185	17	0,0554	8	0,2056	17	0,5120	59	4772-4845
Alais.	0,22940	»	0,23574	»	0,14169	»	0,38424	»	0,99407	68	4802-4837
Orange.	0,4489	24	0,4738	24,6	0,4406	48,5	0,3048	26,8	0,7384	90,9	30 ans
Arles.	»	»	»	»	»	»	»	»	0,423	»	1806-1845 et 1829-1833
—	»	»	»	»	»	»	»	»	0,6108	107,7	5 ans
Nîmes.	0,4435	»	0,4544	»	0,0893	»	0,2564	»	0,6433	42	47 ans
Avignon.	»	»	»	»	»	»	»	»	0,5688	»	4805-4029
Montpellier.	0,2327	»	0,4830	»	0,4055	»	0,3032	»	0,8244	67	4767-4792
—	»	»	»	»	»	»	»	»	0,7697	»	4767-1802 et 1806-1817
Carcassonne.	»	»	»	»	»	»	»	»	0,728	54	»
Castelnaudary.	»	»	»	»	»	»	»	»	0,6655	»	»
Béziers.	0,4348	»	0,4464	»	0,0503	»	0,4398	»	0,4383	»	»
Arquettes.	»	»	»	»	»	»	»	»	0,6429	»	»
Hyères.	0,2670	»	0,4426	»	0,0417	»	0,2952	»	0,7465	40	1824-1833
Toulon.	0,4462	40	0,4179	9	0,0448	9	0,2068	46	0,5457	44	4749-4784

ANGLETERRE.											
1° COMTÉS DE L'OUEST.											
(Nombres admis dans les ouvrages anglais les plus récents.)											
Helston (comté de Cornwall).	0,309	54	0,180	33	0,499	27	0,279	35	0,967	146	
Stroud (comté de Gloucester).	0,497	38	0,490	37	0,497	40	0,228	42	0,842	157	
Liverpool (comté de Lancashire).	0,184	»	0,457	»	0,248	»	0,274	»	0,863	»	
Rothsay (comté de Bute).	0,264	»	0,182	»	0,214	»	0,319	»	0,979	157	
Stromness (comté de Orkney.	0,326	57	0,429	36	0,208	44	0,370	48	4,033	185	
Moyennes.	0,256	49	0,167	35	0,213	37	0,295	42	0,934	161	

2° COMTÉS DE L'EST ET DU CENTRE.											
Thwaite (comté de Suffolk).	0,446	41	0,124	27	0,446	38	0,469	43	0,585	149	
Chiswick (comté de Middlesex).	0,448	48	0,421	43	0,469	44	0,487	43	0,625	178	
Highfield-House (c. de Nottingham).	0,448	55	0,174	48	0,448	37	0,462	37	0,632	177	
Dunino (Fife).	0,442	34	0,462	32	0,235	37	0,243	35	0,782	135	
Kinfauns (Perth).	0,442	35	0,408	30	0,429	38	0,225	44	0,604	147	
Moyennes.	0,445	42	0,438	36	0,466	39	0,497	40	0,646	156	

3^m,866 à Seathwaite. Dans cette dernière localité on a recueilli 4^m,467 de pluie dans les seuls mois de novembre et de décembre.

On voit, d'après tout ce qui précède, combien il est nécessaire de multiplier les observations pluviométriques, pour arriver à des résultats approchés sur la quantité totale d'eau qui tombe dans un bassin, puisque cette quantité varie d'un point à un autre par une foule de circonstances locales. On comprend, à plus forte raison, l'impossibilité où l'on est, quant à présent, de calculer avec quelque exactitude la hauteur annuelle moyenne de la pluie tombée dans une contrée. Aussi, voyons-nous les auteurs donner à cet égard les chiffres les plus discordants : M. Pavis admet que la hauteur moyenne de la pluie qui tombe annuellement en France est de 4^m,00 au moins ; M. de Gasparin l'évalue à peu près à 0^m,750 ; M. Martins évalue cette hauteur à 0^m,684, répartis de la manière suivante par saison et par climat :

CLIMATS.	QUANTITÉ absolue en millimètres.	QUANTITÉ RELATIVE.				NOMBRE de jours de pluie.
		Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.	
Vosgien..	0,669	49	23	31	27	437
Séquanien..	0,548	21	22	30	27	440
Girondin..	0,586	25	21	23	34	430
Rhodanien..	0,946	20	24	23	34	407
Méditerran.	0,654	25	24	41	44	53
Moyennes..	0,684	22	23	23	33	443

Sans aucun doute, les deux derniers nombres sont beaucoup plus approchés de la vérité que le premier, mais il serait cependant impossible de leur accorder une confiance absolue.

Nous nous sommes arrêtés assez longuement à l'étude de la pluie. L'importance de ce phénomène rendait indispensables les développements dans lesquels nous sommes entrés, et nous regrettons même que l'espace ne nous permette pas ici une discussion approfondie des faits que nous avons réunis.

Il resterait, pour compléter l'examen des météores aqueux, à parler des bruillards, des nuages, de la neige, de la rosée, de la grêle, etc. Le cadre restreint dans lequel nous sommes renfermés ne nous permet pas de nous en occuper. Ces différents phénomènes exercent, il est vrai, sur l'agriculture une action très puissante, tantôt favorable, tantôt désastreuse ; mais leur étude est encore trop imparfaite, et les observations recueillies jusqu'à présent sont trop peu nombreuses pour fournir des conclusions un peu générales, ou d'un véritable intérêt pratique.

On a indiqué, en parlant des vents, de la pression de l'air, etc., les pronostics que l'on peut tirer de ces phénomènes au sujet de la pluie. L'examen de plusieurs ordres de faits différents permet également de prévoir, avec plus ou moins de probabilité, le retour ou la cessation du beau temps. Ces divers pronostics, qu'il serait peu philosophique de dédaigner sans examen, ne présentent cependant pas de caractères assez positifs, ni assez généraux pour que nous croyions utile de nous y arrêter. C'est aux hommes éclairés, dans chaque localité, de recueillir les opinions les plus accréditées parmi les habitants de la campagne, de les soumettre à l'épreuve d'observations prolongées, et de s'assurer ainsi du fondement qu'elles peuvent avoir et du degré de confiance qu'il convient de leur accorder. Il arrivera souvent que

l'on trouvera une origine sérieuse et une valeur réelle à des croyances qu'un examen superficiel ferait classer parmi les préjugés et rejeter avec dédain. Les travaux de Wells sur la rosée, la notice de M. Arago sur la lune rousse, et quelques autres écrits que nous pourrions citer, suffisent pour encourager dans cette voie les agronomes observateurs.

CHAPITRE III.

AMÉNAGEMENT DES EAUX AU POINT DE VUE AGRICOLE.

Dessécher et assainir les terrains envahis par les eaux et dépourvus d'écoulement ; préserver le sol des ravages des inondations ; procurer, en tout temps, aux terres cultivées, le degré d'humidité le plus convenable au développement des végétaux utiles ; telles sont les opérations comprises sous le titre général d'aménagement des eaux au point de vue agricole.

Tous les hommes éclairés reconnaissent aujourd'hui l'importance pratique des travaux d'irrigation, de dessèchement ou d'assainissement ; il serait superflu d'insister sur ce point. Les faits particuliers que nous aurons occasion de citer dans les paragraphes suivants et les chiffres réunis dans le IX^e chapitre, sont d'ailleurs les arguments les plus positifs à présenter à cet égard.

L'aménagement des eaux au point de vue agricole, considéré dans toute sa généralité, comprend l'exécution de travaux très nombreux et très variés. On décrira minutieusement ceux que tous les cultivateurs, avec un peu de soin et d'attention, peuvent entreprendre et diriger eux-mêmes avec succès. Mais on sera forcé par l'espace de passer plus rapidement sur les grandes opérations qui exigent le concours de capitaux considérables et de constructeurs expérimentés.

L'intérêt qui s'attache aujourd'hui à cette importante partie de l'art agricole explique, du reste, l'étendue relativement considérable de l'espace que nous lui consacrons ici.

L'eau si utile, si indispensable même à l'agriculture, est souvent aussi l'un de ses plus terribles ennemis. Les eaux stagnantes qui imbibent ou submergent les terres s'opposent plus ou moins complètement à leur mise en culture, et tout le monde connaît les ravages causés par les inondations et les corrosions des rives de la mer, des fleuves et des rivières. Avant de chercher à utiliser les eaux, il convient d'apprendre à se défendre de leurs dangereux effets : les premières sections de ce chapitre seront donc consacrées aux assainissements, aux dessèchements et aux travaux de défense des rives, et les suivantes aux irrigations et à quelques remarques sur les questions générales que soulève l'aménagement des eaux au point de vue agricole.

On trouvera d'ailleurs au mot *hydraulique* l'explication de toutes les formules relatives au mouvement des eaux dont nous devons faire usage pour déterminer le tracé, les sections, etc., des canaux, vannes et autres ouvrages nécessaires aux irrigations et aux dessèchements.

Première section. — Assainissement, drainage.

Le mot *drainage* est employé en Angleterre pour désigner toutes les opérations dont le but est l'égouttement, l'assainissement et le dessèchement, dans un but agricole ou autre, depuis la construction de toute espèce d'égouts de villes ou de maisons particulières, jusqu'aux plus vastes entreprises de dessèchements de lacs et de marais. L'extension donnée et les perfec-

tionnements apportés depuis quelques années, dans le Royaume-Uni, à l'assainissement des terres cultivées (drainage of lands, agricultural drainage), ont appelé d'une manière toute particulière sur ce genre de travaux l'attention des cultivateurs et ont fait généralement adopter, en France, pour les désigner, l'expression employée en Angleterre. Nous nous conformerons en partie à cette habitude déjà consacrée par l'usage, en précisant cependant un peu plus qu'on ne le fait habituellement le sens que nous donnerons aux mots *assainissement* et *drainage*. Nous appliquerons le premier à l'égouttage des terres effectué au moyen de rigoles *ouvertes*, et, pour éviter toute confusion, nous nous servirons du second et de ses dérivés, pour indiquer les assainissements opérés au moyen de rigoles *couvertes*, bien que depuis fort longtemps l'emploi de ces rigoles, exécutées de diverses manières, soit parfaitement connu et appliqué dans plusieurs parties de la France sous les noms de *pierrées*, de *coulisses*, etc.

Tous les agriculteurs connaissent les inconvénients des terrains trop humides, c'est-à-dire des terres retenant en toute saison plus de 20 à 22 p. 100 d'eau. Les opérations d'assainissement et de drainage ont pour but de faire cesser ces inconvénients, c'est assez dire leur importance et le nombre de localités où elles seraient nécessaires. L'humidité surabondante qui existe dans beaucoup de terres cultivables est due à un certain nombre de circonstances différentes qu'il n'est pas utile d'énumérer ici. En exposant les méthodes à suivre pour l'assainissement, on fera connaître les cas où chacune d'elles est applicable, et, par cela même, les différents ordres de causes qui produisent un degré excessif d'humidité.

I. CURAGE DES COURS D'EAU.

Nous plaçons en tête des opérations d'assainissement le curage des cours d'eau naturels. Ce sont, en effet, les colateurs auxquels doivent aboutir les différentes rigoles d'égouttage de la vallée. Et, d'un autre côté, l'expérience nous a montré l'utilité de ces travaux pris en eux-mêmes, travaux trop souvent négligés et sur lesquels il importe d'autant plus d'appeler sans cesse l'attention que l'autorité administrative possède dès à présent tous les pouvoirs nécessaires pour en assurer l'exécution. Les lois des 12 et 20 août 1790 et du 14 floréal an XI imposent, en effet, aux préfets le devoir d'assurer le libre écoulement des eaux des rivières et ruisseaux non navigables ni flottables, et leur fournissent le moyen de subvenir aux dépenses des travaux nécessaires pour atteindre ce but.

L'encombrement du lit d'un ruisseau par les herbes qui y croissent ou les terres qui s'y déposent, suffit souvent pour s'opposer à l'écoulement de l'eau et transformer en marécages, sur une plus ou moins grande étendue, tout le fond d'une vallée. Le curage, et quelquefois le saucardement seul du ruisseau, font disparaître ce fâcheux état de choses. Le curage à vif d'un ruisseau est en lui-même une opération très facile, mais qui exige cependant une certaine attention pour être exécutée de la manière la plus économique et la plus satisfaisante. Il convient de profiter de l'opération du curage pour opérer le redressement du lit du cours d'eau, supprimer les coudes brusques et les sinuosités qui, en allongeant le parcours, réduisent la pente par mètre. Avant de commencer les travaux, quand il s'agit d'un ruisseau de quelque importance, il faut toujours lever un profil en long très exact du cours d'eau et une série de profils en travers. A cet effet, on enlève sur la rive du ruisseau une série de forts piquets en bois numérotés et distants de 20 à 100 mètres les uns des autres. On fait un nivellement exact sur la tête de ces piquets, on lève un profil en travers du lit au

droit de chacun d'eux et on le rapporte sur le papier à une échelle déterminée, 0,005 par exemple. On trace sur les profils ainsi dessinés la forme actuelle du lit, et celle que l'on veut lui donner. Ces profils servent à calculer les volumes des terrassements à effectuer et à dresser l'estimation de la dépense à faire. La section projetée ne doit pas, en général, rester la même dans toute l'étendue du cours du ruisseau : elle doit varier d'un point à un autre, en raison de la pente, de manière à assurer toujours un même débit à l'eau. Les différentes sections se calculent au moyen de l'une des formules qui seront indiquées plus loin en parlant des canaux de dessèchement ou d'irrigation. Cette remarque permet souvent de diminuer notablement le cube des terres à remuer. On adopte habituellement, pour la section du lit du cours d'eau, un plafond horizontal et deux berges présentant une inclinaison variant de 4 à 2 de base pour 1 de hauteur. Il serait peut-être préférable de donner au fond du ruisseau la forme courbe qu'il tend à prendre naturellement.

Le curage d'un ruisseau doit se faire en remontant de l'aval à l'amont. On se débarrasse ainsi plus facilement des eaux affluentes. Les vases et les terres extraites du lit sont jetées sur les rives par les ouvriers cureurs. Ces terres forment presque toujours un bon amendement que les propriétaires riverains s'empressent de répandre sur leurs champs. S'ils ne le faisaient pas, on devrait faire enlever ces terres par des ouvriers spéciaux, car les espèces de digues que les produits du curage formeraient, en se desséchant sur les berges du ruisseau, présenteraient presque toujours dans la suite des inconvénients plus ou moins graves.

Les bourrelets, dont on vient de parler, produits par les résidus des curages déposés le long des rives des cours d'eau, ont quelquefois une véritable utilité en formant de petites digues qui protègent les terres contre les faibles crues du printemps. On doit alors les conserver et les entretenir avec soin ; mais pour qu'elles ne produisent aucun effet nuisible en s'opposant en temps ordinaire à l'égouttement des champs voisins, il faut les couper de place en place et garnir les ouvertures ainsi formées de petits clapets que l'on ferme seulement pendant les crues et que l'on laisse ouverts quand les eaux du ruisseau sont rentrées dans leur lit ordinaire.

On trouvera dans la dernière section de ce chapitre l'indication des principales dispositions des lois relatives au curage des cours d'eau non navigables ni flottables.

II. RIGOLLES D'ASSAINISSEMENT OUVERTES.

Les sections des rigoles d'assainissement ouvertes varient avec le volume d'eau dont elles doivent assurer l'écoulement. Ces rigoles, dans certains cas, sont de véritables canaux de dessèchement dont on étudiera plus loin le mode de tracé et d'exécution, et dans lesquels se réunissent les eaux d'un plus ou moins grand nombre de rigoles de petites dimensions. Ce sont ces dernières seulement qu'il s'agit d'examiner ici.

Les rigoles ouvertes présentent un assez grand nombre d'inconvénients inhérents à leur nature même. Elles occupent une plus ou moins grande partie du terrain, elles opposent à la culture de véritables obstacles, elles exigent un entretien continu et n'atteignent que d'une manière imparfaite le but proposé, puisqu'elles n'enlèvent, en général, que les eaux de la surface du sol qui s'écoulent en entraînant une partie des principes fertilisants de la terre et des fumiers. Mais la facilité de leur exécution et les services qu'elles peuvent rendre dans un grand nombre de circonstances, quand elles sont convenablement disposées, doivent appeler sur elles l'attention sérieuse des cultivateurs.

AGRICULTURE.

La section des petites rigoles d'assainissement présente habituellement un fond plat et deux talus plus ou moins inclinés. On donne quelquefois au fond de la rigole une forme courbe, et on abat les bords en pente douce pour les raccorder avec la surface du sol et diminuer l'étendue enlevée à la culture. Les rigoles, surtout dans les terrains faciles, peuvent être ouvertes à la charrue et terminées à la bêche. On les exécute souvent à l'aide seulement de ce dernier instrument; le travail est alors plus parfait, mais ordinairement un peu plus coûteux.

Le tracé des petites rigoles d'assainissement ne présente, en général, aucune difficulté; la disposition du sol et les habitudes locales le déterminent facilement dans chaque cas particulier. Les plus petites rigoles se réunissent en plus ou moins grand nombre dans des rigoles un peu plus importantes, et celles-ci, à leur tour, versent leurs eaux dans une rigole d'un ordre plus élevé, ou bien dans les fossés, canaux ou ruisseaux qui doivent leur livrer passage. Le raccordement de deux rigoles doit, autant que possible, se faire sous un angle aigu pour que les vitesses de l'eau ne se contrarient pas au point de convergence. Il convient que le fond d'une rigole soit de quelques centimètres en contre-bas de celui des rigoles dont elle reçoit les eaux. La pente des rigoles est souvent fixée par celle du terrain lui-même; elle peut, sans inconvénient, être presque nulle pour les plus petites rigoles, quand leur longueur est peu considérable.

L'égouttement des terres labourables, gênées par la stagnation des eaux, se fait au moyen de rigoles ménagées entre les planches labourées auxquelles on a soin de conserver un certain bombement. Ces raies profondes sont coupées, de distance en distance, par une rigole plus importante, tracée dans une direction perpendiculaire ou inclinée à la leur, qui traverse toutes les planches et conduit les eaux dans le fossé général d'écoulement. Ces diverses rigoles sont ouvertes à la charrue et les raccordements faits à la bêche. Les plaines de la Romagne et du Boulonnais offrent les exemples les plus remarquables que nous connaissons d'assainissements de cette espèce. La pente générale du pays est extrêmement faible, elle n'atteint pas 0^m,002 par mètre et rend nécessaires, par conséquent, des dispositions toutes particulières qui conviendraient, du reste, à tous les pays plats et qu'il sera utile de décrire en peu de mots.

Les champs sont partagés en compartiments (fig. 6)

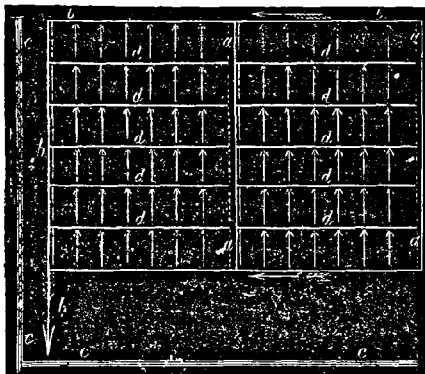


Fig. 6 (éch. 0,0002).

de 152 mètres de largeur sur 228 mètres de longueur environ. Ces compartiments sont séparés les uns des

AGRICULTURE.

autres par des chemins d'exploitation herbés au milieu desquels se trouve creusé un fossé permanent d'écoulement *aa* qui débouche dans d'autres fossés *bb* communiquant eux-mêmes avec la rigole provinciale d'écoulement *c*. Les chemins d'exploitation sont établis dans toute leur étendue à 0^m,20 ou 0^m,24 en contre-bas de l'ensemble des planches et faciliteraient déjà beaucoup leur égouttement; mais d'autres fossés d'écoulement *dd*, également établis à demeure, espacés de 38 en 38 mètres à peu près, communiquent avec les premiers et complètent les travaux fixes d'assainissement. Ces dernières rigoles sont établies entre les planches labourées, et quand l'ensemencement est terminé, on ouvre enfin de petites saignées, indiquées par des flèches, communiquant avec les fossés *d*. La communication des fossés *d* avec les fossés *a* a lieu sous le chemin d'exploitation au moyen de petits aqueducs grossièrement construits avec quelques briques.

Les frais de curage et d'entretien des différentes rigoles sont peu considérables; les dépenses d'établissement des parties permanentes du système d'assainissement que l'on vient de décrire peuvent s'évaluer par hectare de la manière suivante, en supposant, pour simplifier le calcul, que la journée de terrassier soit de 4 fr.

Nivellement général du sol par l'enlèvement des parties proéminentes et le comblement des parties déprimées.	40 fr.
Creusement de la rigole principale et du chemin d'exploitation.	8 "
Ouvertures des rigoles secondaires et construction de l'aqueduc.	12
Portion du canal d'écoulement à la charge de chaque hectare.	4
Total.	64 fr.

Il est souvent nécessaire, dans les pays humides à sol peu perméable, d'assainir, par une série de rigoles ouvertes, les terrains en pente et les collines destinés à la pâture des troupeaux. On y parvient en ouvrant, comme l'indique la fig. 7, une série de petites rigoles *rr* à peu près horizontales, communiquant avec une rigole plus importante *R*, tracée suivant une ligne de plus grande pente du terrain et destinée à conduire les eaux dans une rigole d'un ordre plus élevé ou dans un canal général de décharge. Ce genre d'assainissement très usité en Écosse et dans les comtés du nord de l'Angleterre, où l'on s'occupe particulièrement de l'élevé du bétail, y a rendu les plus grands services, et paraît, jusqu'à présent, le meilleur moyen de préserver les troupeaux de moutons de la pourriture qui les décime si fréquemment, ce qui fait donner aux rigoles dont nous parlons le nom de *rigoles à moutons* (sheep drain).

L'espacement des rigoles horizontales dépend de la nature du sol et de l'abondance des eaux. On est quelquefois obligé de les placer à quelques mètres les unes des autres, mais, en général, on peut les établir à assez grandes distances.

On commence par creuser les rigoles principales d'écoulement et on termine par les rigoles horizontales. Les petites rigoles d'égouttement dont nous nous occupons ont 0^m,15 ou 0^m,20 de largeur au fond, des talus inclinés à 45°, et 0^m,20 à 0^m,30 de profondeur moyenne; on peut les ouvrir à la charrue et les terminer à la bêche. Mais il est généralement préférable de les exécuter entièrement avec ce dernier instrument. La terre extraite est rejetée contre le bord, du côté le plus bas du terrain (fig. 8); quelquefois on laisse un petit intervalle entre le bourrelet de terre et l'arête de la rigole pour que la terre ne retombe pas dans celle-ci. Dans les terrains très résistants ou recouverts d'un gazon très touffu, on trace la rigole avec une forte et lourde bêche,



PEGARD SC

Fig. 7.

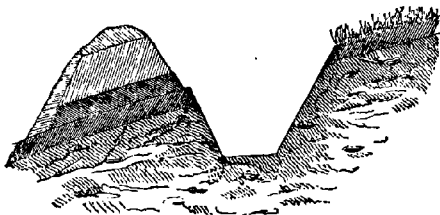


Fig. 8.

bien acérée, en forme de langue de bœuf (fig. 9) et dont le manche est terminé par une poignée horizontale. Lorsque la rigole est bien tracée sur une assez grande longueur, on divise la terre en mottes d'une certaine largeur, perpendiculairement à la direction du tracé, et un second ouvrier arrache ces mottes et les dépose sur le côté au moyen d'une espèce de griffe (figure 10). On termine le travail avec une bêche ordinaire.

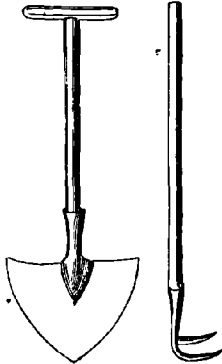


Fig. 9. Fig. 10.

Ces rigoles exécutées par des ouvriers exercés peuvent coûter de 2 à 4 cent. le mètre courant. Un grand nombre de terrains en pente, surtout dans le centre de la France, sont entretenus dans un état constant d'humidité surabondante, par les suintements qui se produisent aux points d'affleurement avec le sol de couches perméables aquifères (fig. 11), comprises entre des couches imperméables plus ou moins épaisses. Les terrains de cette espèce sont facilement assainis en ouvrant de petites rigoles à pentes faibles, attaquant un peu le sol imperméable comme l'indique la figure en c, et suivant la ligne d'affleurement des couches perméables.

Le cas précédent n'est pas le seul où la présence d'une couche aquifère sous le sol cultivable transforme celui-ci en terrain plus ou moins marécageux. Mais toutes les fois que la disposition des lieux permet de procurer aux eaux un écoulement complet, on comprend qu'il est

très facile, au moyen de saignées coupant la couche perméable, de dériver en quelque sorte les eaux qui la traversent, et de s'opposer ainsi à leur action nuisible. On voit, d'après cela, sans qu'il soit nécessaire d'entrer dans l'examen de divers cas particuliers, sur lesquels on reviendra plus loin (voyez *Drainage des sources*),

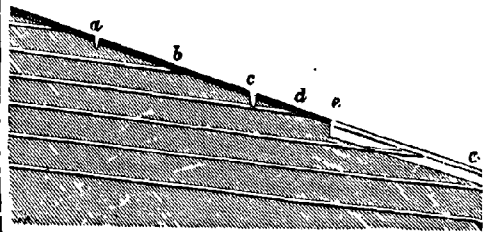


Fig. 11.

combien il importe, avant d'entreprendre des travaux d'assainissement de l'espèce de ceux dont il s'agit en ce moment, de reconnaître avec exactitude la position de la nappe perméable par rapport à la surface du sol. Cette reconnaissance s'exécute facilement au moyen d'une petite sonde à main, ou de quelques coups de bêche si la profondeur à explorer est très peu considérable. Dans les travaux d'une certaine importance il convient de conserver la trace de ces études préliminaires, de dresser un véritable plan topographique du sol et du sous-sol. Ce plan sert à étudier et à tracer de la manière la plus convenable la position des différentes rigoles. Voici comment on peut procéder à son exécution : on détermine sur le sol, au moyen du niveau, une série de points appartenant à des courbes horizontales équidistantes, et l'on dessine le plus exactement possible, au moyen de jalons, la position de ces lignes. On trace alors un certain nombre de lignes de plus grande pente qui sont, comme on sait, perpendiculaires aux premières. On enfonce un piquet aux différents points d'intersection des deux séries de lignes dont on vient de parler ; on rapporte la position de ces piquets sur un plan des lieux à grande échelle, et on inscrit sur ce plan les résultats de chacun des sondages faits auprès de ces piquets. Il n'est pas indispensable de tracer, comme on vient de l'indiquer, les lignes horizontales et de plus grande pente du terrain donné. On peut se borner à tracer une série de lignes perpendiculaires les unes aux autres, à en faire le nivellement, à les rappor-

ter sur le plan, avec l'indication des résultats des sondages exécutés à leurs points d'intersection. Mais les personnes habituées au maniement des instruments et à l'étude des plans préféreront suivre la première méthode. Les plans du cadastre, à l'échelle de 0,0004 à 0,0002, sont très convenables pour rapporter les différentes opérations dont on vient de parler.

III. ASSAINISSEMENT AU MOYEN DE RIGOLES COUVERTES, OU DRAINAGE.

Nous avons passé rapidement sur l'assainissement des terres au moyen de rigoles ouvertes; la simplicité des travaux de cette espèce et la connaissance que les cultivateurs possèdent en général des méthodes les plus convenables par leur exécution, nous dispensaient d'insister longuement sur ce sujet. Il n'en est pas de même des opérations dont nous allons maintenant nous occuper. Encore peu connues en France, elles préoccupent cependant l'attention de la manière la plus sérieuse, et méritent en effet une étude attentive.

Sans préconiser outre mesure les nouvelles méthodes, comme certaines personnes le font avec plus de zèle que de discernement, nous croyons pouvoir assurer, et déjà quelques faits l'ont démontré, qu'elles produiront en France, dans un grand nombre de localités, des résultats aussi remarquables et aussi lucratifs qu'en Angleterre. Mais il faut pour cela que le drainage soit appliqué avec intelligence et dans des conditions convenables de lieu et d'économie.

L'assainissement des terrains, au moyen de rigoles couvertes, s'exécute généralement aujourd'hui, en posant au fond de tranchées de 4^m,0 environ de profondeur, des tuyaux de terre cuite que l'on recouvre avec la terre extraite de cette même tranchée. Ce procédé très simple et fort économique n'est employé que depuis peu d'années, et diverses méthodes le remplacent encore aujourd'hui dans certaines circonstances.

Il convient, avant d'entrer dans l'examen détaillé de ces différentes manières d'opérer, d'indiquer d'abord d'une manière rapide l'histoire des procédés d'assainissement à l'aide de rigoles couvertes. Cette étude préliminaire aura le double avantage de préciser autant que possible ce qui constitue l'importance des moyens actuels, et de fournir sur l'ensemble de la méthode des notions générales qui faciliteront l'intelligence des explications étendues qui seront données plus loin.

1. Historique.

L'art d'assainir les terres au moyen de rigoles couvertes se perd dans la nuit des temps. Comme tous les arts utiles, il est probable que ses progrès auront été si lents et si graduellement amenés, que chacun d'eux aura passé pour ainsi dire inaperçu, et sans laisser à son auteur le mérite de sa découverte. Ce qu'il y a de certain, c'est que les Romains connaissaient l'art d'assainir les terres, et qu'ils le pratiquaient sur une grande échelle. Tous leurs écrivains agricoles le signalent, et donnent même sur l'exécution des travaux des préceptes très judicieux, soit que ces procédés d'assainissement aient été employés d'abord par les Romains eux-mêmes, soit qu'ils en aient appris l'usage de peuples plus anciennement civilisés. Il est probable que leurs armées victorieuses et leurs colonies en enseignèrent l'usage dans les différentes parties du monde, et que c'est à leur exemple que furent établis les travaux de cette espèce, dont on rencontre encore de nombreux vestiges, et dont l'origine nous est maintenant inconnue.

Les anciens employaient pour la formation de leurs rigoles souterraines d'assainissement, des pierres, des branchés, et même de la paille. Voici comment Colu-

melle décrit ce travail : «..... S'il est humide (le sol), il faudra faire des fossés pour le dessécher, et donner de l'écoulement aux eaux. Nous connaissons deux espèces de fossés : ceux qui sont cachés et ceux qui sont larges et ouverts..... D'un autre côté, on fera pour les fossés cachés des tranchées de trois pieds de profondeur que l'on remplira jusqu'à moitié de petites pierres ou de gravier pur, et l'on recouvrira le tout avec la terre tirée du fossé. Si l'on n'a ni pierre ni gravier, on formera, au moyen de branches liées ensemble, des câbles auxquels on donnera la grosseur et la capacité du fond du canal, et qu'on disposera de manière à remplir exactement ce vide. Lorsque les câbles seront bien enfoncés dans le fond du canal, on les recouvrira de feuilles de cyprès, de pin, ou de tout autre arbre qu'on comprimera fortement, après avoir couvert le tout avec la terre tirée du fossé; aux deux extrémités on posera en forme de contre-fort, comme cela se pratique pour les petits ponts, deux grosses pierres qui en porteront une troisième, le tout pour consolider les bords du fossé, et favoriser l'entrée et l'écoulement des eaux (1). »

Les mêmes matériaux, employés à peu près de la même manière, ont été utilisés de tout temps, et sont encore aujourd'hui mis en œuvre d'une manière analogue dans beaucoup de parties de la France, pour atteindre le même but. Cependant nous ne connaissons aucun ancien auteur agricole français qui se soit spécialement occupé de ce sujet et qui l'ait traité avec les développements nécessaires, de sorte que l'histoire de l'emploi en France des rigoles d'assainissement couvertes se réduit à très peu de chose, bien qu'assez répandu, nous le répétons, et indiqué par l'abbé Rozier et par d'autres auteurs, comme une pratique très connue et d'un emploi fort répandu. L'Angleterre, au contraire, possède plusieurs traités anciens et spéciaux, sur les procédés d'assainissement, qui permettent de suivre assez facilement la marche progressive de cet art, maintenant si répandu dans le Royaume-Uni.

L'ouvrage anglais le plus ancien sur le drainage agricole paraît être celui du capitaine Walter Blight, dont la troisième édition fut imprimée en 1652. Cet ouvrage, remarquable à beaucoup d'égards, et dans lequel on trouve, au sujet de la misère générale des travailleurs et des moyens d'y remédier, des idées très justes d'économie sociale; idées que suggèrent toujours les temps de révolution, mais que le calme fait trop vite oublier, ne contient pas de simples détails d'exécution des travaux, les préceptes s'appliquent presque toujours sur une saine théorie qui n'a guère été perfectionnée depuis cette époque. Encore aujourd'hui, on ne peut mieux faire que de répéter avec W. Blight, que nous traduisons littéralement : « Quant à ta tranchée de drainage, tu dois la faire assez profonde pour qu'elle aille au fond de l'eau froide qui suinte et croupit.—Un yard, ou quatre pieds de profondeur, si tu veux drainer à ta satisfaction. Et de nouveau, arrivé au fond où repose la source suintante, tu dois aller plus profond d'un fer de bêche, quelque profond qu'il soit déjà, si tu veux drainer ta terre à souhait..... Mais pour ces tranchées ordinaires que l'on fait souvent à un pied ou deux, je dis que c'est une grande folie et du travail perdu que je désire éviter au lecteur » Ces préceptes si justes de Blight semblent s'être peu répandus, car maintenant encore il faut les reproduire et les soutenir, tant est lente la diffusion et la mise en pratique des idées justes, même les plus simples.

A la fin du siècle dernier, Elkington, fermier du Warwickshire, esprit judicieux et observateur infatigable, s'occupa d'une manière toute particulière de l'assainis-

(1) Collection des auteurs latins, publiée par M. Nisard. — Les agromomes latins, page 195.

sement des terrains infestés de sources. Les succès remarquables qu'il obtint d'une pratique intelligente et expérimentée attirèrent sur lui l'attention du parlement. Des récompenses importantes lui furent accordées. Ce fut le premier pas dans la voie des encouragements au drainage, que le gouvernement anglais distribua maintenant sur une si grande échelle. Mais les procédés d'Elkington n'étaient pas assez généraux, ils exigeaient, par cela même, une habileté qu'une longue expérience pouvait seule donner, et ne s'appliquaient qu'à certains sols d'une constitution spéciale.

Cependant l'emploi de drains couverts, plus ou moins profonds, et formés de paille, de branchages et même de briques ou de tuiles, recommandés depuis si longtemps, se répandait peu à peu en Angleterre et en Ecosse, par les soins de propriétaires riches et intelligents, lorsque que Smith de Deanston, au commencement de ce siècle, exposa ses vues sur le drainage, et fit connaître sous une forme systématique les procédés propres à débarrasser à la fois le sol des eaux de source et des eaux de pluie. La méthode de M. Smith, souvent désignée sous le nom de Drainage de Deanston, consistait à ouvrir des rigoles assez rapprochées, de 0^m,60 à 0^m,75 de profondeur, destinées à recevoir les eaux de pluie, filtrant à travers les couches superficielles du sol, à arrêter et à recueillir les eaux de source, sourdant des couches inférieures. Dans les premiers temps de ses travaux, M. Smith garnissait de pierres cassées le fond de ses rigoles, et achevait de les remplir avec la terre qui en avait été extraite. La simplicité et la généralité de ce mode d'opération vulgarisèrent rapidement son emploi, et appelèrent sur lui l'attention publique. Smith, en ramenant à des formules simples et générales les préceptes du drainage profond, et en défendant avec un zèle infatigable la pratique de ses procédés, a puissamment concouru à l'extension que les travaux de drainage ont reçus en Angleterre; son nom restera certainement parmi ceux des hommes les plus utiles à l'agriculture de son pays, bien qu'il n'ait peut-être pas compris assez tôt les avantages de rigoles plus profondes que celles qu'il construisait.

Dans ces dernières années, plusieurs ingénieurs anglais, à la tête desquels se place sans contredit M. Parkes, ont puissamment concouru à l'extension et aux perfectionnements des travaux de drainage. Ils ont soutenu les avantages des tranchées profondes, et ont singulièrement simplifié les procédés d'exécution des travaux. Mais on doit reconnaître que la transformation et l'importance actuelles de l'art du drainage sont principalement dues à l'emploi des briques et des tuiles creuses, et surtout à l'invention et aux perfectionnements rapides des machines à fabriquer les tuyaux de drainage.

Il y a déjà plus de quarante ans que diverses personnes, qui bien certainement n'avaient point connaissance de leurs essais respectifs, placèrent des tuyaux au fond de leurs tranchées d'assainissement. Mais cette pratique était à peine connue, et lorsqu'on parla accidentellement de tuyaux de drainage, à la Société royale d'agriculture de Londres, en 1843, cette communication ne fit aucune impression. On ne s'en occupa que quelques mois plus tard, lorsque J. Read présenta divers spécimens de tuyaux à l'exposition agricole de Derby. Une médaille d'or fut accordée à l'exposant, sur le rapport de M. Parkes, qui comprit toute la valeur de ces essais, et qui n'a cessé, depuis cette époque, de concourir plus ou moins directement aux améliorations et aux perfectionnements de tout genre qui se sont succédé sans interruption. Les explications qui vont suivre feront comprendre toute l'importance de ces perfectionnements, et montreront que de l'emploi de ces tuyaux datent en grande partie la généralisation et l'intérêt pratique des procédés de drainage.

2. Des différents modes d'exécution des canaux de drainage.

On croit devoir exposer d'abord avec détails le mode de construction des canaux de drainage; il serait difficile, avant cette première étude, de faire bien comprendre leur manière d'agir et les résultats à attendre de leur action. Les frais d'établissement des ouvrages de cette nature et leurs résultats économiques ne seront d'ailleurs exposés qu'à la fin de la présente section.

Les rigoles d'assainissement couvertes, ou drains, peuvent s'exécuter de plusieurs manières différentes, entre lesquelles les circonstances locales, le prix de la main d'œuvre, ou celui des matériaux, permettent, en général, de choisir sans difficulté. Les drains garnis de tuyaux de terre sont maintenant, comme on l'a déjà dit, les plus fréquemment employés. On s'occupera d'abord de leur établissement, et l'on indiquera ensuite quelques autres méthodes de construction recommandées à différentes époques, et qui peuvent être avantageusement employées dans quelques circonstances particulières.

1. *Drains garnis de tuyaux de terre.* Quel que soit le mode de remplissage ou de garniture d'un drain, l'ouverture de la tranchée est la première opération à exécuter.

La profondeur de ces tranchées dans les travaux récemment exécutés varie, en général, de 0^m,90 à 1^m,50. Elles ont de 0^m,40 à 0^m,70 de largeur au sommet, et seulement 0^m,06 à 0^m,07 au fond, quand il s'agit de drains secondaires, et 0^m,20 environ pour les drains principaux. Les fig. 42 et 43 donnent le profil exact de tran-

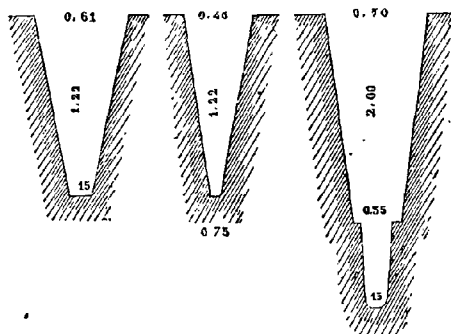


Fig. 42.

Fig. 43.

chées de différentes dimensions. Les deux premiers profils sont adoptés dans des travaux en cours d'exécution; le dernier a été récemment proposé; mais la sujétion qu'il impose à l'ouvrier ne permettra de l'adopter que dans des terrains très faciles à couper. La largeur des tranchées n'a rien d'absolu. Elle dépend en grande partie de l'habitude et de l'adresse des ouvriers terrassiers qui les exécutent; il faut réduire autant que possible cette largeur, pour diminuer le cube des terrassements par mètre courant. L'ouverture au sommet et l'inclinaison des talus sont calculées de manière que l'ouvrier puisse descendre et se tenir facilement dans la tranchée, à 0^m,60 ou 0^m,80 au-dessus de son fond, afin de pouvoir, de ce point, atteindre avec ses outils à la profondeur adoptée.

L'ouverture des tranchées n'offre aucune difficulté dans les terrains ne renfermant pas de corps assez durs pour résister aux instruments ordinaires, et cependant assez compactes pour se maintenir sans éboulement pendant quelques jours. On commence par indiquer la direction de la tranchée à ouvrir au moyen de piquets

et de jalons. On trace ensuite sa largeur, au moyen d'une bêche analogue à celle représentée par la fig. 9, et en se guidant avec un cordeau de 20 à 25 mètres de longueur. Lorsque le sol est garni d'un gazon très épais ou de nombreuses racines de bruyères ou autres, la bêche dont on vient de parler peut être avantageusement remplacée par une espèce de hache (fig. 14). Les instruments employés pour achever de creuser les tranchées ainsi tracées sur le sol sont extrêmement simples. Ce sont (fig. 15, 16, 17 et 18) des bèches en fer

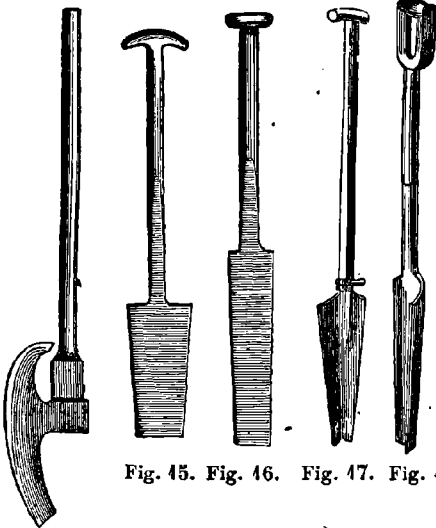


Fig. 15. Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18.

Fig. 14.

bien acéré, solidement emmanchées et garnies de fortes poignées pour en rendre le maniement plus facile. Quelques-unes de ces bèches sont courbes, comme l'indique la figure. On adopte habituellement cette dernière forme pour la bêche étroite et longue qui sert à atteindre la plus grande profondeur du drain.

Les espèces de dragues (fig. 19 et 20) servent à curer et à unir le fond de la tranchée avant la pose des tuyaux. Ces instruments sont d'autant moins nécessaires, que le travail a été mieux fait à la bêche, ils sont presque inutiles avec de très bons terrassiers. On emploie aussi quelquefois, pour régulariser le fond des tranchées, une espèce de dame en

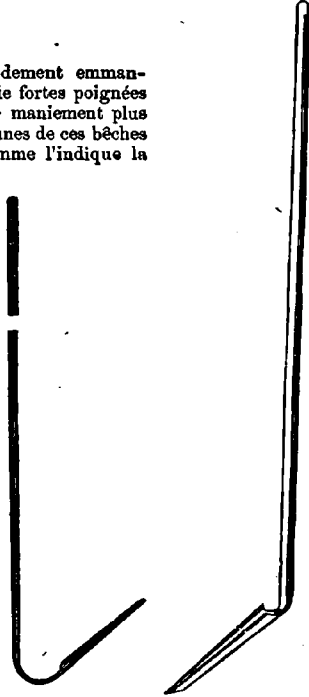


Fig. 19.

Fig. 20.

fer, de forme cylindrique. On doit autant que possible éviter l'emploi de ce moyen, qui augmente la dépense sans avantage réel.

Quand le sol est assez dur pour résister à l'action des instruments précédents, on a recours à l'emploi de la pioche (fig. 21), ou du pic à pédale (fig. 22), que recommandent très vivement quelques ingénieurs.

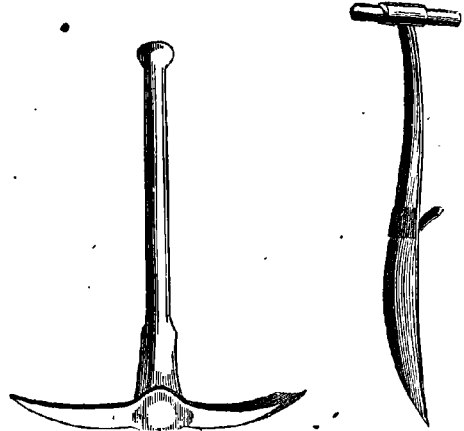


Fig. 21.

Fig. 22.

On doit toujours commencer l'ouverture des tranchées de drains par leur partie inférieure, afin que les eaux que l'on pourrait rencontrer, ou celles provenant des pluies survenues pendant la durée des travaux, puissent constamment s'écouler, sans gêner ou interrompre les ouvriers. La nature du sol que l'on rencontre, l'importance des ouvrages à exécuter et les ressources dont on dispose, peuvent modifier jusqu'à un certain point l'organisation des chantiers. Mais, en général, quand aucune circonstance particulière ne s'y oppose, on partage les ouvriers en brigades de trois hommes. Le premier trace le travail, enlève la couche de terre végétale, et la dépose sur l'un des côtés de la tranchée, pendant que les deux autres achèvent de la creuser. Quand on est obligé d'employer la pioche ou le pic, l'un des hommes emploie ces instruments, tandis que l'autre déblaie les terres ainsi fouillées et régale le fond et les faces latérales de l'ouvrage. Si on peut se borner à l'emploi des bèches, les deux ouvriers opèrent à une petite distance l'un de l'autre; le premier, continuant

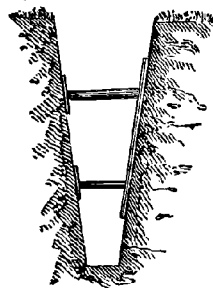


Fig. 23.

le travail commencé par le chef de brigade, et le second terminant l'approfondissage et le régaling de la tranchée.

Dans les terres meubles qui menacent de s'ébouler avant qu'on ait pu poser les tuyaux, on est quelquefois obligé de boiser les tranchées au moyen de planches (figure 23) appuyées contre leurs parois et maintenues par quelques morceaux de bois formant arcs-boutants.

Aussitôt après l'ouverture de la tranchée, il faut soigneusement vérifier ses dimensions. On y parvient facilement en essayant d'y introduire un petit gabarit (fig. 24), formé de trois règles solidement fixées les unes aux autres. Il vaut mieux faire autant de ces gabarits que l'on a de types de sections de drain-

nage, que d'avoir un seul gabarit formé de pièces mobiles, toujours sujettes à se déranger.

L'uniformité de la pente du fond des tranchées est plus importante encore que celle de leur profil transversal. Elle doit être l'objet d'un examen attentif. On la vérifie du reste partiellement au moyen d'une nivelette, analogue à celle des paveurs (figure 25), dont on pose le pied de place en place sur le fond du drain, en s'assurant que dans toutes ces positions sa partie supérieure affleure toujours la ligne de visée guidée par deux autres nivelettes fixées et posées à une hauteur convenable, au moyen d'un niveau, ou de repères déterminés d'avance au moment du tracé des lignes de drains.

Les points de repères des lignes de drains se déterminent à l'aide des procédés ordinaires de nivellement.



Fig. 24.



Fig. 25.

On peut employer avec avantage un niveau à pinnules et à bulle d'air, véritable niveau de Chézy, ne donnant pas les pentes. Cet instrument, facile à manier et plus précis que le niveau d'eau, ne coûte pas plus cher que lui chez les opticiens de Paris.

Quant aux vérifications partielles de la pente des drains, on peut les effectuer au moyen d'un grand niveau de maçon dont la base a 2 mètres à 2^m.50 de longueur, et dont le fil est remplacé par une espèce de pendule muni d'un index, qui parcourt un arc de cercle sur lequel sont tracées les positions répondant à différentes inclinaisons données.

On indiquera plus loin le prix de revient des tranchées, en parlant de l'ensemble de la dépense d'une entreprise de drainage, ainsi que quelques machines qui ont été proposées pour remplacer le travail des ouvriers terrassiers. Ce qui précède suffit pour faire comprendre la marche la plus habituellement suivie. Il nous reste à parler des tuyaux en terre, de leur fabrication et de leur pose.

Forme des tuyaux. Les tuyaux de drainage à peu près exclusivement employés aujourd'hui sont en terre cuite (fig. 26). Ils ont de 0^m.30 à 0^m.40 de longueur;



Fig. 26.

leur diamètre intérieur varie de 0^m.025 à 0^m.20, suivant le volume d'eau dont ils doivent assurer l'écoulement; leur épaisseur est de 0^m.01 environ. Les extrémités des tuyaux sont engagées dans des colliers, également en terre cuite, de 0^m.07 à 0^m.10 de longueur, dont le diamètre est tel que le tuyau entre facilement dans le collier (fig. 27). On a quelquefois proposé d'employer des colliers criblés de trous, pour rendre plus facile l'introduction de l'eau dans le tube de terre. Cette disposition, qui augmentait le prix des colliers et diminuait leur solidité, a été reconnue inutile et même nuisible; l'eau trouve bien assez d'issues entre

les joints imparfaits des tuyaux. Ces ouvertures, plus larges, placées surtout à la partie supérieure d'un tuyau, ne peuvent que faciliter l'introduction des corps solides et concourir ainsi à la dégradation de l'ouvrage.



Fig. 27.

L'emploi de colliers se généralise de plus en plus et ne doit jamais être négligé dans les travaux bien faits.

Le raccordement de deux lignes de drains s'effectue au moyen d'une ouverture circulaire pratiquée dans le plus gros tuyau, et dans laquelle pénètre le plus petit (fig. 28). Ces tuyaux percés d'une ouverture se fa-

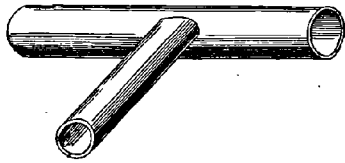


Fig. 28.

briquent très simplement et ne coûtent que un tiers environ en sus du prix des tuyaux ordinaires de même dimension. Il convient d'établir de place en place, sur les lignes de drains de quelque importance, de petits regards. On les construit au moyen d'un bout de gros tuyau percé de deux ouvertures en regard l'une de l'autre, dans lesquelles débouchent les drains. Ce tuyau est placé verticalement, et repose sur une tuile plate. On ferme son ouverture supérieure avec une motte de gazon, une tuile ou une pierre plate, et on la recouvre de terre, en ayant soin de conserver quelque point de repère pour en faciliter la recherche.

On a beaucoup varié la forme des tuyaux en terre cuite. Nous devons indiquer quelques-unes des dispositions essayées, bien que reconnues maintenant inférieures à la précédente, ne serait-ce que pour éviter aux fabricants de renouveler des tentatives dont l'expérience a démontré les inconvénients.

L'une des formes de tuyaux les plus satisfaisantes en apparence est celle indiquée par la fig. 29. La



Fig. 29.

section de ces tuyaux est ovoïde. L'eau s'y rassemble mieux que dans les tuyaux cylindriques et y conserve, même en petite quantité, une certaine vitesse qui peut s'opposer à la formation de dépôts dans l'intérieur des conduits. Mais ces tuyaux sont plus difficiles à poser que les tuyaux ronds, ils ont moins d'assiette au fond de la tranchée et se dérangent plus facilement. Pour éviter ce dernier inconvénient, on a proposé de ménager au tuyau un empatement (fig. 30)



Fig. 30

en conservant au vide la section précédente; mais les tuyaux ainsi construits sont plus lourds et d'un prix

plus élevé que les tuyaux cylindriques qui conservent ainsi sur ces derniers une véritable supériorité. Nous en dirons autant des tuyaux à section de fer à cheval et de plusieurs autres formes plus ou moins analogues aux précédentes, et dont il est inutile de donner les croquis.

Pour éviter l'emploi des manchons et rendre plus complètement solidaires les uns des autres les conduits de drains, on a proposé de terminer leurs extrémités contiguës, quelle que soit d'ailleurs leur section, par des lignes courbes s'enchevêtrant l'une dans l'autre (fig. 31).



Fig. 31.

La fabrication de ces tuyaux ne présente pas de difficulté particulière et n'exige qu'une légère modification dans la partie des machines destinées au coupage des tubes; mais cette disposition, évidemment inutile quand on emploie des manchons de raccordement, ne saurait les remplacer et ne doit dès lors être signalée que pour montrer ses inconvénients. Nous en dirons autant des tuyaux garnis de languettes à leurs extrémités, et, en général, de toutes les tentatives faites pour modifier la disposition indiquée en premier lieu, qui paraît être le dernier degré de simplicité qu'il soit possible d'obtenir. Les tuyaux coniques, s'emboîtant les uns dans les autres, ne peuvent se fabriquer que par des procédés coûteux et ne mériteraient dès lors aucune attention, quand bien même ils présenteraient quelques avantages que la pratique des ingénieurs anglais n'a nullement fait reconnaître.

Fabrication des tuyaux de drainage. Les tuyaux de drainage se fabriquent à la machine. Un volume ne suffirait assurément pas pour expliquer les nombreux appareils destinés à cet usage et inventés depuis que le drainage a pris en Angleterre un si grand développement. Nous nous bornerons à signaler seulement quelques-uns de ces appareils.

La fabrication des tuyaux de drainage est une annexe de l'art du briquetier, traité dans le dictionnaire; quelques mots suffiront par conséquent pour faire comprendre la question à ceux de nos lecteurs qui auront pris connaissance de l'article *Brique* (voyez ce mot).

Choix et préparation de l'argile. Toutes les bonnes argiles à tuiles, bien purgées de pierres et de corps étrangers, conviennent à la fabrication des tuyaux de drainage. Les meilleures sont celles qui se déforment le moins au feu et fournissent après la cuisson les matières les plus dures et les plus sonores. La préparation de la terre pour les tuyaux de drainage est la même, en principe, que pour les tuiles; elle doit seulement être faite avec plus de soin encore; l'expulsion des pierres doit être surtout l'objet d'une attention particulière. On emploie habituellement pour cette première opération un

tonneau broyeur (voyez *Brique et Mortier*) mis en mouvement par un ou deux chevaux. Cet appareil donne des résultats très bons et beaucoup plus économiques que la préparation à bras; il est à peu près exclusivement employé dans les fabriques de tuyaux de drainage en Angleterre. La préparation de la terre a lieu d'une manière un peu différente dans les machines de Clayton dont on parlera plus loin; mais cette machine, qui a été importée en France, est peu répandue en Angleterre et ne paraît pas de nature à se vulgariser, son prix élevé n'étant nullement justifié par ses avantages.

Machines à fabriquer les tuyaux de drainage. Toutes les machines à tuyaux de drainage peuvent se partager en deux classes: les machines à action continue et les machines à action intermittente ou à pistons. Nous décrirons avec quelques détails une machine de chacun de ces systèmes, et nous nous bornerons à indiquer quelques-unes de celles qui se rapportent à ces deux types principaux.

(A). **Machines à action continue.** Nous nous occupons d'abord des machines de cette espèce, parce qu'elles sont maintenant les plus connues en France, et qu'il suffit d'y apporter encore quelques perfectionnements pour leur donner sur toutes les autres une véritable supériorité.

La machine d'Ainslie appartient à la catégorie dont il s'agit. Elle est maintenant parfaitement exécutée dans les ateliers de M. Laurent et a figuré dans toutes nos expositions; elle est employée par quelques fabricants de tuyaux de drainage de Paris, mais ne semble pas jouir parmi les praticiens anglais de la réputation qu'on a cherché à lui faire dans notre pays.

Cette machine (fig. 32) se compose de deux cylindres en fonte tournant en sens contraire. Ces deux cylindres forment l'un des côtés d'un coffre prismatique, dans la face opposée duquel sont ménagées des ouvertures annulaires présentant la section des tuyaux que l'on veut fabriquer. Nous appellerons ces ouvertures les *filières*. La pâte argileuse est déposée sur une toile sans fin placée en avant des deux cylindres et poussée entre

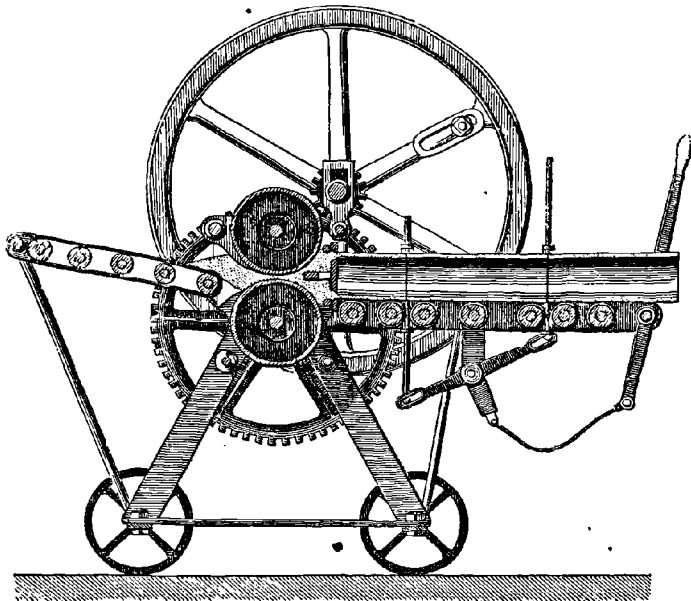


Fig. 32.

les cylindres par un ouvrier. Les cylindres en tournant entraînent la terre argileuse et la compriment assez fortement, dans la boîte dont on a parlé, pour la forcer à passer à travers les filières et à se modeler en tuyaux. Ces tuyaux, en sortant de la filière, sont reçus par une toile sans fin très mobile, que l'on voit à droite de la figure, et sur laquelle ils s'étendent sans se déformer. Pour couper les tuyaux de longueur voulue on emploie un fil métallique porté par un châssis auquel on imprime un mouvement convenable, à l'aide d'une manivelle. Le mouvement du fil doit être combiné de telle sorte que le tuyau, malgré son mouvement de translation, soit coupé bien carrément. Ce résultat est d'ailleurs assez facile à obtenir, et les tuyaux bien fabriqués sont coupés avec une netteté parfaite.

Quelques expériences ont été faites, au Conservatoire des arts et métiers de Paris, sur la force nécessaire à la mise en jeu de la machine que l'on vient de décrire. La filière employée donnait des tuyaux de 0^m,030 de diamètre intérieur et de 0^m,045 de diamètre extérieur; un seul homme tournant la manivelle fournissait 225 mètres de tuyaux à l'heure. Les tuyaux de 0^m,360 de longueur pesaient chacun, en sortant de la filière, 0^k,632; après 48 heures d'exposition à l'air ils ne pesaient plus que 0^k,534, ce qui indique que l'argile était assez fortement humide. On a reconnu, à l'aide du dynamomètre de M. Morin appliqué à l'appareil, que dans ces circonstances le travail dépensé était de 186 kilogrammètres par mètre courant de tuyau ou de 406 kilogrammètres par kilogramme de tuyau mou sortant de la machine. Ces chiffres établissent que l'ouvrier appliqué à la manivelle produisait une quantité de travail de beaucoup supérieure à la force moyenne de l'homme et qu'il n'aurait pu, par conséquent, continuer longtemps avec ce degré d'activité.

La machine d'Ainslie est habituellement servie par quatre hommes et trois ou quatre enfants. Deux ouvriers tournent alternativement la manivelle, un autre fournit l'argile aux cylindres, et le dernier coupe les tuyaux et les enlève de la toile sans fin pour les déposer à côté de lui. Les enfants apportent la terre que l'ouvrier dirige vers les cylindres, et portent au séchoir les tuyaux fabriqués.

La machine d'Ainslie peut fournir par jour 4,800 à 2,200 mètres de tuyaux de la dimension indiquée. Elle coûte, prise chez M. Laurent, 750 fr.

Un fabricant français fort ingénieux, M. Champion, a proposé d'appliquer à la fabrication des tuyaux de

venons de parler. L'une des faces verticales de cette boîte, dirigée à peu près suivant un rayon du disque, est séparée de sa surface par un intervalle de quelques millimètres; toutes les autres faces latérales de la boîte frottent sur le disque. L'argile, déposée en avant de la boîte, est entraînée par le mouvement de rotation du disque et s'introduit dans cette boîte par l'intervalle dont on vient de parler. Elle s'accumule dans cette capacité, et pressée par la matière qui entre sans cesse, tend à en sortir en traversant des filières convenablement disposées pour la fabrication des tuyaux ou de pièces de tout autre profil.

Parmi les machines à tuyaux à action continue, nous citerons entre autres celles de M. Franklin et de M. Ethevidge. Ces deux appareils consistent en tonneaux broyeur, avec couteaux hélicoïdaux, garnis, à leurs parties inférieures, de filières à tuyaux. Dans la première de ces machines, les filières, au nombre de deux, sont disposées latéralement au tonneau aux extrémités, d'un même diamètre; dans la seconde les filières sont placées dans le fond même du tonneau, élevé au-dessus du sol, et les tuyaux sortent verticalement de la machine. Cette seconde disposition nous paraît moins heureuse que la première, et du reste l'inventeur lui-même y a renoncé dans ses dernières machines, qui sont garnies de quatre filières établies sur les faces latérales du cylindre, aux extrémités de deux diamètres perpendiculaires. Les machines dont nous parlons paraissent assez bien appropriées à une grande fabrication locale; mais elles donnent des produits de qualité un peu inférieure. Ces appareils ne semblent pas devoir être recommandés en France. Leur prix est d'ailleurs assez élevé; la machine de M. Franklin coûte 875 fr., et celle de M. Ethevidge 1,050 fr. Leur manœuvre exige un cheval, un ou deux ouvriers et six ou sept enfants.

(B) *Machines à action discontinue.* Toutes les machines de cette classe sont établies sur le même principe: la compression, au moyen d'un piston, de l'argile molle renfermée dans une capacité garnie de filières à tuyaux.

La figure 33 indique la forme générale de la machine de Soragg, qui, en raison de sa simplicité, de son bas prix d'établissement et de l'excellente qualité de ses produits, semble l'une des mieux appropriées aux besoins actuels de la fabrication de nos potiers. Le banc de la machine porte, à chacune de ses extrémités, une boîte rectangulaire en fonte de 0^m,25 de profondeur, de 0^m,50 de longueur et de 0^m,30 de largeur. Ces boîtes sont fermées à leur partie supérieure par un

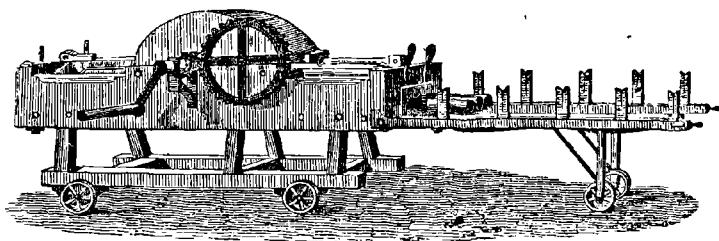


Fig. 33.

drainage une machine fort curieuse qu'il avait imaginée antérieurement pour un autre but. Le principe de cette machine est trop remarquable pour que nous ne le fassions pas connaître. L'argile est déposée sur un disque horizontal en fonte, de 4^m,20 à 4^m,50 de diamètre, porté par un arbre vertical recevant, d'engrenages convenablement disposés, un mouvement de rotation plus ou moins rapide. Une espèce de boîte sans fond est fixée au-dessus du disque tournant dont nous

couvercle à charnière, maintenu par un fort taquet, et à leur extrémité antérieure elles sont garnies de filières à tuyaux analogues à celles de la machine d'Ainslie. Un piston rectangulaire en fonte pénètre dans chaque boîte par l'extrémité opposée à celle des filières. Ces deux pistons sont fixés aux deux bouts d'une même crémaillère horizontale, conduite par un pignon de vingt dents monté sur le même arbre qu'une roue de quatre-vingts dents. Cette roye est conduite par un

pignon de douze dents. La crémaillère, la roue et les deux pignons dont nous venons de parler sont cachés par une boîte en bois muice qui recouvre ces parties de la machine. Le dernier pignon dont il vient d'être question est monté sur l'arbre de la grande roue extérieure de quatre-vingts dents que montre la figure; cette roue elle-même engrène avec le pignon de quinze dents monté sur l'arbre de la manivelle. La longueur de la crémaillère qui porte les deux pistons est telle que l'un d'eux se trouve à l'entrée de l'une des boîtes quand l'autre arrive au fond de la seconde boîte. Lorsque la crémaillère s'avance, l'un des pistons comprime, par conséquent, l'argile dans une des boîtes, tandis que le second piston sort de l'autre boîte. Un homme et deux enfants suffisent, à la rigueur, pour manœuvrer cette machine. L'homme tourne la manivelle, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, selon le piston qu'il faut faire avancer, tandis que les enfants coupent les tuyaux et remplissent les coffres de terre argileuse. Le remplissage de ces coffres se fait très facilement en soulevant le couvercle et en introduisant la terre pendant que le piston se retire; de sorte que chaque boîte est complètement remplie et prête à donner des tuyaux au moment même où l'autre achève de se vider. Avec une bonne machine de cette espèce activement servie, on peut faire, dit-on, jusqu'à 20,000 tuyaux par jour. Les tuyaux, en sortant de la filière, sont reçus, comme dans la machine d'Ainslie, par une série de rouleaux.

La machine que l'on vient de décrire est peu pesante et portable. Elle se vend 750 fr. en Angleterre; mais on pourrait facilement l'établir en France, où jusqu'à présent elle n'est point brevetée, pour 400 ou 450 fr. au plus.

La machine de Clayton, qui a été importée en France depuis plusieurs années, et qui a figuré aux expositions de Versailles, est fondée sur le même principe que la précédente. Mais elle est d'un poids extrême, d'un prix fort élevé et d'une complication mécanique qui rendrait son emploi peu avantageux dans une petite fabrique. Cette machine se compose de deux cylindres verticaux en fonte, dans chacun desquels se meut un piston métallique. Ces pistons s'abaissent et s'élèvent alternativement dans chaque cylindre, et forcent l'argile à s'échapper sous forme de tuyaux ou de briques à travers les filières disposées dans le fond inférieur de chaque cylindre. Les tuyaux sortent alors verticalement, ils sont coupés de longueur et recueillis comme dans toutes les machines où l'on adopte ce mode de sortie, qui présente, du reste, comme on l'a déjà remarqué, plus d'un genre d'inconvénient.

L'un des cylindres de la machine de Clayton sert habituellement à préparer la terre que l'autre cylindre façonne en tuyaux ou en tuiles. A cet effet, le fond de ce tuyau, au lieu d'être garni d'une filière ordinaire, est remplacé par une forte grille en fer criblée de trous d'un faible diamètre. L'argile comprimée sort en filets à travers cette espèce de crible, tandis que les pierres et les autres impuretés restent dans le cylindre d'où on les extrait avant d'introduire une nouvelle proportion d'argile. Ce mode de préparation de la terre fournit évidemment de l'argile très pure, mais ne mélange peut-être pas assez les différentes parties de la masse, et entraîne d'ailleurs à une dépense considérable. Toutes les machines à piston peuvent, du reste, recevoir au besoin un crible de cette espèce.

Parmi les autres machines à piston, nous signalerons encore celle de Webster. Elle est entièrement en métal, et pèse huit tonnes. Cette machine présente la plus grande analogie avec celle de Scragg. La fig. 34 permettra d'en saisir facilement les dispositions essentielles. Cette machine est bien établie, et l'emploi d'une roue à levier permet de réduire un peu les engrenages;

mais le prix de la fonte, en France, la rendrait trop coûteuse pour que son emploi s'étendit beaucoup.

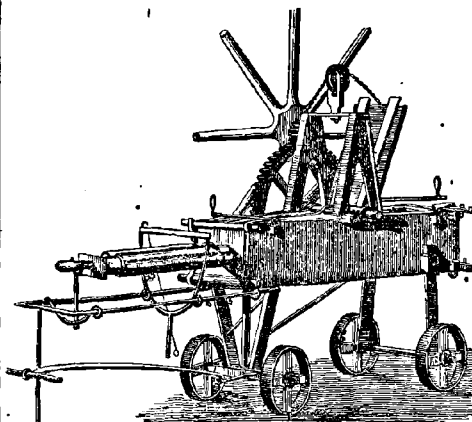


Fig. 34.

Les machines se prêtent difficilement à la fabrication des tuyaux de plus de 0^m,09 à 0^m,10 de diamètre. Quand les calibres supérieurs sont nécessaires, on les fabrique à la main, à l'aide de mandrins, par les méthodes ordinaires.

Séchage des tuyaux. Quelle que soit la machine employée, les tuyaux, en sortant de l'appareil qui les moule et les coupe de longueur, sont enlevés par des enfants qui les soulèvent en introduisant, dans leur intérieur, des baguettes de diamètre convenable réunies en forme de ratelier, au nombre de deux, trois ou quatre sur une même machine, et les transportent aux séchoirs. Ces séchoirs sont de véritables étuves où l'on élève la température jusqu'à 70 degrés, ou de simples hangars semblables à ceux de nos tuileries, et sous lesquels on dispose les tuyaux à plat sur des étagères en planches horizontales.

On retourne de temps en temps les tuyaux en les changeant de place, et lorsque la dessiccation est fortement avancée, on les fait rouler un à un, par des enfants, sur une pierre unie pour les régulariser et faire disparaître les déformations qui se produisent quelquefois

pendant le séchage, surtout quand l'argile était un peu trop molle. Ce roulement des tuyaux, avant le dernier séchage et la mise au feu, est regardé comme fort important par les praticiens anglais.

Fabrication des colliers et tuyaux de raccordement. Les colliers se fabriquent d'une manière très simple : on prépare des tubes d'un diamètre convenable, et à peu près de la longueur ordinaire, et, quand ils sont en partie séchés, on les roule sur une planche rectangulaire (fig. 35) garnie de trois lames d'acier faisant une saillie égale à la moitié environ de l'épaisseur du tuyau, et espacées entre elles de la longueur que l'on veut donner au

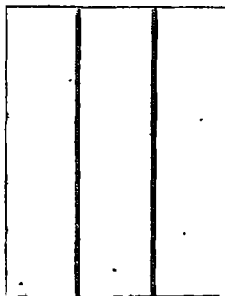


Fig. 35 (éch. 0,04).

la moitié environ de l'épaisseur du tuyau, et espacées entre elles de la longueur que l'on veut donner au

collier. Le tuyau se trouve ainsi partagé en tronçons qui n'ont plus entre eux qu'une assez faible adhérence. On termine le séchage et on cuit, comme les autres, les tuyaux ainsi préparés. Après le défournement, il suffit d'un coup sec, donné à faux, pour séparer les tronçons du tuyau, et obtenir les colliers.

Les ouvertures circulaires et latérales, que doivent présenter les tuyaux destinés à former des regards ou des raccordements d'une ligne de drains avec une ligne d'un ordre plus élevé, sont exécutées à la main sur les tuyaux à moitié desséchés, par des enfants munis d'un compas grossier ou d'un patron, et d'un petit couteau avec lequel ils coupent la terre argileuse.

Cuisson. Tous les fours à tuiles peuvent servir à la

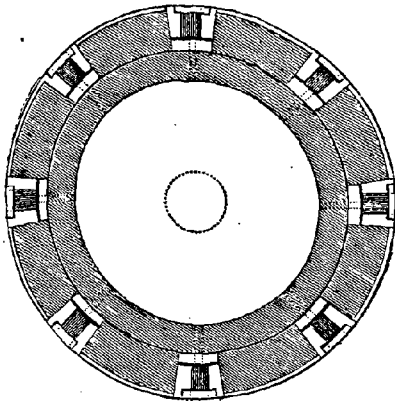
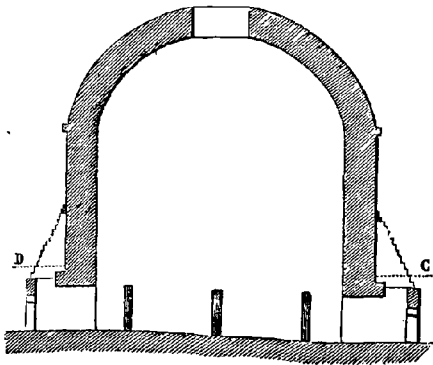
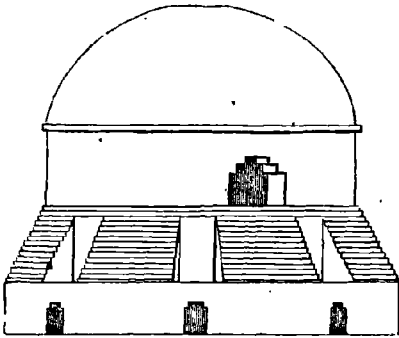


Fig. 36 (éch. 0,04).

cuisson des tuyaux de drainage. On dispose les tuyaux verticalement les uns à côté des autres. Quand on cuit en

même temps, ce qui a presque toujours lieu, des tuyaux de grosseurs différentes, on introduit les plus petits dans les plus gros, pour ménager la place et s'opposer à l'irrégularité que produiraient, dans le tirage, des canaux entièrement libres, et d'un trop fort diamètre.

Les fabricants spéciaux de tuyaux de drainage emploient généralement dans les établissements d'importance moyenne un four en coupole, dont la fig. 36 indique suffisamment la disposition. Le combustible est placé sur les allandiers disposés à la circonférence de la base du fourneau. Le fourneau est en briques communes garni intérieurement d'une chemise en argile réfractaire. Quelques fourneaux sont même entièrement en terre et construits d'une manière analogue aux ouvrages en pisé.

On peut cuire à la fois dans un four de cette espèce 30 à 35 mille tuyaux de 0^m,045 de diamètre, disposés verticalement les uns au-dessus des autres. La cuisson dure 33 à 35 heures, et consomme 4 tonnes environ de houille de qualité moyenne. On défourne 24 heures après l'extinction du feu, en démolissant les cloisons légères établies après l'enfournement dans les portes ménagées dans les côtés du four. Deux fours semblables au précédent suffisent pour cuire le produit de la fabrication d'un bon tonneau broyeur et de deux machines de Scragg.

Pose des tuyaux au fond des tranchées. Aussitôt après l'achèvement de la tranchée et la vérification de son profil transversal et de sa pente longitudinale, on s'occupe de la pose des tuyaux. Cette opération exige beaucoup de soin; elle doit être confiée à un ouvrier exercé et constamment surveillé par le directeur du travail.

Quand on emploie des colliers, les tuyaux s'y engagent et sont ainsi maintenus à la suite les uns des autres. On cale les tuyaux et leurs colliers au fond de la tranchée au moyen de quelques petites pierres, ou de simples mottes de terre soigneusement appliquées et un peu pilonnées, sur lesquelles on jette la terre extraite de la tranchée et déposée sur un de ses côtés. Lorsqu'on n'emploie pas de colliers, on met les tuyaux bout à bout, aussi exactement que possible; on les assujettit à leur point de raccordement au moyen de quelques tessons provenant de tuyaux cassés ou de tuiles, par-dessus lesquels on tasse fortement une motte de terre aussi grosse que possible, et l'on termine le remplissage comme dans le premier cas. Inutile d'ajouter que ce mode de pose est plus délicat que le premier, qu'il demande plus de temps et d'adresse, et qu'il ne peut jamais offrir autant de garanties.

Pour déposer au fond des tranchées étroites et profondes les tuyaux de terre, on emploie un des instruments représentés par les figures 37 et 38. L'ouvrier le

Fig. 37.

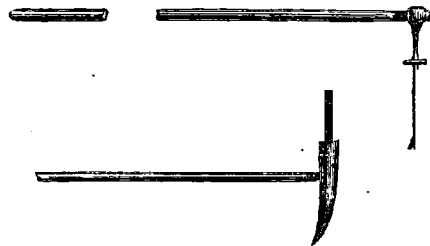


Fig. 38.

tient par le manche en bois et introduit dans le tuyau la tige placée à l'extrémité; il enlève ainsi le tuyau et le dépose à la place qu'il doit occuper. Cet outil est

surtout précieux pour poser les tuyaux à colliers. La tige entre dans le tuyau qui vient s'appuyer contre l'épaulement. La longueur de cet épaulement est égale à la moitié de celle du collier; son diamètre est supérieur au diamètre intérieur du tuyau et inférieur à celui du collier; de sorte qu'on maintient ainsi le tuyau et le collier dans la position relative qu'ils doivent occuper, et qu'il est facile d'introduire l'extrémité libre du tuyau dans le collier précédent, déjà déposé de la même manière au fond de la tranchée. La tige et son épaulement sont en fer dans l'appareil représenté par la fig. 37. Dans celui de la fig. 38, la tige est en bois et se termine, à son autre extrémité, par une espèce de petite pioche qui peut servir à enlever un gravier, ou une petite motte de terre tombée accidentellement au fond de la tranchée.

Les tuyaux sont déposés à l'avance, par des enfants, le long de la tranchée. On les y apporte sur des brouettes ou sur de petites civières garnies de deux planches verticales pour empêcher les tubes de rouler.

2. *Des différents genres de drains non garnis de tuyaux de terre.* Les drains avec tuyaux en terre cuite, garnis de colliers, sont aujourd'hui, nous ne saurions assez le répéter, généralement adoptés. On ne les remplace que dans des circonstances spéciales et exceptionnelles par d'autres natures de conduits que nous devons décrire maintenant, ne serait-ce que pour éviter à quelques agriculteurs de les employer sur la foi de certains ouvrages, reproduction d'anciens livres, et qui les présentent à tort comme étant encore aujourd'hui d'un emploi étendu.

Drains avec tuiles courbes et solles plates. L'emploi de tuiles creuses, posées au fond de la tranchée de drainage sur une solle plate (fig. 39), était déjà un véritable per-



Fig. 39.

fectionnement sur la plupart des méthodes antérieurement employées. Mais les tuyaux d'une seule pièce remplacent évidemment avec avantage ces pièces séparées et beaucoup plus fragiles qu'eux. Cependant on peut encore avoir l'occasion d'employer les tuiles creuses, soit pour épuiser d'anciens approvisionnements, soit pour faire des essais de drainage dans des localités où les tuiles seraient un objet de fabrication courante, et dès lors peu coûteuses, et où l'on ne voudrait pas, avant d'être éclairé sur les résultats du drainage, faire les frais d'établissement d'une fabrication de tuyaux. Il est dès lors nécessaire d'entrer dans quelques détails au sujet de l'emploi de cette nature de matériaux.

Les tranchées destinées à recevoir des conduits en tuiles courbes ne diffèrent pas, quant à la profondeur, de celles qui doivent être garnies de tuyaux; seulement leur largeur au fond doit être un peu plus considérable, pour que la tuile plate y entre librement et y prenne complètement son assiette.

La longueur des tuiles plates est quelquefois égale à celle des tuiles courbes; mais il vaut mieux que ces dernières ne soient que le tiers de la longueur de la solle, comme l'indique la figure, afin que chaque solle porte deux tuiles entières. Dans tous les cas on place les tuiles et les solles à joints croisés. Quand les solles sont soigneusement posées et mises en contact entre elles et avec le terrain, on place les tuiles courbes. Il convient de les entourer de manière à garnir le fond du drain avec de la paille ou des gazons, ou toutes autres matières filamenteuses, pour empêcher la terre et le gravier de s'introduire dans le canal, à travers les

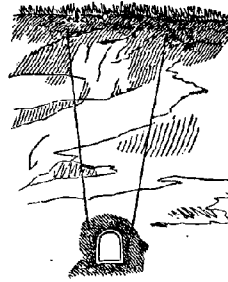


Fig. 40.

joints si nombreux et toujours imparfaits qui existent entre les différentes parties du canal. On tasse soigneusement les premières couches de terre sur le tuyau et on achève de le remplir comme de coutume. La figure 40 représente la coupe d'un drain ainsi garni.

Le raccordement de deux lignes de drains a lieu au moyen de tuiles échancrées (fig. 41), les drains principaux sont formés de deux

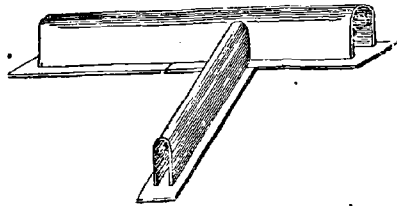


Fig. 41.

tuiles courbes, séparées par une solle plate, ou de trois tuiles courbes placées l'une près de l'autre (fig. 42).

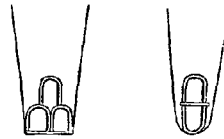


Fig. 42.

La fabrication des tuiles courbes peut se faire au moyen des machines à tuyaux, en remplaçant les filières circulaires par de simples plaques percées d'une ouverture en U, ou bien sans machines, comme les tuiles fatières ordinaires. Toute

l'attention de l'ouvrier doit se porter sur la partie courbe qui est sujette à se briser, par suite de la fatigue qu'éprouve la terre courbée trop brusquement ou dans un état de sécheresse trop avancée.

Quelques agriculteurs, trompés par l'apparence de dureté et de résistance de la terre du fond de la tranchée, ou séduits par l'espoir d'une fausse économie, ont voulu supprimer les solles plates sous les tuiles courbes, ou ne placer ces espèces de semelles que sous les joints des tuiles courbes. Ces différents modes d'opération ne donnent que de très mauvais résultats. Les argiles les plus dures, sous l'action de l'air et de l'eau, se délitent et se détrempent rapidement, la tuile courbe s'enfonce dans le terrain et le tuyau est bientôt complètement détruit ou bouché.

Drains en pierre. Les drains de cette espèce sont formés de petits matériaux jetés pêle-mêle au fond de la tranchée, ou bien présentent de véritables petits canaux plus ou moins artistement disposés pour utiliser les pierres dont on dispose. Cette dernière forme ne saurait en général être recommandée. L'arrangement des pierres présente de la difficulté, l'ouvrage se détériore rapidement et le canal sert de refuge aux taupes et à d'autres animaux nuisibles qui accélèrent encore sa destruction. La fig. 43 représente une des dispositions les plus ordinaires de ces sortes

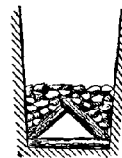


Fig. 43.

de pierrées, que nous ne signalons ici qu'en passant à cause de la rareté des circonstances où il convient de les employer. Il en est tout autrement des drains rem-

plis de petites pierres jetées au hasard, que l'on pourrait appeler drains à pierres perdues; fortement recommandés par Smith, ils ont été employés sur une immense échelle, ont rendu de très-grands services et doivent encore être préférés dans certaines circonstances particulières que nous indiquerons. Il convient d'étudier avec soin tous les détails de leur construction.

Les tranchées remplies de pierres cassées, de gros graviers ou de galets, doivent avoir environ 0^m,18 de largeur au fond et présenter, à 0^m,38 au-dessus de ce fond, limite à laquelle s'arrête la couche de pierres, une ouverture de 0^m,23. La profondeur de la tranchée, toutes choses égales d'ailleurs, doit être un peu plus considérable que celle qui est nécessaire pour les drains à tuyaux. L'exécution de ces tranchées ne présente d'ailleurs aucune particularité remarquable.

Quand on peut se procurer des cailloux bien propres ou des galets d'une grosseur convenable ces matériaux doivent être préférés. A défaut de cailloux de cette espèce on emploie des pierres parfaitement purgées de terre et cassées de manière que les plus grosses puissent passer dans un anneau de 0^m,076 de diamètre. De plus gros matériaux pourraient tomber au fond de la tranchée et y former, de place en place, de véritables barrages. Les petits matériaux d'ailleurs remplissent plus également l'espace, soutiennent mieux les parois de la tranchée et s'opposent plus efficacement aux ravages des taupes et des rats d'eau. Le cassage des pierres ne doit pas se faire sur les bords des drains, mais bien dans des chantiers spéciaux d'où on apporte les pierres, au moyen de charrettes, et mieux de camions à bras, quand la distance est assez peu considérable. Le derrière des charrettes ou camions qui servent au transport des pierres doit être garni d'une planche à rebord, disposée comme l'indique la fig. 44, pour arrêter les pierres

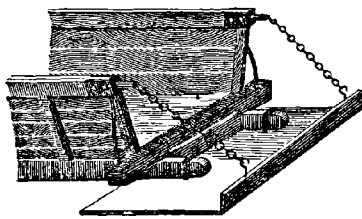


Fig. 44.

qui pourraient se répandre sur le sol quand on les extrait avec une pelle de l'intérieur de la voiture.

Dans les travaux soigneusement exécutés on ne se borne pas à jeter pêle-mêle les pierres dans le drain; on leur fait subir un triage et un dernier nettoyage au moyen d'un double crible d'une forme particulière, représenté par la fig. 45. Ce crible est supporté par quatre montants verticaux de 4^m,50 de hauteur, environ, fixés aux côtés d'une brouette ordinaire. On peut changer l'inclinaison du crible au moyen des vis qui le fixent au châssis. Le plan du crible supérieur est prolongé par le fond d'une auge en planche, assez longue pour arriver un peu au delà du bord de la tranchée à remplir. La planche verticale *a*, fixée aux côtés prolongés du crible, a pour but de forcer les pierres, qui roulent sur le plan incliné de l'appareil, à tomber verticalement au fond de la tranchée sans aller choquer et dégrader la face latérale. Cette planche doit venir s'appuyer contre le bord de la tranchée opposé à celui où se trouve la brouette. Au-dessous du crible dont on vient de parler, existe un second crible plus fin débouchant dans la brouette; il retient les petites pierres qui ont traversé le premier crible, les jette dans la

brouette et laisse passer la terre et les poussières mêlées aux pierres. Ces impuretés tombent sur le sol. L'écartement des fils du crible supérieur varie de 0^m,040 à 0^m,050, et celui des fils du crible inférieur de 0^m,040 à 0^m,045.

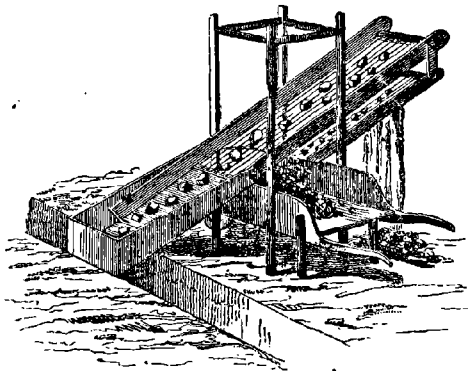


Fig. 45.

L'emploi de l'instrument précédent est extrêmement simple. Les pierres prises à la pelle dans le camion dont on a déjà parlé sont versées (et non jetées) sur la partie supérieure de l'appareil, que l'on garnit de tôle pour éviter la trop prompte usure du bois par le choc réitéré de la pelle en fer. Les pierres les plus grosses tombent au fond du drain et les plus petites dans la brouette. Quand les pierres sont arrivées dans la tranchée à la

hauteur voulue, on déplace un peu la brouette et on continue le remplissage. On régularise alors sur une petite longueur avec un râteau la surface de l'empierrement, on jette dessus les plus petites pierres recueillies dans la brouette et on continue ainsi jusqu'à l'extrémité de la tranchée. On pilonne l'empierrement avec une espèce de dame en bois pour le tasser et rendre la surface aussi compacte que possible, et enfin on remplit le drain avec la terre qui en avait été extraite. La fig. 46 représente la coupe en travers d'un drain de 4^m,40 de profondeur ainsi exécuté.

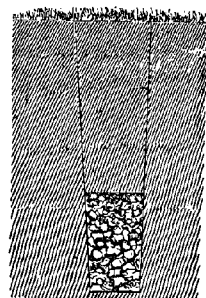


Fig. 46.

Deux hommes occupés, le premier, à décharger les tombereaux, le second, à manœuvrer le crible, à égaliser l'empierrement et à le damer, emploient par heure de travail de 2^m cube,50 à 3^m cube,00 de pierre. Ce résultat, observé dans une expérience faite très en grand, n'a pu être obtenu qu'avec d'excellents ouvriers; il permet cependant d'apprécier approximativement la dépense de cette partie de l'opération.

On conseille quelquefois de mettre des gazons fortement tassés au-dessus de l'empierrement, disposé comme on vient de le dire. Cette méthode paraît vicieuse, puisque le gazon, en se décomposant, amène un détritit très fin qui s'introduit facilement dans les pierres, et produit ainsi l'effet auquel on voulait s'opposer. Il vaut mieux couvrir seulement l'empierrement de gravier ou de sable et le pilonner avec soin, ainsi que la première couche de terre.

Considérés en eux-mêmes, les drains empierreés sont, sous beaucoup de rapports, inférieurs aux drains à tuyaux. Ils sont, en général, plus coûteux que ces

derniers, exigent plus de main-d'œuvre et des précautions plus minutieuses d'exécution. Ils doivent être moins durables, et enfin causent à la terre beaucoup plus de dommages pendant leur exécution, en raison des transports considérables qu'ils exigent et de la plus grande section des tranchées. Les drains en empierrement ne paraissent donc devoir être adoptés maintenant que dans un terrain qu'il faut épierrer. On évite des frais de transport quelquefois considérables, et des pertes de terrain, en jetant dans les drains les produits de l'épierrement. Ces avantages peuvent compenser ce que la méthode en elle-même offre de peu satisfaisant.

Drains garnis de fascines. Les coulisses garnies de cordes en paille, de branchages ou de fascines, déjà employées par les peuples de l'antiquité, comme on l'a vu au commencement de cette section, sont encore très répandues dans plusieurs parties de la France, de l'Angleterre, et paraissent même assez appréciées en Allemagne. Le peu de durée des matériaux de cette espèce, qui ne sauraient résister plus de six ou huit ans dans des sols humides, doit les faire rejeter par tous les agriculteurs éclairés. On ne doit y recourir que dans des cas de pénurie extrême, lorsque les pierres et les matériaux argileux sont également rares et coûteux. Voici, du reste, comment on exécute, quand on est forcé d'y avoir recours, les ouvrages de cette espèce.

Les drains garnis de fascines, par le fait même de leur peu de durée, ne sauraient être poussés aux profondeurs considérables que nous avons indiquées comme les plus convenables pour un bon drainage; on ne leur donne guère plus de 0^m,55 à 0^m,75 de profondeur. Leur forme varie avec les localités. Quelquefois leur section transversale est un simple trapèze dont le fond est garni de fascines posées sur le sol ou supportées de distance en distance par des croisillons en bois. Dans d'autres circonstances on ménage un double épaulement, sur lequel repose la fascine qui sert alors seulement à recouvrir la petite rigole pratiquée au-dessous d'elle. Dans tous les cas, et quelle que soit la disposition adoptée qui peut, comme on le conçoit, varier à l'infini, on place au-dessus des fascines des branchages légers ou des gazons, si on peut s'en procurer, et on tasse fortement au-dessus les premières couches de terre.

On fabrique les fascines sur un métier (fig. 47) formé de trois ou quatre croix en bois, enfoncées de

Fig. 47.

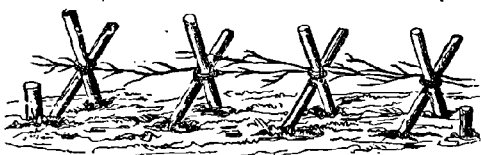


Fig. 48.

0^m,30 environ dans la terre, et s'élevant à 0^m,60 au-dessus du sol. Ces croisillons sont espacés de 0^m,60 à 1^m,20 les uns des autres, et formés de rondins d. 0^m,15 à 0^m,20 de diamètre. On les charge de la quantité de branches nécessaire à la fabrication d'un saucisson, et pendant qu'un ouvrier serre fortement ce fagot avec une corde nouée à deux bâtons (fig. 48), un autre

ouvrier les lie avec une hart de bois flexible, préalablement passée à la flamme pour lui donner plus de souplesse.

Tuyaux de drainage en sapin. Le bois de pin, dans un terrain fortement humide, peut se conserver fort longtemps; aussi a-t-on proposé de s'en servir pour faire des tuyaux de drainage de différentes formes. M. Scot de Craignuie construit ces tuyaux avec quatre planches de 0^m,025 d'épaisseur, clouées ensemble et formant un canal rectangulaire de 0^m,05 de côté intérieurement, et de 0^m,10 extérieurement. Les planches sont percées de trous pour faciliter l'introduction de l'eau. M. J. Fowler a construit des machines pour fabriquer, d'une seule pièce, des tuyaux de cette espèce. Le bois est débité, à la scie circulaire, en parallépipèdes rectangulaires de 0^m,38 de longueur et de 0^m,065 de côté. Un chariot mobile sur un banc de tour incliné reçoit ces pièces de bois, et les présente à une meche mue par le tour, qui les fore dans toute leur longueur. Une dernière machine tourne les extrémités de manière qu'elles puissent s'engager les unes dans les autres. Les tuyaux sont d'ailleurs, comme les précédents, percés de trous, ou sciés suivant une de leurs arêtes, pour donner passage à l'eau. Avant l'emploi, on les passe dans un bain de créosote impure pour augmenter leur durée. M. Fowler introduit ses tuyaux dans le sol, à la suite du soc d'une charrue-taube, perfectionnée par lui, et d'ailleurs analogue à celle qui sera décrite plus loin.

Dans les circonstances ordinaires les tuyaux de bois sont plus coûteux que les tuyaux de terre; cependant ils pourraient avantageusement lutter avec eux dans quelques pays où les bois sont sans valeur, et où de nombreuses chutes d'eau pourraient fournir le moteur nécessaire à la fabrication, qui est tellement simple qu'elle peut être entièrement confiée à des enfants. Nous avons dû dès lors indiquer cette espèce de tuyaux.

Drains avec conduits en tourbe. Dans le drainage des terrains tourbeux et marécageux, on emploie avec succès, et souvent avec une grande économie, des tuyaux

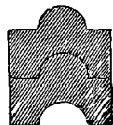


Fig. 49.

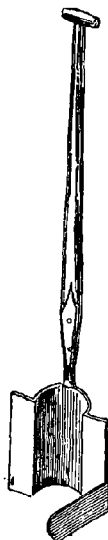


Fig. 50.

exécutés avec la tourbe elle-même. Ces tuyaux sont formés de deux parties superposées (fig. 49), laissant entre elles un vide de forme circulaire dans lequel l'eau s'écoule. Les deux parties qui composent ainsi le tuyau sont parfaitement égales et se découpent dans la masse tourbeuse au moyen d'un louchet (fig. 50) d'une forme particulière, qui produit d'un seul coup la disposition voulue. Un ouvrier exercé fait deux à trois mille prismes par jour. Les morceaux de tourbe ainsi taillés sont fortement desséchés au soleil avant l'emploi. Ils présentent alors, quand la ma-

tière première est de bonne qualité, une grande résistance, et sont parfaitement propres à l'emploi qui leur est destiné. Ces tubes en tourbe sont du reste placés au fond d'une tranchée ordinaire que l'on remplit comme de coutume. Les drains en tourbes sont d'autant plus utiles dans le dessèchement des marécages, qu'il n'existe en général ni argile ni pierres à proximité de cette classe de terrains, dont l'assainissement deviendrait impossible sans l'emploi de cette méthode particulière.

On adopte quelquefois, dans le drainage des terrains tourbeux, une autre disposition qui peut également donner de bons résultats. On ménage au-dessus de la rigole étroite qui termine le drain deux épaulements, sur lesquels on rejette la surface placée en dessous, la première motte enlevée de la tranchée, par-dessus laquelle on replace les deux mottes de la seconde tranche de terrain. La fig. 51 indique cette disposition, qui exige une grande précision, rendue d'ailleurs assez facile par la nature même des terrains auxquels s'applique cette méthode. On a quelquefois conseillé cette disposition dans les terrains ordinaires, mais elle n'est pas de nature à présenter de bons résultats.

Drains sans tuyaux. On a souvent essayé dans les terres fortes, et surtout dans les argiles très compactes, de construire des drains sans aucune espèce de tuyaux, en utilisant seulement la résistance propre des terres de cette nature. Les travaux de drainage de cette espèce ne peuvent évidemment présenter, en général, aucune garantie de durée, aussi ne les indiquons-nous ici que pour mettre nos lecteurs en garde contre les éloges qu'on en a faits à différentes époques et les réclames bruyantes de certains inventeurs.

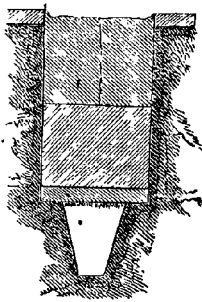


Fig. 51.

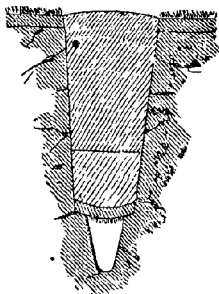


Fig. 52.

Les drains en gazon (fig. 52) ne diffèrent des précédents qu'en ce que les faces de la tranchée sont inclinées au lieu d'être verticales. La motte de gazon enlevée du sol est chassée de force, jusqu'à ce qu'elle vienne poser sur les épaulements qui doivent la maintenir au fond du drain, que l'on achève d'ailleurs de remplir de terre pilonnée.

On peut encore faire des drains au moyen de mandrins ou noyaux, sur lesquels on pilonne la terre et que l'on enlève successivement. Voici comment s'exécute ce travail : on ouvre la tranchée comme de coutume jusqu'à ce qu'elle soit à 0^m,15 ou 0^m,20 de sa profondeur définitive et on la termine avec une espèce de bêche à pédale (fig. 53). On enfonce d'abord cet instrument à la profondeur voulue et sous l'angle le plus

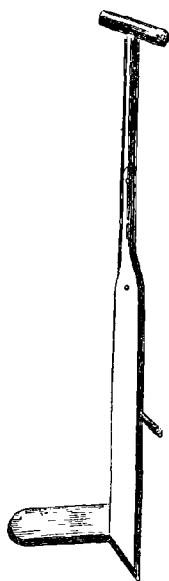


Fig. 53.

convenable au travail, l'éperon latéral étant parallèle à la direction du drain, on le retire et on lui fait faire un demi-tour sur lui-même en le portant en arrière de la longueur de l'éperon, puis on l'enfonce de nouveau de la même quantité que la première fois. Cette double opération détache sur ses quatre faces un prisme d'argile parfaitement régulier et facile à enlever. Enfin, on termine la tranchée avec une espèce d'écope analogue à celle représentée fig. 20. Quand la tranchée est terminée sur une certaine longueur, et que, grâce aux précautions indiquées, le fond présente une régularité complète, on pose dans cette tranchée une espèce de chapelet formé de quatre ou six pièces de bois de 0^m,30 environ de longueur, de 0^m,15 de hauteur sur 0^m,05 d'épaisseur à la base et 0^m,06 au sommet (fig. 54). Ces morceaux de bois sont réunis les uns aux autres par des lames de tôle engagées dans des traits de scie, de manière que l'ensemble forme une barre un peu flexible terminée par une forte chaîne.

Ce mandrin doit remplir très exactement le fond de la tranchée. On jette dessus la terre la plus compacte, et on la pilonne très fortement par couches successives, jusqu'à ce que la tranchée soit en partie remplie. On passe alors le dernier anneau de la chaîne dans un fort levier enfoncé dans la terre, et au moyen duquel on tire en avant le mandrin de la moitié de sa longueur environ. On pilonne de nouvelle terre sur la portion revenue au jour, et on continue de cette façon jusqu'à ce que le drain soit complètement

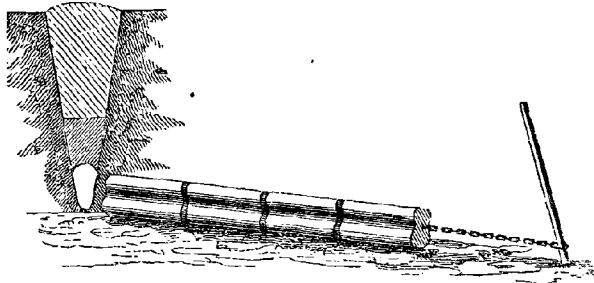


Fig. 54.

formé dans toute sa longueur, le noyau de bois laissant libre derrière lui le canal dont il occupait la place pendant le pilonnage de la terre. Ce mode de construction exige, comme on le voit, beaucoup de main-d'œuvre, des ouvriers adroits et très consciencieux, puisque les mal-façons, si funestes dans ce cas, sont à peu près impossibles à reconnaître, et revient, en définitive, au moins aussi cher que les drains à tuyaux en terre dans les conditions normales. Il ne saurait donc être recommandé que dans des circonstances très exceptionnelles.

Drains en coulée de taupes. La dépense considérable de main-d'œuvre, nécessitée par l'ouverture des drains, a porté à chercher à les remplacer par de simples rigoles pratiquées dans le sol au moyen d'un instrument désigné, en raison de son mode d'opération, sous le nom

de charrue-taupe. On a varié de mille manières cet instrument sans en obtenir jusqu'à présent de résultat satisfaisant. La partie essentielle de toutes les modifications proposées est toujours un couteau extrêmement fort, terminé à sa partie inférieure par une pièce conique en fer ou en fonte. Ce cône pénètre dans le sol et laisse derrière lui un vide que la terre ne remplit pas, si elle est suffisamment compacte. La mise en mouvement des machines de cette espèce exige une force considérable. On les manœuvre au moyen d'un cabestan à manège conduit par deux ou trois chevaux, et fixé à l'extrémité de la ligne de drain à ouvrir. On reconnaît facilement, en calculant l'effort nécessaire à la manœuvre de ces charrues telles qu'on les construit, qu'elles ne peuvent donner que des résultats assez médiocres. Les travaux qu'elles servent à exécuter sont toujours peu satisfaisants et leur prix, de revient très élevé, quand on tient compte de la valeur considérable de l'outillage et de sa prompte détérioration.

Charrues de drainage. Beaucoup de fermiers et la plupart des constructeurs d'instruments agricoles ont cherché à établir des machines propres à ouvrir mécaniquement les tranchées de drainage. Les essais de toutes natures faits jusqu'à présent n'ont point fourni de résultats satisfaisants. Les appareils les plus parfaits ne peuvent fonctionner que dans les terrains très homogènes et tout à fait privés de pierres. Nous ne reproduirons aucune des charrues, dragues circulaires et autres mécanismes proposés en si grand nombre pour les travaux de cette espèce. On annonce en ce moment que M. Cotgreave vient enfin de résoudre complètement la question. Nous craignons que cette promesse ne cache, comme toutes les autres de même espèce, une déception; mais nous devons nous abstenir de toute appréciation, jusqu'à ce que l'expérience ait répondu définitivement.

3. Profondeur, écartement et tracé des drains.

On a indiqué, en parlant des différents modes d'établissement des tranchées de drainage, les profondeurs qu'il convient en général de leur donner; mais il reste à justifier ces indications et à faire connaître les circonstances qui peuvent conduire à s'écarter plus ou moins notablement des dimensions habituellement adoptées. Cette discussion nous conduira naturellement à l'examen de l'écartement et du tracé des lignes de drains.

Profondeur. Peu de questions de l'art agricole ont donné lieu de plus longues et de plus vives discussions que celle de la profondeur des drains. Emportés par l'ardeur de la polémique, des esprits également justes et des praticiens également distingués, en sont arrivés à indiquer comme des règles invariables des profondeurs différentes, hors desquelles chaque école soutenait qu'il n'y avait pas de succès possible. Les faits, également incontestables et allégués de part et d'autre, sont venus prouver que des méthodes fort diverses pouvaient cependant réussir. On a donc reconnu qu'il n'existait pas de règles empiriques et générales; peu à peu les défenseurs des divers systèmes se sont rapprochés et maintenant on est arrivé, sinon à une pratique commune, au moins à poser certaines limites entre lesquelles on fait varier la profondeur des drains en raison de la nature du sol et de la forme du terrain.

La porosité du sol, l'action que le drainage lui-même exercera sur lui, sa nature et un mot, influent évidemment sur la profondeur à donner aux drains qu'un praticien exercé ne fixera jamais qu'après un examen attentif; mais les exigences de la culture permettent de fixer la profondeur minimum qu'il est possible de donner aux drains. Cette limite inférieure

peut se déterminer par les considérations suivantes. Les labours profonds peuvent atteindre 0^m,25 à 0^m,30; la partie supérieure du conduit de drainage, quel que soit son mode de construction, pour être complètement à l'abri de l'attaque des instruments, doit se trouver à 8 ou 10 centimètres au-dessous de la profondeur qu'ils atteignent; de sorte que dans aucun cas on ne doit mettre le dessus des conduits à moins de 0^m,40 au-dessous de la surface du sol. Il serait même imprudent de s'arrêter à cette limite, car ce serait s'interdire à jamais les défoncements poussés à 0^m,50 au-dessous du fond des sillons. En ajoutant à cette distance de 0^m,50 l'épaisseur de la couche préservatrice, qui doit toujours exister au-dessus des conduits de drainage, et en tenant compte des dépressions naturelles ou artificielles de certaines parties du sol, on voit qu'on ne saurait, sans imprévoyance, établir la partie supérieure des conduits à moins de 0^m,60 à 0^m,70 en contre-bas de la surface du sol. Une autre considération conduit à une seconde limite peu différente de la précédente: les racines des plantes cultivées ne doivent pas, en effet, atteindre les tuyaux de drainage. Or, elles ne descendent pas, en général, à 0^m,60, et aucune d'elles ne paraît pénétrer à plus de 0^m,75, de sorte que les tuyaux, abstraction faite de tout autre motif, pourraient sans inconvénient se placer à cette dernière profondeur. Enfin, l'eau n'arrive aux tuyaux de drainage qu'en vertu de l'action de la pesanteur, et par conséquent la surface de la nappe doit s'élever, à partir du tuyau, suivant une certaine inclinaison, d'autant plus prononcée que le sol offre plus de résistance au mouvement du liquide; de sorte que pour obtenir la profondeur minimum de la partie supérieure du canal de drainage, il faudrait ajouter aux chiffres précédents une hauteur dépendant et de la nature du sol et de l'écartement des drains.

Stéphens, par des considérations analogues aux précédentes, établit de la manière suivante, pour différents terrains, la profondeur minimum de la partie supérieure du canal de drainage au-dessous de la surface du sol.

	Sous-sols		
	Poreux m.	Friable. m.	Argileux. m.
Profondeur du labour ordinaire.	0,478	0,478	0,478
Profondeur d'un défoncement de sous-sol.	0,406	0,406	0,406
Épaisseur de la terre sur les matériaux de remplissage de la tranchée.	0,076	0,076	0,076
Hauteur des tuiles et soles.	0,452	0,452	0,452
Hauteur nécessaire à l'écoulement.	0,025	0,254	0,457
Profondeur des drains.	0,837	4,066	4,269

Il faudrait réduire ces chiffres de 0^m,40 environ si on employait des tuyaux cylindriques au lieu de tuiles creuses, et les augmenter au contraire de 0^m,46 à 0^m,20 pour des drains *empierrés*.

Il ne suffirait pas de fixer comme on vient de le faire la plus petite profondeur des drains, il faut encore déterminer la profondeur la plus convenable à leur donner pour qu'ils enlèvent toute l'eau surabondante, et abaissent en même temps assez le plan de l'eau stagnante pour qu'elle ne puisse pas remonter jusqu'aux racines, ou même à la surface du sol, par l'action de la capillarité. Une profondeur de 0^m,90 à 1^m,20 suffit, comme nous l'avons déjà dit, pour atteindre dans les cas ordinaires ce double but. Mais cette indication générale serait insuffisante dans certaines circonstances particulières qu'il convient maintenant d'examiner.

Quand on opère dans un sol poreux, avec sous-sol

saturé d'eau, parce qu'il repose sur une couche imperméable, il faut autant que possible pousser la tranchée à une profondeur suffisante pour poser le tuyau sur la couche imperméable elle-même. Dans les sols très poreux, en effet, il est démontré que l'action d'un drain s'étend d'autant plus loin que sa profondeur est plus considérable.

Il arrive fréquemment dans les sols argileux qu'il existe à une certaine distance de la surface une couche aquifère composée de matériaux très poreux. Si cette couche n'est pas à plus de 4^m,50 ou 4^m,80 de la surface elle sera un excellent auxiliaire du drainage, car en poussant jusqu'à cette couche un moindre nombre de drains que cela ne serait nécessaire en général, cette couche fournira un vaste déchargeoir des eaux de toute la surface. Dans le drainage des tourbières peu profondes il faut toujours pousser les canaux jusqu'au terrain solide, car la tourbe forme une très mauvaise fondation de conduits de drainage.

On doit toujours, du reste, avant d'entreprendre une opération de drainage, ouvrir dans chaque champ une ou deux tranchées d'essai poussées à des profondeurs successivement croissantes. On les étudie attentivement pendant quelque temps, pour se rendre compte de la stratification du sol. de la manière dont l'eau se réunit dans chaque partie, etc., et on conclut facilement de ces observations la profondeur qu'il convient d'adopter d'une manière définitive, pour que les tranchées à ouvrir produisent le plus grand effet utile possible avec la moindre dépense relative.

De tout ce qui précède il résulte que la profondeur des tranchées doit varier dans chaque cas particulier. Les drains, dans un sol poreux, seront profonds et largement espacés, parce que l'eau y arrivera de toutes parts, et que plus ils seront profonds plus ils neutraliseront la capillarité du sol. Dans les sols d'argile les drains n'ont pas seulement à enlever l'eau, ils doivent encore concourir à entretenir la porosité artificielle du sol, au moyen de laquelle l'eau arrive jusqu'à eux. Ils ne pourront produire cette action s'ils sont placés à une profondeur où ne puisse s'étendre le retrait du sol. On ne doit pas perdre de vue que cette action de retrait n'est pas partout également prononcée et qu'elle se manifeste d'autant plus, toutes choses égales d'ailleurs, que la température est plus élevée et la saison plus sèche. Le peu d'effet de drains ouverts dans l'argile, la première année après leur établissement, surtout si le temps a été humide, indique assez la justesse de cette remarque.

En résumé, dans les cas ordinaires, on peut admettre que la profondeur des drains doit être comprise entre 0^m,90 et 4^m,20, mais il faut toujours la déterminer par des observations préliminaires faites avec soin.

Écartement des drains. Les opinions n'ont pas été moins différentes au sujet de l'écartement des drains qu'à l'égard de leur profondeur. D'un côté, M. Smith disait : Dans les terres fortes et compactes, ou dans les argiles sableuses, l'écartement des drains ne doit pas dépasser 3^m,00 à 4^m,5. Dans les terres plus légères, avec sous-sol poreux, une distance de 5^m,50 à 7^m,30 sera convenable; enfin, dans les sous-sols très poreux, on pourra conserver une distance entre les drains de 12^m,20. D'un autre côté, M. Parkes affirmait que des drains de 4^m,80 de profondeur pouvaient être écartés de 7^m,30 à 20^m,40.

Les chiffres de M. Smith sont en général trop faibles; la limite supérieure de M. Parkes serait rarement applicable. L'écartement des drains, comme leur profondeur, dépend d'une foule de circonstances locales qu'il faut soigneusement étudier avant de prendre un parti. Parmi ces circonstances, l'une des plus importantes est la nature du sous-sol. Quand il est poreux ou qu'il repose sur une couche perméable dont les drains puis-

sent enlever les eaux, les tranchées peuvent être éloignées et profondes. Dans le cas contraire, il convient de les rapprocher davantage.

La porosité du sol avant le drainage n'est pas seule à considérer; certains sols se fendillent facilement par l'action des travaux et acquièrent une porosité artificielle équivalente à la porosité naturelle.

Le climat exerce aussi une grande influence sur les résultats d'une opération de drainage. Le fendillement du sol, qui lui donne la porosité artificielle dont il a besoin, est d'autant plus prononcé et s'étend d'autant plus loin, toutes choses égales d'ailleurs, que la température est plus élevée et le temps plus sec. Les effets d'un été sur un sol drainé seront bien plus sensibles dans le Midi que dans le Nord.

Les natures de sols sur lesquelles le drainage agit peut-être le moins sont certaines argiles mêlées de cailloux roulés, qui se rencontrent particulièrement dans les formations carbonifères. Elles n'éprouvent point ce retrait particulier qui donne aux argiles ordinaires leur porosité artificielle, et elles sont quelquefois si imperméables, qu'on les trouve sèches à quelques pieds de profondeur quand la surface est en bouillie. Un défoncement profond doit toujours accompagner le drainage dans les sols de cette espèce.

Le fendillement des masses argileuses a lieu de proche en proche, en s'éloignant du drain par l'écoulement successif de l'eau et le dessèchement progressif de la masse. La présence d'une source ou d'une couche aquifère qui maintient le terrain auprès du drain dans un état permanent d'humidité, s'oppose quelquefois complètement à cet effet et paralyse ainsi tout le bien que l'on pouvait espérer de l'exécution des travaux.

La largeur habituelle des planches de labour dans le pays où l'on opère influe, dans certaines limites, sur l'écartement des lignes de drains, surtout quand ils sont dirigés dans le sens même du labour; on s'arrange alors, autant que possible, pour que cet écartement soit égal à un nombre exact de fois la largeur des billons, et l'on profite pour ouvrir les tranchées de la dépression produite par le labour. Du reste, dans les terres bien drainées, on abandonne presque toujours le labour en billons pour le labour à plat.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur les questions relatives à la profondeur et à l'écartement des drains. Les partisans des divers systèmes ont cherché à les faire prévaloir par une foule de considérations qu'il serait inutile et beaucoup trop long de reproduire, après avoir indiqué, comme nous l'avons fait, les dispositions les plus généralement adoptées aujourd'hui et les considérations qui doivent influencer sur la fixation de la profondeur ou de l'écartement des lignes de tranchées. Nous ajouterons seulement qu'il existe évidemment une relation entre la profondeur et l'écartement des drains, mais qu'il est impossible, dans l'état actuel des connaissances acquises, d'exprimer mathématiquement cette relation. La question se complique d'un trop grand nombre d'éléments différents pour qu'il soit possible d'établir par des considérations purement géométriques, comme un auteur français a prétendu le faire il y a quelque temps, une formule digne d'être prise en considération par les praticiens.

Pente des drains. La facilité avec laquelle l'eau s'écoule dans les tuyaux en poterie permet de leur donner une pente longitudinale beaucoup plus faible que celle qui est nécessaire aux drains empierrés. Une pente de 2 millimètres par mètre suffit, à la rigueur, pour les files de tuyaux; elle ne doit pas être inférieure à 5 ou 6 millimètres au moins dans les autres conduits. D'un autre côté, il faut éviter de donner aux drains une pente assez considérable pour que la vitesse de l'eau puisse dégrader les matériaux employés à la construc-

tion. Quand la pente du terrain est assez forte pour que cette circonstance se présente, on partage chaque conduit en sections à faible déclivité raccordées par des chutes. Dans cette circonstance et dans quelques autres, on est donc obligé de faire communiquer entre elles deux lignes de conduits établies à des niveaux différents. Le raccordement peut s'établir au moyen de tuyaux inclinés à 45°, et solidement fixés à leurs extrémités dans un petit massif en pierres ou en maçonnerie. Quand la différence de niveau à racheter est un peu considérable, ou quand il s'agit de maîtres-drains destinés à donner passage à un volume d'eau considérable, la méthode précédente n'offrirait peut-être pas assez de garantie. Le raccordement s'exécute alors en briques posées à redans les unes sur les autres et formant une sorte d'escalier. Pour de très petits drains, on pourrait se borner à faire un puisard rempli de pierres cassées; le conduit supérieur communiquerait avec la partie supérieure et le conduit inférieur avec le fond du puisard.

Tracé et direction des drains. La pesanteur est la force qui détermine l'écoulement de l'eau à travers les canaux capillaires naturels ou artificiels du massif de terre sur lequel doit agir un drain. Le tracé des lignes de tranchées doit donc, avant tout, favoriser autant que possible l'action de cette force.

Lorsque le sol est sensiblement horizontal, la direction des drains est en elle-même assez peu importante. Il est indifférent qu'ils soient parallèles, perpendiculaires ou obliques à la direction des sillons; leur disposition dépend alors de la position des canaux de décharge et des moyens d'écoulement dont on dispose.

Mais quand le terrain est incliné, d'autres considérations influent sur la position des drains. Si la pente est très faible, on comprend que pour assurer l'écoulement de l'eau dans les tuyaux il faut les diriger suivant la ligne de plus grande pente. Plusieurs raisons conduisent, du reste, à adopter la même règle pour toutes les inclinaisons du sol. Le canal placé au fond d'une tranchée dirigée suivant la ligne de plus grande pente, se trouve en effet symétriquement placé par rapport à la surface, et fait sentir son action, dans un terrain homogène, à égale distance à droite et à gauche. Il n'en est pas de même quand le tracé s'écarte de la ligne de plus grande pente. Le drain agit alors entièrement du côté où le terrain s'élève, mais son action se trouve plus ou moins réduite du côté où le terrain descend, et peut même s'arrêter presque complètement, comme il est facile de s'en convaincre à l'aide d'un dessin très simple, quand le drain est perpendiculaire à la ligne de plus grande pente et que le sol présente une déclivité très prononcée. Dans ce cas extrême, pour que les drains de deux systèmes, l'un perpendiculaire et l'autre parallèle à la ligne de plus grande pente, pussent produire le même effet d'assainissement, il faudrait donc que les premiers soient moitié plus rapprochés que les seconds. Si, par exemple, dans un terrain donné, un drain fait sentir son action à une distance de 5 mètres, il faudra poser à cette distance les unes des autres les lignes de drains perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, qui n'agissent que par une de leurs faces, tandis qu'on pourra laisser un intervalle de 10 mètres entre les drains parallèles à cette ligne, puisque chacun d'eux assainit une largeur de 5 mètres sur chacune de ses rives.

Une autre observation, moins générale que la précédente, mais cependant d'une application assez fréquente, indique qu'il convient de diriger les lignes de drains suivant la plus grande pente du terrain à assainir. Il existe, en effet, dans beaucoup de terrains, des veines plus perméables que l'ensemble de la terre, et qui, sans fournir de véritables sources, dénotent leur présence par de petits suintements. Ces couches aquifères affleurent généralement la surface du sol, suivant des lignes à peu près horizontales, changent son aspect et lui donnent souvent les plus mauvaises qualités. Or, il arrivera nécessairement que des drains perpendiculaires à la ligne de plus grande pente, quel que soit d'ailleurs le soin apporté dans le choix de leur emplacement, ou ne rencontreront pas, comme en *a* (voyez ci-dessus fig. 41), cette ligne d'eau, qui viendra dès lors percer le sol en *b*, ou bien, poussés à la profondeur normale comme en *c*, ils ne couperont qu'en partie la veine d'eau, et alors la plus grande partie de ce liquide passera sous le drain et viendra affleurer le sol en *d*. Si au contraire on trace les drains parallèlement à la ligne de plus grande pente, comme on le voit de *e* en *e'*, ils rencontreront toutes les veines d'eau à un niveau inférieur à celui des anciens affleurements, et recueilleront successivement leurs produits, pour les conduire vers le canal de décharge.

Quelques tranchées d'essai ouvertes en différents points de la terre à drainer, comme on l'a déjà recommandé, permettront de déterminer facilement, en tenant compte des observations précédentes, la profondeur et l'écartement des drains; il ne restera plus qu'à fixer la position des canaux de décharge et celle des drains principaux.

Les nivellements généraux effectués sur le champ tout entier et sur les fossés et rigoles qui peuvent servir à l'écoulement de ses eaux, feront connaître les points où l'on devra amener les bouches des drains principaux.

Les petits drains peuvent se tracer d'une manière très simple, en général, et qui ne présente quelques difficultés que dans certains cas particuliers. Cette méthode consiste à décomposer le champ à drainer en plusieurs parties planes et à tracer parallèlement les uns aux autres, à la distance reconnue nécessaire et suivant la ligne de plus grande pente de chacune de ces parties planes, les drains de dernier ordre. Quand la direction des sillons coïncide avec celle que nous venons d'indiquer, il convient de profiter des dépressions du terrain pour y établir les tranchées. On diminue ainsi un peu le cube des terrassements à exécuter; mais cette considération ne doit pas en faire négliger de plus importantes.

Les drains de dernier ordre ayant 0^m,030 à 0^m,035 de diamètre ne doivent pas avoir plus de 250 à 350 mètres de longueur. On les fait déboucher dans les drains principaux ou sous-principaux, et non pas directement dans le canal de décharge. Les mauvaises herbes, les impuretés de toutes sortes et les animaux peuvent en effet obstruer facilement quelques-unes des extrémités des drains; il convient donc de les réduire à un petit nombre, plus facile à entretenir et à surveiller. Ces drains principaux sont établis à 0^m,05 ou 0^m,07 plus bas que les drains dont ils reçoivent les eaux; ceux-ci doivent se raccorder à angle aigu avec les premiers au moyen de petites courbes dirigées dans le sens du canal. Il convient d'éviter la rencontre de deux lignes de drains, vis-à-vis l'une de l'autre, dans le même drain principal. Il est nécessaire d'établir un drain principal de 0^m,04 à 0^m,08 de diamètre pour recevoir le produit des petits drains de 2 ou 4 hectares, sauf à réunir plusieurs de ces drains principaux dans un maître-drain, qui fait alors fonction de conduit et mène les eaux dans le canal de décharge. Les drains principaux et les maîtres-drains sont établis dans les thalwegs du terrain.

Quelques exemples rendront parfaitement claires les indications précédentes relatives au tracé des drains.

Les fig. 62 et 63 représentent les plans des drains établis sur des terrains de différentes formes. Les lignes ponctuées, sur la première figure, sont les horizontales du terrain; on voit que les drains de dernier

ordre, représentés par les traits fins *aa*, sont perpendiculaires à cette direction, c'est-à-dire parallèles aux lignes de plus grande pente. Ces drains viennent se réunir aux drains plus importants B, qui versent à leur tour les eaux dans le drain principal ou dans le canal de décharge. Les lignes ponctuées n'ont pas été tracées sur la fig. 56. Mais il est facile de les rétablir par la pensée : elles sont en effet perpendiculaires aux petits drains *a* qui se réunissent, comme dans l'exemple précédent, dans les drains principaux B.

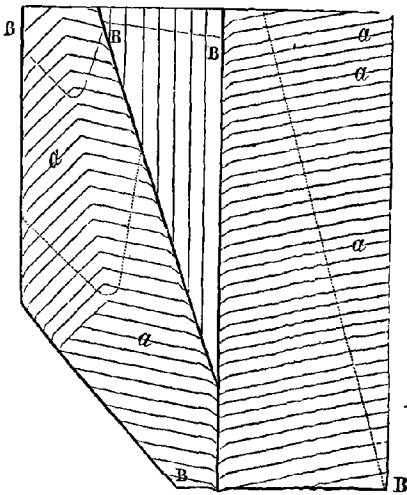


Fig. 55.

4. Du drainage des sources.

L'eau en excès qui existe dans un terrain peut avoir deux origines différentes : la pluie tombée à la surface de ce terrain et les sources de fond qui peuvent y exister. Tout ce qui précède s'applique plutôt au drainage des terres où l'eau de source ne joue qu'un rôle secondaire, qu'à celles où les eaux de cette nature sont prépondérantes. Il reste à faire connaître la marche à suivre dans ce dernier cas, beaucoup moins fréquent

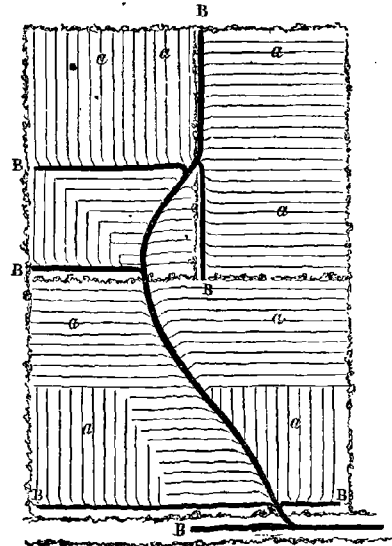


Fig. 56.

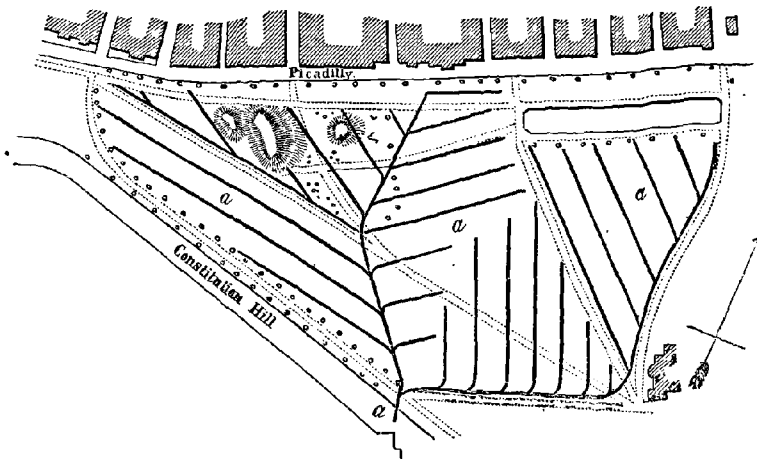


Fig. 57.

La fig. 57 indique la direction des lignes de drains *aa* projetées pour l'assainissement de la belle promenade de Green - Park, à Londres. Les drains de dernier ordre seront espacés de 15 à 20^m. On n'en a représenté que la moitié environ pour ne pas surcharger la figure.

que le premier, et à décrire les procédés particuliers d'assainissement des terres criblées de sources abondantes.

Les sources, comme on sait, doivent leur origine à certaines dispositions de la croûte terrestre, qui permettent à l'eau tombée sur des sols poreux de s'écou-

ler à travers les fissures naturelles du terrain, et de venir ensuite se faire jour à de plus ou moins grandes distances de leur point de départ. Les dispositions relatives des couches perméables et imperméables, qui donnent naissance aux sources et aux terrains mouillés ou marécageux qu'elles produisent, varient à l'infini. C'est par une longue et attentive observation de ce genre de phénomènes que l'on peut arriver à la détermination des procédés d'assainissement les plus appropriés à chaque cas particulier. Une longue expérience et un tact spécial ont conduit Elkington, comme on l'a déjà dit, à une habileté dans ce genre de travaux qui n'a pas été dépassée. Il serait impossible de poser des règles générales et absolues à l'égard des procédés à adopter pour combattre les effets nuisibles des eaux de source. Quelques exemples suffiront pour faire comprendre l'esprit de la méthode à suivre; son application est du reste assez rare, ce qui la rend beaucoup moins importante que celle qui s'applique aux terrains simplement imbibés d'eau en excès.

Supposons, d'abord, qu'il s'agisse d'assainir un ter-

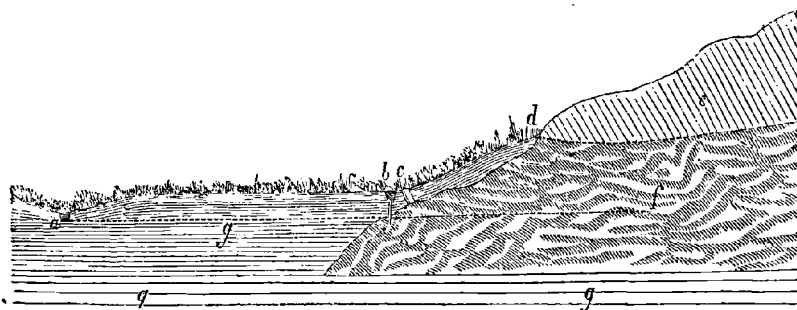


Fig. 58.

rain formé par un sol imperméable *g*, sous lequel, comme l'indique la coupe (fig. 58), viennent s'engager les couches d'un sol perméable *f* recouvert d'une terre absorbante *e*. L'eau tombée sur ce dernier terrain pénétrera dans son intérieur et viendra s'accumuler dans la partie perméable de la masse sous le sol imperméable, à travers lequel se feront jour de place en place des sources permanentes *c*, qui transformeront le terrain en marais sur une plus ou moins grande étendue. Puis, quand ces sources ne pourront point débiter toute l'eau qui arrivera dans le sol poreux, le niveau s'élèvera et de fausses sources jailliront dans les points *d*. Il pourra même arriver que, sous l'action d'une forte pression, d'autres fausses sources se fassent jour temporairement au-dessous même des sources permanentes *c*. La distinction entre les sources permanentes *c*, qu'Elkington appelle maîtresses sources, et les sources temporaires est excessivement importante et doit être faite avec le plus grand soin. On conçoit, en effet, que si l'on pousse une tranchée de drainage au sein même des sources permanentes, on obtiendra tout le résultat désiré, tandis que l'on ferait des dépenses presque inutiles si on ne pénétrait que dans les sources passagères. Cela posé, dans le cas actuel, le meilleur mode d'assainissement consiste évidemment à tracer un drain principal en *b*, à le mettre en communication par un sondage ou un puits avec la couche perméable, et enfin à conduire les eaux recueillies dans toute la longueur de ce drain, par un conduit convenable, jusque dans la rigole de décharge *a*. Par ce moyen, l'eau ne pouvant pas s'élever au delà du niveau du fond du drain *b*, les sources temporaires *d*, et permanentes *c*, seraient supprimées, aussi bien que les sources passagères pro-

duites au-dessous de *c* par des sous-pressions trop considérables.

Prenons pour second exemple le cas suivant : le fond des vallées, dans les pays ondulés, est souvent

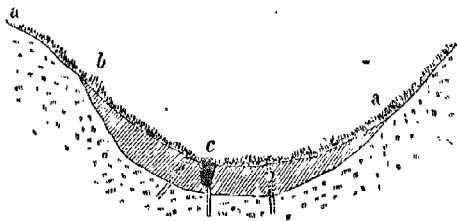


Fig. 59.

formé de terre végétale peu perméable comprise entre deux collines de sable, comme l'indique la coupe figure 59. L'eau déborde alors aux points *a* et *b* et

transforme en marécage tout l'espace compris entre ces deux points. Ce qu'il y a de mieux à faire en pareil cas est souvent d'ouvrir un drain dans le thalweg en *c* et de le mettre en communication avec le sous-sol perméable. L'eau remonte, s'écoule par le drain, et cesse de produire à la surface du sol les dégâts qu'elle y causait.

Dans les deux exemples précédents, l'eau remonte par les trous de sonde ou les puits qui mettent en communication le sous-sol perméable avec le drain. Mais il arrive aussi quelquefois que la couche imperméable sur laquelle repose la veine aquifère elle-même ne présente qu'une assez faible épaisseur, et qu'elle s'étend à son tour sur des bancs absorbants. Dans ce dernier cas, on peut donner une issue naturelle aux eaux nuisibles, sans avoir besoin de s'occuper de l'établissement de canaux de décharge, en perceant par un sondage ou un puits cette seconde couche imperméable, et mettant ainsi en communication la première couche aquifère avec une couche absorbante.

On vient de donner quelques exemples d'applications du principe des méthodes d'Elkington; indiquons maintenant le mode d'établissement des communications à ouvrir entre les drains et les parties poreuses.

Quand la profondeur de la couche perméable au-dessous du sol à assainir n'exécède pas 3 mètres, il convient habituellement de pousser le drain jusqu'à cette profondeur, soit qu'on le remplisse de pierres, soit qu'on emploie des tuyaux en poterie, et alors on rentre dans l'application des moyens ordinaires. Mais lorsque la couche perméable se trouve au-dessous du sol, à une profondeur telle qu'il serait impossible de l'atteindre sans une dépense trop considérable, on se

borne à ouvrir de distance en distance et à côté du drain lui-même, creusé à la profondeur habituelle, des puits ou des trous de sondage que l'on pousse jusqu'à la rencontre de la couche aquifère.

La disposition de ces puits est extrêmement simple; ils sont rectangulaires ou cylindriques, et d'une largeur seulement suffisante pour permettre à un ouvrier d'y travailler sans trop de gêne. On les remplit de pierres cassées jusqu'à la hauteur de celles employées à la construction du drain lui-même, ou bien jusqu'à quelques décimètres au-dessus du tuyau de terre qui sert de conduit, quand on adopte ce mode de construction. La fig. 60 représente la coupe d'un puits semblable à celui que l'on vient de décrire, faite perpendiculairement à la direction du drain auquel il appartient.

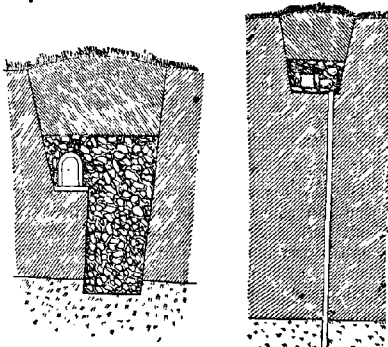


Fig. 60.

Fig. 61.

Lorsque la profondeur du puits devrait excéder 4^m,0 à 4^m,5, on le remplace par un simple forage exécuté avec la sonde à main (voyez *SONDAGE*), placé à côté du drain, comme le représente la fig. 61. On a indiqué dans cette figure un drain à pierres sèches, destiné à conduire un volume d'eau considérable. Cette disposition, rarement employée maintenant, méritait cependant d'être indiquée. Il est bien entendu, d'ailleurs, que les trous de sonde s'appliquent également à toute autre espèce de drains.

L'espace ne nous permet pas d'entrer dans de plus longs détails sur le drainage des sources. On voit que la méthode se réduit à fournir aux eaux de cette espèce un écoulement régulier et assuré qui les empêche de se rendre en différents points du sol, de se répandre à sa surface et d'imprégner sa masse entière.

Le drainage des sources, comme on l'a déjà dit, se présente moins souvent que celui des eaux de pluie; cependant les eaux de source entrent souvent pour une plus ou moins forte proportion dans la masse des eaux surabondantes d'un terrain, et il est peu d'opérations de drainage un peu étendues où on ne rencontre pas l'occasion d'appliquer quelques-unes des méthodes précédentes. Le drainage d'Elkington, en un mot, est un auxiliaire souvent précieux des méthodes ordinaires et méritait par conséquent d'être signalé.

5. Volume d'eau entraîné par les drains.

Nous ne pouvons donner aucune règle générale sur la quantité d'eau de source à enlever d'un terrain donné. Ce volume d'eau varie d'un lieu à l'autre, et l'expérience seule peut le faire connaître dans chaque cas particulier. Mais l'eau de pluie, dont on a bien plus souvent à combattre les fâcheux effets dans les terres lourdes et compactes, a été l'objet d'études nombreuses

qui fournissent déjà quelques renseignements intéressants.

On a donné précédemment (chap. II, 3^e section, II) des renseignements étendus sur la quantité annuelle de pluie dans différentes localités; il est inutile de rappeler ces données, auxquelles le lecteur se reportera. Mais toute l'eau de pluie n'est pas entraînée par les drains, une forte proportion disparaît par l'évaporation, l'action de la végétation, et quelquefois par l'écoulement superficiel. Les expériences directes permettent seules de déterminer la quantité d'eau qui traverse le sol pour atteindre les drains. M. Dickinson a fait, dans un autre but, une longue série d'observations pour déterminer le rapport de l'eau enlevée par évaporation à l'eau qui s'infiltré dans le sol. Il s'est servi à cet effet d'un pluviomètre ordinaire, qui lui fournissait la hauteur totale d'eau tombée, et d'une jauge de Dalton pour évaluer la quantité d'eau infiltrée. La différence entre ces deux nombres était portée par l'auteur que nous citons au compte de l'évaporation. La jauge de Dalton, dont il s'agit, est un cylindre en métal de 0^m,30 de diamètre et de 0^m,94 de profondeur, fermé par un crible fin à sa partie inférieure et terminé par un réservoir disposé de manière à mesurer l'eau qui s'y accumulait. Le cylindre, rempli de la terre même du champ où l'on opérât, était enfoncé dans le sol de manière que sa base supérieure affleurât la surface.

Le tableau suivant résume les expériences de M. Dickinson, faites au moyen de l'instrument précédent :

ANNÉES.	Pluie.	Évaporation	Filtration.	RAPPORT de la filtration à la pluie.
	m.	m.	m.	m.
1836	0,787	0,339	0,448	0,57
1837	0,536	0,359	0,177	0,33
1838	0,560	0,344	0,216	0,39
1839	0,794	0,416	0,378	0,48
1840	0,547	0,337	0,210	0,38
1841	0,815	0,455	0,360	0,44
1842	0,671	0,372	0,299	0,44
1843	0,672	0,467	0,205	0,30
Moyennes.	0,673	0,386	0,287	0,42

Les nombres obtenus par Dalton lui-même sont assez différents des précédents, comme on le voit ci-dessous.

ANNÉES.	Pluie.	Évaporation	Filtration.	RAPPORT de la filtration à la pluie.
	m.	m.	m.	m.
1796	0,778	0,603	0,175	0,22
1797	0,985	0,706	0,279	0,28
1798	0,794	0,606	0,188	0,24
Moyennes.	0,852	0,638	0,214	0,25

Mais les deux séries d'observations s'accordent sous un certain rapport, c'est que toute l'eau tombée pendant le mois de février est absorbée, ainsi que l'indiquent les chiffres moyens suivants :

Observateurs.	Février.			RAPPORT de la filtration à la pluie.
	Pluie.	Évaporation.	Filtration.	
Dalton. . .	m. 0,046	m. 0,043	m. 0,034	m. 0,72
Dickinson..	0,050	0,045	0,035	0,70

Au contraire, pendant les mois de juin, juillet, août et septembre, la filtration est presque nulle et l'eau s'évapore presque entièrement. Voici la moyenne des observations faites par les deux auteurs que nous citons :

Observateurs.	Juin, juillet, août et septembre.			RAPPORT de la filtration à la pluie.
	Moyenne de la pluie.	Moyenne de l'évaporat.	Moyenne de la filtration.	
Dalton. . .	m. 0,342	m. 0,320	m. 0,022	m. 0,06
Dickinson.	0,243	0,231	0,012	0,05

M. Ch. Charnock a fait des expériences analogues à celles de Dalton, mais plus complètes, en ce sens qu'il a également mesuré l'évaporation. Voici les résultats obtenus.

	1842.	1846.
Hauteur d'eau tombée.	m. 0,663	m. 0,638
Hauteur d'eau filtrée à travers le sol. . .	0,415	0,474
Hauteur d'eau évaporée d'un sol drainé.	0,548	0,467
Hauteur d'eau évaporée d'un sol saturé.	0,762	0,845
Hauteur d'eau évaporée dans un vase exposé au vent et au soleil.	0,854	0,884

Les expériences précédentes laissent, on le conçoit, beaucoup à désirer, en raison du mode même d'observation; il convenait cependant de les citer comme indication. Des recherches plus pratiques sont dues à M. Milne. Il a recueilli pendant dix mois, de juin 1848 à avril 1849, l'eau débitée par les drains d'une certaine étendue de terrain. Il a trouvé que la masse d'eau obtenue pendant l'intervalle précité était de 522^m,28 par hectare, répondant à une couche d'eau uniforme de 0^m,052228 seulement d'épaisseur. Les expériences de Dalton indiquaient, pour une période semblable, une couche de 0^m,469459, et celle de Dickinson une couche de 0^m,27636. On comprend, du reste, que la nature du terrain influe notablement sur sa propriété filtrante; cependant les résultats de M. Milne montrent qu'il serait peu sage d'accorder à la jauge de Dalton une confiance trop absolue.

Du reste, s'il est impossible, quant à présent, de fixer *a priori* la quantité d'eau qui traversera un sol donné dans un temps déterminé, et par conséquent de déterminer scientifiquement le diamètre minimum d'un drain destiné à l'assainissement d'une surface déterminée, on peut au moins facilement démontrer que les plus petits tuyaux adoptés dans la pratique sont capables d'écouler, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, non-seulement la quantité d'eau qui arrive jusqu'à eux, mais encore la masse entière de pluie qui peut tomber sur la surface qu'ils doivent assainir. Ainsi, par exemple, on reconnaît facilement par le calcul qu'un tuyau de drainage de 0^m,03 de dia-

mètre, de 400 mètres de longueur, et ayant seulement 0,003 de pente, destiné à desservir une zone de 45 mètres de largeur, pourrait débiter, en quarante heures seulement, toute l'eau versée sur la surface à laquelle s'étend son action, par un orage qui donnerait près de 0^m,05 de hauteur d'eau, ce qui répond à une pluie très rare dans nos climats.

Néanmoins, il ne faudrait pas croire, comme l'affirment quelques personnes, que les tuyaux de drainage sont toujours trop larges et que l'on ne saurait assez réduire leur diamètre. Indépendamment en effet de la facilité avec laquelle de trop petits tuyaux peuvent s'engorger, on a vu des drains couler à gueule bée, ce qui indiquait qu'ils ne pouvaient débiter assez vite toute l'eau qui leur arrivait. Ce dernier fait est du reste assez rare, et toutes les expériences faites jusqu'à présent établissent, comme le raisonnement, que dans les circonstances ordinaires des tuyaux de 0^m,03 à 0^m,04 de diamètre intérieur suffisent parfaitement quand la largeur et l'écartement des lignes n'excèdent pas les limites que nous avons indiquées dans les articles précédents.

6. Effets et théorie du drainage.

Tous les agriculteurs connaissent les inconvénients d'un sol imbibé d'eau stagnante, et comprennent l'intérêt que l'on a, sous tous les rapports, à donner à cette eau surabondante un moyen régulier d'écoulement, sans cependant produire une dessiccation complète, aussi funeste qu'une trop grande humidité; mais quelques explications sont nécessaires pour faire concevoir comment le drainage des terres peut atteindre ce double but, et pour répondre à quelques objections qui se présentent tout d'abord à l'esprit, quand on étudie pour la première fois les procédés de l'art du drainage. Les expériences sont encore peu nombreuses, et la théorie laisse encore beaucoup de faits sans explication. Cet état d'imperfection de la science rendrait nécessaires de longs développements qui ne sauraient trouver place ici; on se bornera aux points les plus importants.

On a vu que la germination des graines exige, pour se produire de la manière la plus satisfaisante, une certaine température et le concours de l'air et d'une humidité convenable. Les mêmes conditions sont nécessaires au développement des racines et à l'exercice des fonctions nutritives de la plante entière. Examinons donc d'abord comment la constitution même du sol, considérée seulement au point de vue physique, se prête à la réalisation de ces conditions et le rôle que l'eau peut jouer dans le phénomène, indépendamment de son action chimique.

Considéré en général, le sol arable se compose de particules plus ou moins grosses, depuis les pierres et les graviers jusqu'à la poussière la plus impalpable. Ces diverses particules, en raison de leur variété de forme et de grosseur, ne sauraient être en contact intime, de sorte qu'il existe entre elles une série de vides communiquant les uns avec les autres et formant de véritables canaux non interrompus. Mais examinées isolément, les diverses particules qui composent la terre sont elles-mêmes plus ou moins poreuses, de sorte que dans un terrain donné existent toujours deux séries de petites cavités, les une *intérieures* aux particules constituantes du sol, les autres *extérieures* à ces particules et produites par l'ensemble des vides laissés entre elles. Les fig. 62, 63 et 64, sans être l'image exacte, mais amplifiée, d'une terre donnée, aideront cependant à saisir notre explication, et permettront de concevoir le rôle de l'eau dans ces différents ordres de cavités. Si le sol est parfaitement sec (fig. 62), tous les pores intérieurs des particules et les vides formant canaux

laissés entre elles, sont naturellement remplis d'air. La graine, ou les racines des plantes, sont parfaitement approvisionnées de ce gaz, mais tout à fait privées d'eau. Dans la figure suivante, au contraire, les pores et les canaux sont remplis d'eau, indiquée par la teinte noire, qui a pris la place de l'air. Le sol est *très mouillé*, et les plantes aquatiques pourraient seules y prospérer. Dans la fig. 64, l'eau n'existe plus que dans les pores et les canaux sont remplis d'air. La graine se trouve alors dans les conditions les plus favorables; elle est en contact à la fois avec l'air et avec l'eau; le sol est alors *humide*, mais il n'est pas *mouillé*; c'est l'état le plus favorable à la végétation, la terre paraît alors imbibée d'eau, mais elle s'écrase sans faire pâte entre les mains.

La fig. 65 permet de comprendre un autre état du sol, malheureusement trop fréquent : après une grande pluie, ou par toute autre circonstance, les particules du terrain se sont agglomérées les unes aux autres et forment des mottes plus ou moins volumineuses. Les pores de ces mottes contiennent de l'eau, mais les canaux sont oblitérés et l'air ne peut plus traverser la masse. L'eau elle-même est en quelque sorte devenue inutile, puisque les racines ne peuvent pénétrer ces mottes, qui ne diffèrent de la pierre que parce qu'elles contiennent de l'eau. La pulvérisation de la terre par les opérations mécaniques de la culture fait cesser ce fâcheux état de choses, et l'on conçoit dès lors, sous le rapport seulement qui nous occupe, toute l'importance, pour la végétation, d'une parfaite division du sol par les opérations de labourage et autres dont il sera question plus loin (chapitre IV).

La considération abstraite de ces quatre états du sol permet de se rendre assez nettement compte d'un certain nombre de phénomènes. En y réfléchissant, on comprend, par exemple, que du rapport des pores aux canaux résultent la plupart des différences physiques constatées dans les propriétés des sols, par rapport à l'eau. Cherchons à tirer de ces considérations quelques conclusions pratiques.

Fig. 64.

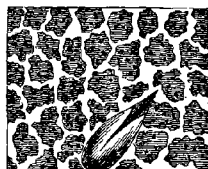


Fig. 63.

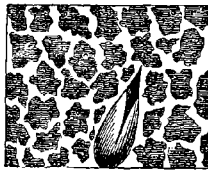


Fig. 62



Fig. 65.

Le premier cas est celui de l'extrême sécheresse; il n'y a pas à l'examiner maintenant. Si l'on ajoute de l'eau à un sol dans cet état, elle pénétrera dans les canaux, et de là, par suite de l'attraction capillaire, dans les pores. De sorte que si le liquide n'arrive qu'en proportion convenable, les canaux se videront d'eau et se rempliront d'air, et on aura le sol humide de la fig. 64. Si, au contraire, l'eau arrive en excès,

après avoir rempli les pores, elle remplira les canaux et la terre sera mouillée (fig. 63); c'est l'état des terres non drainées, soit artificiellement, soit naturellement par leur position sur un sous-sol perméable.

Cela posé, l'action, sur un terrain mouillé, d'une tranchée garnie d'un tuyau d'écoulement est facile à concevoir : l'eau contenue dans les canaux ou fissures du sol, sollicitée par l'action de la pesanteur, s'écoulera dans le drain par ces canaux eux-mêmes, tandis que l'eau des pores, retenue par une action capillaire énergique, n'obéira point à l'action de la pesanteur et restera dans le sol; de sorte que le drainage peut empêcher une terre d'être mouillée sans lui ôter sa fraîcheur.

On peut se rendre compte, d'après ce qui précède, de la hauteur à laquelle le plan d'eau, dans les canaux capillaires du sol, s'arrêtera dans un champ drainé. Il est clair, en effet, que le niveau de cette eau stagnante sera supérieur à celui du drain d'une quantité égale à la surélévation produite par la force capillaire, et que cette hauteur s'accroît, en s'éloignant du drain, d'une quantité égale à la pente nécessaire pour assurer l'écoulement de l'eau dans les fissures, eu égard au frottement qu'elles opposent au mouvement du liquide.

Les deux fig. 66 et 67 feront mieux concevoir qu'une longue explication la différence qui existe entre un champ drainé et celui qui ne l'est pas. Dans ce dernier (fig. 66), le plan d'eau est assez élevé pour gêner le

Fig. 66.

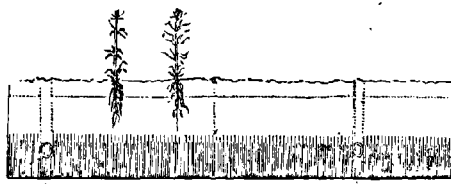
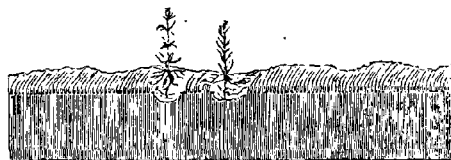


Fig. 67.

développement des racines des végétaux et faciliter, par l'ascension capillaire du liquide, une évaporation rapide, et, par suite, un refroidissement notable à la surface du sol. Dans le terrain drainé, au contraire (fig. 67), le plan de l'eau stagnante et celui de l'eau élevée par capillarité sont assez abaissés pour que les inconvénients précédents ne se produisent pas, et que les racines puissent prendre tout leur développement.

Dans tous les terrains sujets à souffrir d'un excès d'eau, même passager, le drainage rendra donc cet immense service de faciliter la division du sol, par les labours ou autrement, en empêchant la terre de garder l'excès d'eau qui la transforme en pâte, et fait que l'action des instruments de culture, bien loin d'accroître la perméabilité du terrain, ne sert qu'à le transformer en mottes plus compactes et plus dures. Ces mottes se gercent par le dessèchement et se divisent en fragments plus ou moins volumineux, mais incapables d'absorber l'humidité atmosphérique, et forment pendant l'été des sols brûlés. Le drainage, destiné à enlever l'excès d'eau, assure donc aussi, jusqu'à un certain point, l'humidité des terres.

On se demande souvent comment des canaux placés à une grande profondeur sous des sols argileux, compactes et imperméables, peuvent recevoir les eaux qui tombent à la surface; comment, en un mot, de pareils terrains acquièrent par le drainage une porosité relative qui paraissait opposée à leur constitution. La nature même de l'argile explique ce résultat. Quand cette espèce de terre est humide, elle forme une masse homogène compacte; mais quand elle se dessèche, elle se fendille d'elle-même, et les fissures produites, communiquant les unes avec les autres, se ramifient en tous sens et donnent à la terre une véritable porosité. Or, quand on ouvre une tranchée dans une masse argileuse et que l'on place des tuyaux, ou des pierres dans cette tranchée, l'argile, qui forme les parois du conduit, se trouve en contact avec l'air, se dessèche partiellement et se fendille jusqu'à une certaine profondeur. L'action ainsi commencée s'étend ensuite de proche en proche, à une plus ou moins grande distance, dans toute la masse, chaque fissure déterminant l'assèchement des parties qu'elle avoisine et déterminant la formation de nouvelles fissures. La marche progressive de cette action de fendillement se manifeste clairement par l'accroissement successif du produit de l'écoulement des drains pendant les premiers mois, et quelquefois même pendant les premières années de leur formation, aussi bien que par les modifications et l'amélioration continues de la nature du sol.

L'accroissement de porosité du sol et son assainissement sont les résultats immédiats de l'opération du drainage; mais de ces premiers résultats découlent d'importantes conséquences et des phénomènes consécutifs non moins intéressants, au point de vue physique et chimique de la végétation.

L'évaporation de l'eau à la surface du terrain abaisse considérablement sa température, par l'absorption de la chaleur latente nécessaire à la vaporisation. La formation d'un seul kilogramme de vapeur enlève assez de chaleur à 250 kil. de terre pour abaisser de 5° leur température. D'un autre côté, pendant la plus grande partie de l'année, la température de l'eau de pluie au moment de sa chute, ou au moins après avoir traversé la couche la plus superficielle du terrain, est supérieure à la température moyenne de la masse du sol arable. On comprend dès lors qu'en diminuant l'évaporation à la surface et en obligeant l'eau de pluie à pénétrer profondément dans le sol aussitôt après sa chute, on augmente la température de ce sol, et de la chaleur que lui communique l'eau et de celle que lui aurait enlevée l'évaporation. Or, c'est là précisément le double effet que produit le drainage, puisque, d'une part, les canaux d'assèchement attirant à eux, aspirant en quelque sorte, l'eau de la masse terreuse obligent l'eau de pluie à la traverser rapidement, et que, d'un autre côté, en abaissant le niveau de l'eau stagnante à une profondeur supérieure à l'ascension capillaire, il diminue dans une forte proportion l'évaporation produite à la surface. Ce ne sont point là, du reste, de simples inductions théoriques: des expériences rigoureuses et l'ensemble des phénomènes agricoles établissent d'une manière positive l'élévation de température du sol produite par le drainage. Quelques faits suffiront pour fixer sur ce point l'attention.

Nous citerons d'abord, sans rappeler les expériences de M. Charnock, déjà mentionnées, quelques essais scientifiques de M. Parkes, exécutés dans un marais tourbeux nommé le *Red-Moss*. Le terrain était parfaitement découvert, de sorte que rien ne pouvait troubler les observations; il n'existait d'ailleurs aucune eau de source de nature à modifier la température du sous-sol. Toutes les précautions, en un mot, semblaient avoir été prises pour assurer l'exactitude des résultats; malheureusement les expériences ont été peu nom-

breuses. M. Parkes les résume de la manière suivante: La température du sol naturel non drainé était de 7°,7, depuis 0m,30 jusqu'à 0m,76 de profondeur. Le thermomètre, enfoncé à 0m,48, a constamment marqué 8°,3. Le thermomètre, enfoncé à 0m,78 dans la terre drainée, marqua jusqu'à 9°,0 et semblait encore s'élever; le thermomètre, enfoncé à 0m,48, s'éleva à 48°,8 après un orage, indiquant ainsi un excès de 9°,8 sur l'autre thermomètre; et, sur trente-cinq observations, il a donné une surélévation de 5°,6. Le détail des observations de M. Parkes établit, du reste, un autre fait non moins important, ce sont les variations énormes de température qui ont lieu d'une époque à l'autre dans un terrain drainé.

M. Modden évalue à 6° 1/2 la différence moyenne de température entre deux sols semblables, l'un drainé et l'autre ne l'étant pas. Cette différence répond à une altitude de 594 mètres environ.

Des effets physiques du drainage que l'on vient d'indiquer découlent, au point de vue chimique, d'autres avantages: l'eau de pluie contient toujours de l'air, de l'acide carbonique et de l'ammoniaque en dissolution. Ces divers agents exercent une action que l'on a déjà exposée, soit en concourant directement à l'alimentation végétale, soit en facilitant la désagrégation des éléments du sol et les amenant à l'état soluble, qui les rend assimilables par les organes des végétaux; de sorte que le drainage, en amenant la terre à l'état de sécheresse convenable au développement des racines, leur fournit en même temps l'accroissement de nourriture que leur refuse un sol impénétrable aux gaz et constamment imbibé d'eau stagnante. En résumé, les opérations de drainage produisent le rapide écoulement de l'eau de pluie à travers le sol devenu poreux, et elles abaissent le plan d'eau stagnante à la profondeur la plus convenable pour le succès des diverses cultures. De ces deux premiers faits résulte un accroissement notable de la chaleur du sol, et un accroissement énorme de sa fertilité par l'introduction des gaz et des substances les plus nécessaires au développement de toutes les récoltes. Quelques exemples authentiques, choisis entre mille, de résultats obtenus en grand suffiront pour établir la réalité de ces assertions.

De fortes argiles d'Ecosse, citées par M. Smith, où les navets ne réussissaient jamais et où les pommes de terre manquaient souvent, produisent maintenant régulièrement ces deux récoltes, que l'on fait alterner avec la culture du froment. Dans les terres fortes et marécageuses du nord de l'Ecosse, on ne parvenait presque jamais à recueillir les récoltes, et la nielle faisait de tels ravages que l'on renonçait à la culture des céréales. Dans les terres drainées cette maladie disparaît, et les récoltes se font sans difficulté. M. Neilson possédait un champ où il ne pouvait obtenir plus de trois tonnes de navets par an; ce terrain drainé en fournit maintenant plus de vingt-sept.

Le drainage exerce sur le climat des contrées où il est exécuté sur une échelle un peu considérable les résultats les plus avantageux. Ainsi la ferme de Deanston, de 200 acres, sur laquelle M. Smith fit ses premiers essais, était très fréquemment plongée dans les brouillards les plus épais. Ces phénomènes locaux ont disparu et on ne souffre plus que des brouillards qui s'étendent sur tout le pays.

Un terrain marécageux existait autrefois près de Birkenhead; tous les soirs il était couvert d'un brouillard des plus épais; un drainage profond, poussé à 2m,43 de profondeur, a fait disparaître ces brouillards. La valeur de ce terrain situé près de cette intéressante cité, appelée depuis quelques années à un si prodigieux développement, a plus que quadruplé de valeur par cette opération.

Les épidémies qui attaquaient périodiquement les

racés ovines et bovines sur un grand nombre de fermes disparaissent rapidement par l'effet du drainage. C'est un des résultats les plus constants de cette opération, que l'on applique maintenant dans ce seul but à tous les prés et terrains où l'on élève des animaux rares ou précieux. La santé des hommes éprouve ces mêmes effets bienfaisants du drainage des champs sur une certaine étendue. Dans beaucoup de localités, le nombre des fièvres intermittentes et autres maladies de même espèce se sont réduites, en un an, dans le rapport de 400 à 46.

Les arbres forestiers se développent beaucoup mieux sur les terres drainées que sur celles qui ne le sont pas. Les arbres à fruit surtout éprouvent de cette opération un avantage considérable.

Où trouvera plus loin, sur les résultats financiers du drainage, quelques renseignements qui nous dispensent de multiplier davantage les exemples des avantages généraux qu'il procure.

7. Résultats financiers des travaux de drainage.

Prix des travaux. Le prix des opérations de cette nature doit évidemment varier avec une foule de circonstances, et il est impossible de répondre, par un seul chiffre, à cette question si fréquemment répétée : quelle est la dépense nécessaire pour drainer un hectare de terre? Nous pouvons seulement donner quelques exemples de dépenses constatées dans certaines conditions, et fournir quelques-uns des éléments du sous-détail du prix de revient, laissant à chacun le soin d'appliquer ces données, par une judicieuse assimilation, au cas particulier qu'il s'agira de traiter.

L'ouverture des tranchées, quel que soit le mode de garniture qu'on se propose de leur appliquer, est la dépense la plus considérable et celle qu'il convient d'examiner d'abord. Cette dépense est fonction de la nature du sol, de la largeur et de la profondeur adoptée. Les personnes habituées à faire exécuter des terrassements évalueront facilement d'avance le prix du mètre cube fouillé et déblayé, en tenant compte des difficultés résultant de la sujétion particulière à l'ouverture de tranchées profondes et aussi étroites que celles dont il s'agit. Ce qu'il y a de mieux à faire, du reste, quand on entreprendra des travaux de drainage de quelque importance, dans un pays où ils seront encore peu connus, consistera à faire faire à la journée par des ouvriers consciencieux et habiles une certaine

longueur de tranchée, et ensuite à traiter à forfait pour l'exécution du reste des travaux, en s'aidant des renseignements fournis par cet essai préliminaire.

Nous avons vu payer 0^{fr},438 et 0^{fr},474 par mètre, pour des drains ayant respectivement 1^m,22 et 1^m,37 de profondeur. Ces tranchées étaient ouvertes dans des argiles fortes mêlées de bancs de gravier, exigeant presque toujours l'emploi de la pioche. M. Pusey dit avoir vu ouvrir des tranchées de 0^m,86 de profondeur, à raison de 0^{fr},04 par mètre courant. La moyenne d'un grand nombre d'exemples, dans des circonstances assez variées, conduit au chiffre de 0^{fr},10 par mètre, pour tous frais de main-d'œuvre, ouverture des tranchées, pose des tuyaux et remplissage, pour des drains de 0^m,92 à 1^m,10 de profondeur.

Le prix des tuyaux au mille varie beaucoup d'une localité à l'autre, non-seulement en raison du prix du charbon et de la main-d'œuvre, mais aussi parce que la longueur des tuyaux n'est pas toujours la même. Elle varie en effet de 0^m,28 à 0^m,40; il faut toujours faire entrer cette donnée en ligne de compte. En Angleterre, le prix moyen des tuyaux de 0^m,035 à 0^m,04 de diamètre est de 0^{fr},04 à 0^{fr},05 le mètre. Le tableau A fournira, du reste, quelques indications utiles à ce sujet, quoique malheureusement il ne donne pas les éléments relatifs aux plus petits tuyaux; le prix de l'argile est d'ailleurs beaucoup trop élevé, par suite d'une circonstance particulière.

La dépense totale du drainage, par hectare, dépend à la fois du prix total de l'unité de longueur du drain et du développement de l'ensemble des drains, c'est-à-dire de leur écartement.

Le tableau B facilitera les calculs, en faisant connaître la longueur totale des drains et le nombre de tuyaux de différentes longueurs nécessaires, en moyenne, au drainage d'un hectare. Cette table ne donne des résultats exacts que lorsque toutes les dimensions du terrain sont considérables, par rapport à l'écartement des drains. Dans les surfaces de peu d'étendue et de formes irrégulières, on doit faire un calcul spécial.

M. Donaldson a dressé, d'après des évaluations moyennes faites avec soin, le tableau C qui peut donner une idée des rapports des prix de drainage effectués dans différents terrains. On remarquera que le prix des tuyaux a beaucoup diminué depuis que ce tableau a été dressé; il est au moins moitié plus bas qu'à cette époque.

TABLEAU A.

Prix de fabrication des tuyaux de drainage, avec des machines perfectionnées, d'après M. E. Gotto de Londres.

DIAMÈTRES des TUYAUX.	QUANTITÉ DE MATIÈRE EMPLOYÉE par 1,000 tuyaux de 0 ^m ,304 de longueur.		PRIX DES MATÉRIAUX, DE LA MAIN-D'ŒUVRE ET DE LA CUISSON, par 1,000 tuyaux de 0 ^m ,304 de longueur.				DEPENSE TOTALE.
	Argile.	Charbon.	Argile à 8 ^{fr} ,70 les 1,000 kil., y compris la taxe.	Main-d'œuvre. à 5 fr. les 1,000 kil.	Charbon à 25 fr. les 1,000 kil.	Frais-frais, taction du four, enfournement, défournement, etc.	
			fr.	fr.	fr.	fr.	
0,054	4,988	404,5	17,29	9,94	2,54	7,87	37,63
0,076	2,895	452,2	25,48	14,47	3,80	14,43	57,88
0,102	4,876	240,6	42,42	24,38	6,01	15,48	88,29
0,127	6,855	304,7	59,63	34,27	7,61	24,15	125,66
0,152	8,182	406,2	71,48	40,41	10,15	41,76	163,50
0,228	11,884	594,44	103,39	59,42	14,85	48,68	226,34

TABLEAU B.

INTERVALLES entre les DRAINS.	LONGUEUR totale des drains par hectare.	NOMBRE correspondant de tuyaux d'une longueur de				INTERVALLES entre les DRAINS.	LONGUEUR totale des drains par hectare.	NOMBRE correspondant de tuyaux d'une longueur de			
		0 ^m ,30	0 ^m ,33	0 ^m ,36	0 ^m ,40			0 ^m ,30	0 ^m ,33	0 ^m ,36	0 ^m ,40
m. 5	2,000	6,667	6,000	5,556	5,000	m. 13	769	2,893	2,307	2,136	1,922
6	1,667	5,556	5,004	4,742	4,167	14	714	2,716	2,142	1,983	1,785
7	1,429	4,763	4,287	3,970	3,572	15	667	2,223	2,004	1,853	1,667
8	1,250	4,166	3,750	3,472	3,125	16	625	2,083	1,875	1,736	1,562
9	1,111	3,703	3,333	3,086	2,777	17	588	1,960	1,764	1,632	1,470
10	1,000	3,333	3,000	2,778	2,500	18	556	1,853	1,668	1,544	1,390
11	909	3,030	2,727	2,525	2,272	19	526	1,753	1,578	1,464	1,315
12	833	2,776	2,499	2,314	2,082	20	500	1,666	1,500	1,389	1,250

TABLEAU C.

Prix du drainage de différentes terres par hectare, dressé par M. Donaldson.

DÉSIGNATION de L'ESPÈCE DU SOL.	DISTANCE entre les drains.	PROFONDEUR des drains.	NOMBRE de mètres de drains par hect.	PRIX d'ouverture et de remplissage		NOMBRE de tuyaux ¹ employés par hect.	DÉPENSE par hectare pour tuyaux ² .	DÉPENSE totale par hectare.
				par mètre	par hectare.			
TERRES FORTES.								
Argile et gravier, comp. et tenace.	m. 4,56	m. 0,76	m. 2,173	fr. 0,404	fr. 226,99	6,549	fr. 270,67	fr. 497,66
Argile forte et adhérente.	5,12	0,76	4,953	0,098	491,39	5,859	243,26	434,65
Argile friable.	5,47	0,84	4,830	0,094	472,02	5,490	227,94	399,96
Argile tendre.	6,39	0,84	4,563	0,083	429,73	4,689	204,69	334,42
TERRES MOYENNES.								
Terre argileuse.	6,70	0,94	4,492	0,404	455,17	4,476	485,84	344,04
Terre marneuse.	7,31	0,94	4,368	0,094	428,59	4,404	470,40	298,99
Terre graveleuse.. . . .	8,22	0,99	4,216	0,446	477,54	3,648	451,46	329,00
Terre friable.	9,14	0,99	4,094	0,425	436,75	3,282	436,27	273,02
TERRES LÉGÈRES.								
Terre graveleuse légère.	10,05	1,07	995	0,477	476,44	2,985	423,94	300,05
Terre marneuse légère.	10,96	1,14	912	0,467	452,30	2,736	413,60	265,90
Terre sableuse	11,88	1,22	842	0,456	431,35	2,526	404,88	236,23
Terre molle légère.. . . .	12,80	1,22	781	0,446	414,03	2,343	97,38	214,41
Sol sableux.	13,71	1,22	729	0,446	406,43	2,187	90,80	197,23
Sable graveleux léger.	15,08	1,29	663	0,309	438,57	4,989	82,58	221,45
Sable graveleux profond.. . . .	16,75	1,29	597	0,438	412,24	4,791	74,36	486,60
Sable graveleux grossier.. . . .	18,28	1,37	547	0,250	436,75	4,641	68,13	204,88
Sable graveleux coulant.. . . .	20,10	1,37	497	0,209	403,87	4,494	61,94	465,78

¹ Ces tuyaux de drainage ont 0^m,33 de longueur. — ² Ces tuyaux de drainage sont à 44 fr. 52 c. le mille.

Les deux tableaux D et E ci-après, que nous empruntons à M. Parkes, donnent le résumé des dépenses faites pour un certain nombre de travaux exécutés.

Les tuyaux fabriqués sur place coûtent 6 francs le mille.

Tous les résultats précédents ont été obtenus en Angleterre. On n'a jusqu'à présent publié en France qu'un seul exemple de dépense de travaux de cette espèce; ce sont ceux de M. Lupin. La dépense, par hectare, se décompose de la manière suivante :

4,000 mètres de tranchée à 0 ^r ,15 l'ub.	150 fr.
3,000 tuyaux à 22 fr., plus le déchet et les maîtres-drains.	75
	<u>225</u>

Les drains de M. Lupin sont espacés de 40 mètres, ils ont 1^m,20 de profondeur; les tuyaux sont ovales, ils ont 0^m,03 sur 0^m,05 et 0^m,34 de longueur; ils sont posés sans colliers, les joints sont soigneusement enveloppés d'une masse d'argile bien tassée.

TABLEAU D.

NATURE DU SOL.	COMTÉS	Profondeur des drains.	Écartement des drains.	Main-d'œuvre par hectare.	Tuyaux par hectare.	DÉPENSE TOTALE.
		m.	m.	fr.	fr.	fr.
Argile homogène.	Kent. . .	0,91	10,07	62,47	24,68	87,15
— — — — —	Sussex. .	0,91	10,07	62,47	24,68	87,15
— — — — —	Surrey. .	0,91 à 1,22	10,07	83,17	24,68	107,85
— — — — —	—	0,22 à 1,37	12,20	68,64	20,27	88,88
Argile avec quelques pierres. . .	—	1,22	15,20	82,65	16,36	99,01
Arg. avec sous-sol grav. et pesant.	Kent. . .	0,91 à 1,07	15,09	110,71	16,63	127,34
— — — — —	—	1,22	15,09	110,71	16,63	127,34
Argile, graviers, sables.	—	1,22	20,11	83,17	12,45	95,62
Argile, sous-sol graveleux.	—	1,07 à 1,22	10,07	155,96	24,68	180,64

TABLEAU E.

Prix de drainages exécutés par M. J. Parkes dans le comté de Northampton.

NATURE DU SOL.	Étendue drainée.	Profondeur des drains.	Écartement des drains.	Main- d'œuvre par hectare *.	Prix des tuiles †.	DÉPENSE totale.	DÉPENSE par hectare.
	hect.	m.	m.	fr.	fr.	fr.	fr.
Argile lourde.	13,133	1,22	10,97	2,856,40	953,16	3,809,26	285,70
Argile variable.	24,666	1,22	10,97	3,845,47	4,956,97	5,802,44	235,24
Argile forte.	6,464	1,22	9,14 à 10,06	4,182,55	512,66	4,695,21	262,25
Terre forte.	6,464	1,22	11,89	4,532,11	383,37	4,915,48	296,33
Argile bleue, faible.	3,080	1,22	9,14	4,735,34	633,35	2,368,69	294,38
Argile blanchâtre forte.	18,584	1,22	10,97	4,164,88	4,405,97	5,570,85	299,76
Argile forte et gravier.	5,256	1,22	10,06 à 10,97	4,246,00	448,06	4,694,06	322,31
Argile blanchâtre.	4,848	1,22	10,97	923,33	357,63	4,280,96	264,22

* Y compris les honoraires de M. Parkes, à 15 fr. 60 c. par hectare. — † Ces tuiles étaient faites sur place et fournies par le fermier, qui payait en outre au propriétaire 5 pour 100 de la dépense faite.

On peut admettre que dans les circonstances ordinaires, la main-d'œuvre ne dépassera pas 120^f à 160^f par hectare, aussitôt que l'on aura quelques ouvriers exercés. Quant aux tuyaux, leur prix pourra se réduire à 12 ou 15^f le mille dans tous les pays où le combustible n'est pas trop cher.

Bénéfices produits par le drainage. On estime comme résultat moyen et général que les sommes dépensées en travaux de drainage rapportent 10 pour 100 net, sans tenir compte des facilités que donne à la culture un sol assaini, de l'accroissement de la salubrité, etc. Cette estimation est plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité. On sait d'ailleurs que fermiers et propriétaires acceptent avec empressement les sommes que le gouvernement anglais leur avance, moyennant 6 1/2 pour 100 d'intérêt, ce qu'ils ne feraient pas si les travaux ne devaient leur rapporter bien au delà de cet intérêt. Les exemples de fermiers qui drainent leurs terres à leur compte, ou moyennant une faible subvention, quoique jouissant seulement d'un bail assez court, ne sont pas rares.

L'estimation de 10 pour 100 d'intérêt de la dépense est de beaucoup au-dessous de la vérité pour les terres de bonne qualité convenablement traitées; elle n'est trop forte que pour quelques terres très médiocres. Dans beaucoup de cas, les dépenses faites en drainage rapportent jusqu'à 25 pour 100. Ces énormes bénéfices cessent du reste d'étonner, quand

on tient compte des avantages de toutes sortes qui résultent d'un bon drainage sur une terre qui en a besoin. La facilité seule de labourer plus à loisir, pendant une plus grande partie de l'année, permet de réduire de deux le nombre de chevaux nécessaires à la culture d'une ferme de 89 hectares. M. Neilson estime de 5 hectol. 40 à 9 hectolitres l'augmentation de céréales par hectare produite par le drainage. Les chiffres suivants seront du reste plus précis que ces évaluations générales. Citons d'abord (tableau F) quelques faits fournis par M. Maccaw, dans une enquête officielle :

Voici le détail des résultats obtenus de deux des terres du tableau F :

Le n° (C) a produit en cinq années, par hectare, en pommes de terre, froment, foin, pâtures et avoine, une somme de. 3,057 fr. 40 c.

Les dépenses de drainage, de labourage, de fumures, de cultures, les ventes et toutes les charges, avec les intérêts, se sont élevées à. 2,280 52

Différence. 776 fr. 88 c.

Ce qui fait un revenu net annuel de 155 fr. 37 c. par hectare sur une terre où les récoltes vertes ne pouvaient venir, et où la récolte totale de 1843, antérieurement au drainage, avait produit brut 138 fr. 94 c. seulement.

TABLEAU F.

NOMS des PROPRIÉTAIRES.	NOM de LA TERRE.	NATURE du SOL.	DÉPENSE DES TRAVAUX par hectare.	VALEUR annuelle par hectare.		ACCROISSEMENT annuel. ¹	INTÉRÊT p. 100 de la dépense. ²
				ancienne. fr.	nouvelle. fr.		
A. M. Oswald. . .	Brokle-Hill-Marsh.	Principalement sol profond d'alluvion et marais ¹	Can. de déchl. 200,94 Drainage. 426,06 627,00	46,78	124,78	78,00	12,44
B. Sir F. Ferguson	Moorston.	Terre franche, sous- sol d'argile et gravi- er; il existe des sources ². . . . .	. . . . . 459,62	62,34	99,82	37,48	8,15
C. Dailson.	Morniston.	Argile franche, s.- sol tenace ³. . . . .	. . . . . 393,08	37,42	93,59	56,47	13,25
D. Rigby-Wason. . .	Barrhill-Farms. . .	Landes, marécages, sous-sol d'argile ⁴	Drainage, clô- tures, net- toyage. 502,28	7,79	43,66	35,87	7,50
E. M. Oswald. . . .	Rrickrows.	Sol humide ⁵. . . . .	. . . . . 335,00	62,34	112,30	49,96	14,6

OBSERVATIONS.

¹ Canal de décharge très coûteux. — ² Drainé à t^m.22, cultivé depuis longtemps. — ³ Drainé en 1843 — ⁴ Avoine et pâturages; sol trop élevé et trop moussu pour le froment. — ⁵ Près d'une ville; drainé en 1843.

Le n° (E), drainé en 1845, a produit, en trois récoltes vendues publiquement, une somme de 806 fr. 65 c.
Les dépenses de toutes natures, y compris les intérêts, se sont élevées à 529 37
277 fr. 28 c.

Ce qui fait un bénéfice net annuel de 92 fr. 42 c.
Une partie marécageuse, sur la même ferme, a produit, l'année même de l'achèvement des travaux, une récolte de pommes de terre vendue 554 fr. 57 c. On avait dépensé en tout 567 fr. 47 c.; c'est-à-dire qu'une seule récolte a sensiblement payé les travaux.

On pourrait multiplier indéfiniment les exemples de la nature de ceux que nous venons de citer; mais il suffit d'avoir fait connaître quelques faits pour montrer que notre première évaluation est loin d'être exagérée.

Les résultats que l'on vient d'indiquer établissent les produits avantageux que l'on peut attendre d'opérations de drainage bien exécutées, et nous feront pardonner des détails un peu longs, mais tout à fait nécessaires, en raison même de la nouveauté du sujet en France.

Deuxième section. — Dessèchements.

On rencontre sur différents points du globe des contrées quelquefois très étendues, soit constamment, soit périodiquement recouvertes d'eau, qu'il est possible, par des travaux de dessèchement convenablement dirigés, de transformer en terres cultivables, souvent d'une grande valeur.

Les travaux nécessaires aux dessèchements d'une grande importance présentent de sérieuses difficultés. Ils se compliquent presque toujours de questions contentieuses et administratives les plus complexes, et exigent à la fois le concours de la science du jurisconsulte et de toutes les ressources de l'art de l'ingé-

nieur. Il ne saurait être question dans cet article d'exposer en détail tout ce qui se rapporte au problème compliqué des dessèchements. On essaiera seulement d'indiquer l'esprit des méthodes à employer. Quelques exemples choisis avec soin compléteront d'ailleurs les explications générales.

Les marais proprement dits occupent en France une étendue que l'on évalue à 600,000 hectares au moins. Les départements qui en possèdent le plus sont la Charente, les Deux-Sèvres, les Bouches-du-Rhône, etc.
Mais on en rencontre aussi de fort étendus dans d'autres parties de la France, et bien peu de départements en sont complètement débarrassés.

La variété des lieux où se trouvent des marais indique assez la diversité des causes auxquelles on doit attribuer l'état de ces terrains. L'examen attentif de ces causes doit précéder toute étude de dessèchement, car il indique presque toujours la nature des procédés à adopter pour faire cesser l'état de choses auquel il faut remédier. Les développements donnés dans le cours de cette section permettront d'apprécier l'importance de cette observation, sur laquelle nous appelons particulièrement l'attention de nos lecteurs.

I. ETUDES PRÉALABLES A TOUTE OPÉRATION DE DESSÈCHEMENT.

Dessécher un marais, c'est le débarrasser des eaux qui séjournent à sa surface et donner un écoulement régulier à celles qui y arrivent. Les marais, considérés d'une manière générale, peuvent se partager en deux grandes classes.

La première comprend les marais où la disposition des lieux est telle qu'il existe un point inférieur par lequel le liquide peut trouver une issue permanente ou périodique : le problème consiste alors dans la détermination des emplacements, pentes et sections des canaux émissaires.

La seconde se compose des marais dont la surface,

étant inférieure à tous les points environnants, forme une cuvette d'où le liquide ne s'échappe que lorsqu'il est arrivé à une hauteur déterminée. On ne peut l'extraire, dans ce cas, qu'au moyen de machines d'épuisement ou de puits absorbants.

Certains marais appartiennent à la fois aux deux grandes divisions précédentes, c'est-à-dire qu'ils sont en partie desséchables par écoulement, et que l'opération ne peut se terminer qu'à l'aide des machines. Le dessèchement des marais de cette espèce nécessite l'emploi des méthodes applicables aux deux premiers cas, qu'il est dès lors indispensable d'étudier successivement.

Dans tous les travaux de dessèchement, sauf les cas particuliers où des circonstances étrangères à l'opération elle-même obligeraient de déroger à la marche générale, on doit se proposer :

1° D'éloigner de la surface des marais les affluents extérieurs ;

2° De purger cette surface elle-même des eaux en excès : ou au moyen de rigoles d'assèchement conduisant les eaux qui s'y rassemblent au point de sortie : ou en expulsant les eaux de la cuvette au moyen d'une force motrice quelconque, dont on conserverait tout ou partie pour chasser les eaux d'orage que l'évaporation et les infiltrations n'absorbent pas assez vite lorsque la cuvette aurait été une première fois vidée.

Pour le calcul des différents éléments de ces travaux, il faut s'être rendu compte :

1° De l'étendue du bassin du marais et des bassins secondaires qui y aboutissent ;

2° De la quantité de pluie qui tombe dans l'année, dans les diverses saisons, et de celle qui peut tomber au maximum dans un jour donné ;

3° De la proportion suivant laquelle cette eau se répartit dans les divers bassins entre l'évaporation, l'infiltration dans le sol, et l'écoulement à la surface, ainsi que du temps nécessaire à cet écoulement ;

4° Du débit des sources et des cours d'eau pérennes, soit à leur étiage, soit pendant leurs plus grandes crues, et de la détermination du volume d'eau que peuvent fournir pour un jour d'orage les lits habituellement à sec.

Détermination de l'étendue des bassins. On peut définir le périmètre d'un bassin, l'ensemble des points à partir desquels l'eau qui tombe sur un plateau peut couler indifféremment dans ce bassin ou le bassin voisin. La ligne du périmètre se détermine par des points principaux qu'on reconnaît immédiatement sur le terrain, lorsque les plateaux voisins sont peu étendus et à pentes assez fortes, ou au moyen des nivellements transversaux de faite. Le point de la courbe de nivellement où la tangente est horizontale est celui qu'on cherche. En réunissant sur une carte ces emplacements par des lignes, on a le contour et par conséquent la superficie du bassin. Les cartes topographiques faites avec soin font immédiatement connaître les lignes de faite dont il s'agit ici. On sait que les positions des lignes de faite et de thalweg obéissent à des lois générales assez simples dont la connaissance, inutile à rappeler maintenant, facilite singulièrement les études sur le terrain.

Il importe d'ailleurs de remarquer ici que les eaux qui tombent à la surface d'un bassin ne sont pas tous jours les seules qui y arrivent : à l'affleurement des couches perméables il peut en effet jaillir des sources provenant des eaux d'infiltration, venues de bien plus loin que les limites apparentes du périmètre. Ainsi, dans son travail sur les marais Pontins, M. de Prony annonce qu'en comparant le volume d'eau pluviale qui devient courante dans ce bassin, et doit s'échapper annuellement par l'émissaire unique qui lui donne passage, avec le volume total du liquide effectivement

débité par cet émissaire, il a reconnu que celui-ci était à peu près le double du premier. Il en conclut naturellement que les sources débitent une quantité considérable d'eau venant des infiltrations produites dans les bassins voisins, et amenées dans celui des marais par la déclivité de la couche imperméable qui s'étend beaucoup au-delà de la crête des versants extérieurs.

De la quantité et de la répartition des eaux de pluie dans l'année. On a réuni dans le chapitre II, troisième section, un grand nombre de documents relatifs à ce sujet ; il serait inutile de les reproduire ici. Mais il ne suffit pas de connaître la masse générale d'eau qui peut tomber en une saison, il faut tenir compte de la valeur des grandes pluies ordinaires. Pour se mettre à l'abri de toutes les pluies d'orage, dans toutes les circonstances possibles, il faudrait évidemment établir les calculs en tenant compte de la plus grande hauteur d'eau tombée en douze heures. Mais on arriverait ainsi à des travaux d'une importance trop considérable, et il suffit de baser les évaluations, comme on le verra plus loin, sur la hauteur d'eau tombée pendant un orage d'intensité moyenne. Ainsi, pour ne citer en ce moment qu'un seul exemple, bien qu'on ait observé à Rome des orages versant à la surface du sol une couche d'eau de 0^m,42 d'épaisseur, M. de Prony a calculé les débouchés des différents émissaires des marais Pontins, en admettant que la hauteur d'eau tombée pendant un orage resterait comprise entre 0^m,04 et 0^m,07.

De la proportion suivant laquelle l'eau des pluies se répartit dans les divers bassins entre l'évaporation, l'infiltration dans le sol et l'écoulement à la surface. Les eaux qui tombent à la surface du sol se partagent en trois parties. La première est enlevée par l'évaporation ou la végétation ; la seconde pénètre dans le sol par infiltration à une plus ou moins grande profondeur, et forme quelquefois, à la surface des couches imperméables, les nappes aquifères qui alimentent les sources situées plus loin à un niveau inférieur ; la troisième coule à la surface, et, par différentes rigoles, va rejoindre, dans un temps assez court, les ruisseaux qui se déchargent dans le marais.

On comprend quelle importance aurait, pour la question qui nous occupe, la détermination de la proportion suivant laquelle l'eau tombée se divise entre ces trois destinations. Malheureusement, il est impossible d'avoir à ce sujet des données générales et précises, et on est obligé, pour chaque cas particulier, d'avoir égard aux diverses circonstances locales, et d'évaluer cette répartition en tenant compte, le mieux qu'on peut, de ce qui a quelque influence sur elle.

L'état de la surface du sol et la composition géologique de ses couches supérieures sont évidemment les éléments les plus importants de cette détermination. Sur un sol boisé et couvert d'herbes, l'infiltration est généralement considérable, parce que l'eau préservée du vent et du soleil, et retenue par les plantes entre lesquelles elle s'introduit ne peut ni s'évaporer ni couler facilement à la surface. Sur un terrain découvert, au contraire, l'infiltration, toutes choses égales d'ailleurs, sera relativement peu considérable, et la plus grande partie du liquide s'écoulera pour aller gagner les thalwegs des ruisseaux, ou sera enlevée par l'évaporation qui favorise alors l'action du vent et du soleil. Entre ces deux cas extrêmes, celui d'une surface couverte d'herbes où l'infiltration est prépondérante, et celui d'une surface aride et imperméable où elle est presque nulle, se placent naturellement une foule d'états intermédiaires qui font varier à l'infini les rapports des quantités d'eau enlevée par écoulement, par infiltration ou par évaporation. Mais l'état de la surface n'est pas le seul élément de la question : la nature du sol et du sous-sol, sa perméabilité plus ou moins

grande exercent aussi une influence capitale sur l'écoulement de l'eau. Il est donc impossible de déterminer d'avance, et par une règle générale, le rapport des quantités d'eau tombées, évaporées et infiltrées; ce rapport varie d'un lieu à l'autre et ne peut être déterminé, dans chaque cas particulier, que par une longue série d'observations. Les résultats suivants montreront les différences qui existent à cet égard.

M. de Prony estime que, dans le bassin des marais Pontins, la quantité annuelle d'eau perdue par l'évaporation est égale aux 0^m,094 de celle qui tombe. Ainsi, la moyenne d'un grand nombre d'années d'observations donnant 0^m,805 pour la hauteur d'eau tombée annuellement, M. de Prony admettrait que la hauteur de l'eau, pouvant passer dans les canaux, sera de 0,724. Cependant les observations faites à Rome, sous le même climat, donnent 2^m,362 pour la couche d'eau évaporée dans l'année, en dehors de l'influence de l'action solaire.

Pour justifier la différence de ces chiffres qui paraît établie arbitrairement, cet auteur fait observer que l'évaporation constatée dans les observatoires doit être bien plus considérable que l'évaporation effective sur des terrains bas, ombragés et abrités des vents; que la surface exposée à l'évaporation sur les marais, au lieu d'être constante, comme dans les observatoires, est très variable, et qu'elle est à son *minimum* lorsque la cause évaporatrice est à son *maximum*, et réciproquement.

Cette proportion « estimée d'après divers rapprochements qui portent sur des détails trop minutieux pour les rapporter » n'a pas d'ailleurs, dans sa pensée, besoin d'être rigoureusement établie, car il ajoute : « L'objet de cette évaluation est d'avoir un des éléments du calcul qui donne la balance de la recette et de la dépense à l'époque où le dessèchement sera opéré et où les eaux, coulant dans des canaux réguliers, ne stagneront plus dans la campagne, le système de ces canaux devant être établi de manière à dériver l'eau que reçoit annuellement le bas-in général, moins celle qui est enlevée par l'évaporation ou perdue par les infiltrations. Cette considération simplifie beaucoup le problème, et même une erreur dans sa solution ain-i envisagée ne tire pas à conséquence si elle est en moins, vu que la seule conséquence qui puisse en résulter est une légère augmentation dans la capacité des canaux. »

On a déjà donné, en parlant du drainage, quelques renseignements sur ce sujet; ils seront complétés par ceux que l'on trouvera dans la section suivante, à l'article des réservoirs d'irrigation. En réunissant ces diverses données, on se formera une idée assez nette de ce sujet.

L'absorption de l'eau par les terres exerce, sur la question qui nous occupe, une influence bien plus grande que l'évaporation. On ne possède pas sur ce sujet de résultats positifs, et on ne peut dès lors se laisser guider que par des analogies plus ou moins éloignées. M. de Prony, dans son projet de dessèchement des marais Pontins, estime que l'eau absorbée par le sol du bassin de ces marais est égale à un tiers de celle qui tombe, et que cette quantité d'eau s'élève à un demi dans le bassin des marais d'Arles. Cette proportion doit évidemment varier avec la hauteur d'eau tombée.

En comparant le débit total annuel de la Seine au volume d'eau qui tombe sur le bassin de cette rivière et de ses affluents, on arrive au rapport 2/7. De sorte que 5/7 de l'eau tombée sont enlevés par l'absorption ou l'évaporation.

Le débit moyen annuel du Rhône est de 54,236 millions de mètres cubes, ou de 1,748 mètres cubes par seconde. La surface totale du bassin principal et des affluents de ce fleuve est de 927 myriamètres carrés.

Le débit moyen annuel est égal aux 0,58 environ de la quantité d'eau tombée sur cette surface.

M. Vallès a fixé, par une discussion très complète de la question, cette proportion à 4/7 pour le bassin du lac de Grandlieu (Loire-Inférieure), de sorte qu'en admettant que l'épaisseur de la couche d'eau tombée pendant un orage d'intensité moyenne soit, dans cette localité, de 0^m,04 en 24 heures, il y aura une couche de 0^m,023 d'épaisseur absorbée, et une autre couche de 0^m,017 seulement coulera sur le sol. Ces rapports dépendent évidemment de la nature du sol et de sa pente. Nous ne saurions assez répéter que les chiffres que nous citons n'ont rien d'absolu, mais semblent être compris, comme première approximation, dans une partie de la France, entre 4/7 et 5/7.

Ces renseignements sont d'ailleurs complétés par les données fournies ci-dessus (4^e section) et par celles de la section suivante.

Du débit des sources et des cours d'eau par année, soit à leur étiage, soit pendant les plus grandes crues, et de la détermination du volume d'eau que peuvent fournir pour un jour d'orage les lits habituellement à sec. Le jaugeage des sources et des cours d'eau permanents s'effectue sans difficulté par les méthodes ordinaires de l'hydraulique (voyez ce mot), c'est-à-dire en formant un déversoir pour les très petits cours d'eau, et en employant, pour ceux d'une plus grande importance, soit le moulinet de Woltman, soit la méthode des flotteurs.

Mais la détermination du volume d'eau que peuvent fournir, après un jour d'orage, les lits des torrents ordinairement desséchés, ou les crues des cours d'eau permanents, présente plus de difficulté; voici la marche suivie pour arriver approximativement à cette détermination.

Désignons par a la surface du bassin, par h l'épaisseur de la tranche d'eau qui peut tomber en un jour d'orage sur la surface de ce bassin, et par $\frac{1}{n}$ le coefficient d'absorption, ou le rapport de l'eau perdue par infiltration à l'eau tombée. Soit enfin t , le temps en secondes employé par l'eau qui coule à la surface, pour s'accumuler en masses capables de produire des effets nuisibles. Il est évident que $\frac{n-1}{n} ah$ sera le volume

d'eau coulant par jour, et $\frac{n-1}{nt} ah$ celui qui devra s'écouler par seconde par l'émissaire dont la section, pour satisfaire à cette condition, sera dès lors facile à calculer. Il paraîtrait naturel de prendre pour h la valeur de la plus forte pluie observée. Mais ce *maximum* est presque toujours énorme par rapport à la moyenne des *maxima* des pluies d'orage, et conduirait à donner aux canaux des dimensions très considérables et très coûteuses qui n'auraient d'utilité que pour un jour exceptionnel dans le courant d'un grand nombre d'années. Aussi les auteurs se sont-ils généralement accordés à s'arrêter pour h à la moyenne des *maxima*.

Ainsi dans les marais Pontins, quoique dans les observations faites à Rome une pluie d'orage tombée le 6 avril 1797 ait donné une hauteur d'eau de 0^m,426, M. de Prony, dans son projet de dessèchement, adopte-t-il pour h la hauteur de 0^m,06.

Pour les marais d'Arles, bien qu'il soit tombé à Marseille, le 15 septembre 1772, en quatorze heures, une hauteur d'eau de 0^m,325, et à Arles, le 4 octobre 1806, pendant douze heures, un prisme de 0^m,493 d'épaisseur, le même auteur admet pour h une hauteur de 0^m,09.

Enfin M. Vallès, dans son projet de dessèchement du lac de Grandlieu, dans la Loire-Inférieure, fait $h = 0^m,04$, quoiqu'un orage de quatre heures ait donné

à Nantes un prisme d'eau de 0^m,247, et à Vatou un prisme de 0^m,338.

La quantité t varie avec la conformation des lieux, leurs pentes plus ou moins abruptes, leur surface plus ou moins lisse, etc. Elle a été évaluée à 212,000 secondes pour les marais Pontins, à 694,200 secondes pour les marais d'Arles, et à 680,400 pour le lac de Grandlieu.

Enfin, la quantité $\frac{1}{n}$ dépend de la nature plus ou moins absorbante du sol. Et même, pour un terrain donné, elle doit varier avec l'état de siccité, de culture, de température où ce terrain se trouve chaque jour d'orage; cependant, pour s'arrêter à un chiffre, dans les exemples cités plus haut, on a admis pour $\frac{1}{n}$ les va-

$$\frac{1}{3}, \frac{1}{2} \text{ et } \frac{1}{7}.$$

Il semble assez naturel d'admettre que dans deux bassins dont les pentes seraient sensiblement les mêmes, les nombres de secondes nécessaires à l'accumulation des eaux seront en raison inverse des hauteurs d'eau s'écoulant à la surface, et proportionnels à la longueur du principal cours d'eau du bassin. De sorte qu'en désignant par t' , a' , h' , n' des quantités analogues à t , a , h , n , et par l et l' les longueurs des cours d'eau principaux des bassins considérés, on aurait :

$$\frac{t}{t'} = \frac{l}{l'} \frac{\frac{n'-1}{n'} a' h'}{\frac{n-1}{n} a h}$$

équation dont on pourrait tirer t' si toutes les autres quantités étaient déterminées. Si les pentes des bassins étaient sensiblement différentes, cette formule cesserait d'être applicable. Il faudrait la remplacer par une autre trop compliquée pour être indiquée ici.

Après avoir évalué, par les considérations précédentes, l'étendue du bassin, la hauteur d'eau qui tombe annuellement ou pendant un jour d'orage sur ce bassin, la proportion de cette eau qui est absorbée par le sol ou entraînée par l'évaporation, et enfin le volume des sources et des eaux pérennes ou autres qui y affluent, on a, comme on va le voir, tous les éléments nécessaires à la rédaction des projets de dessèchement, dont nous allons maintenant nous occuper.

II. TRAVAUX DE DESSÈCHEMENT.

Canaux de ceinture. Quand il s'agit d'un marais que l'on ne peut dessécher qu'au moyen de machines, il est évident qu'il est indispensable de commencer par détourner de la surface du marais toutes les eaux extérieures, qui sans cela continueraient à y affluer, et ne pourraient en être extraites que par des procédés coûteux : dans les autres cas, cette obligation peut paraître moins nécessaire, puisque l'écoulement de ces eaux peut avoir lieu par le même point que celui des eaux du bassin lui-même. Cependant, plusieurs raisons portent en général à déverser les affluents extérieurs dans des canaux de ceinture situés en dehors du périmètre des marais.

D'abord la cause première de la formation des marais est généralement la difficulté d'écoulement due au peu de pente que présente la surface; imposer aux émissaires qui doivent la purger l'obligation de recevoir le volume total des eaux, c'est nécessairement les exposer aux mêmes causes qui ont produit l'état de choses qu'il s'agit de détruire.

Ensuite les bassins extérieurs présentent toujours des pentes bien plus considérables que le marais lui-

même; les affluents arrivés à celui-ci tendent donc à y perdre considérablement de leur vitesse, à y déposer les matériaux qu'ils charrient, et, par conséquent, à y créer des atterrissements qui détruiraient promptement le régime régulier qu'on tend à établir.

Pour empêcher les crues de ces affluents de déborder sur les terres rendues à la culture, il faudrait les contenir dans des digues souvent fort élevées, qui feraient obstacle à l'établissement régulier des canaux d'assèchement proprement dits, ou leur creuser des lits larges et profonds sujets à de fréquents curages, et dont la construction serait très coûteuse.

D'autre part, en rassemblant les eaux du dehors dans des canaux extérieurs, dont il est facile, par conséquent, de maintenir le niveau au-dessus de la surface du marais, on se donne le moyen de les utiliser pour l'irrigation des nouvelles cultures; ce qui est souvent nécessaire, soit pour dessaler les terrains conquis sur la mer, soit pour communiquer au sol une fertilité qu'il ne pourrait avoir sans le secours de ce puissant moyen de fécondation. L'irrigation, en un mot, est dans beaucoup de cas le complément nécessaire d'un dessèchement, et l'on doit, dès l'origine, prendre les mesures convenables pour que ce double but soit simultanément atteint.

Quels que soient, en résumé, la nature du marais à dessécher, et les procédés ultérieurs à employer pour cette opération, il convient donc, à moins de circonstances toutes spéciales, d'arrêter, dans des canaux de ceinture, toutes les eaux extérieures affluant dans le marais. Le tracé de ces canaux de ceinture résulte de la disposition des lieux. On doit chercher à déterminer leurs directions de manière à utiliser les lits déjà existants, et, dans tous les cas, à réduire autant que possible la dépense, tout en assurant la bonne exécution des travaux. Le tracé de ces canaux détermine, en général, leurs pentes en long, qui doivent être aussi fortes que possible, pour éviter les atterrissements, sans dépasser cependant les limites nécessaires à la conservation des ouvrages et les niveaux imposés par les besoins de l'irrigation ou d'autres services. Les pentes et le tracé étant déterminés par les considérations précédentes, la section de ces émissaires est facile à fixer, puisqu'il suffit d'introduire dans la formule ordinaire du débit (voyez HYDRAULIQUE) les quantités d'eau qu'ils doivent débiter par seconde dans les circonstances les plus défavorables. Ce volume d'eau se décompose en deux autres: celui des sources et des cours d'eau permanents déterminé par expérience, et que nous désignerons par p , et celui des eaux d'orages roulant à la surface du sol, égale,

comme on l'a vu précédemment, à $\frac{n-1}{n t} a h = q$. Si

l'on pose, pour abrégér $p + q = Q$, on aura pour déterminer la section du canal émissaire en un point où sa pente sera I par mètre, les relations

$$Q = \omega v$$

$$\frac{\omega}{\lambda} I = A v + b v^2,$$

dans lesquelles :

- v est la vitesse moyenne du liquide par seconde;
- ω la section du canal;
- λ le périmètre mouillé;
- $a = 0,00024$;
- $b = 0,000366$.

La quantité λ dépend de la forme de la section adoptée et peut se déterminer dans chaque cas particulier sans difficulté, de sorte que ces équations renferment tous les éléments nécessaires à la solution du problème.

La forme généralement adoptée pour la section d'un

canal est un trapèze dont les bases parallèles sont horizontales et dont les côtés ont une inclinaison qui dépend de la tenue des terres qui forment la berge. Cette inclinaison varie ordinairement entre 4 et 3 de base pour 4 de hauteur.

Quand il y a une différence très notable entre le débit à l'étiage et le débit pendant les crues ou les pluies d'orage accidentelles, comme il y a intérêt à rassembler les eaux d'étiage dans un lit où elles puissent conserver une hauteur suffisante pour avoir un écoulement facile, on évase seulement à la partie supérieure le lit préparé pour l'étiage. De sorte que le profil de la section présente deux trapèzes superposés; l'excès de la base inférieure du grand sur la base supérieure du petit, forme deux banquettes qui ne sont atteintes par les eaux qu'au moment des crues.

D'ailleurs, comme on ne calcule les débouchés que pour les crues produites par les orages d'intensité moyenne, il peut arriver que les canaux soient insuffisants dans le cas d'orages extraordinaires; si l'inondation qui doit en résulter ne peut occasionner, d'après la disposition des lieux, que de faibles dommages, on ne tient pas compte de cette prévision. Dans le cas contraire, on peut établir à droite et à gauche, et à une certaine distance de l'axe du canal, des digues formant un nouveau lit majeur destiné à contenir ces débordements accidentels.

La nature et la forme des terrains à traverser doivent avoir une grande influence sur le choix de l'emplacement des canaux. Il faut éviter avec soin de les faire passer sur les parties tremblantes et présentant une grande profondeur de vase, qu'on rencontre fréquemment aux approches ou dans l'enceinte des marais, sur des terrains spongieux ou compressibles, à travers des roches qui en rendraient l'ouverture extrêmement coûteuse, etc.; d'un autre côté, l'établissement des pentes convenables impose des conditions nouvelles qui doivent se coordonner avec les précédentes.

On connaît les cotes du point de départ et celles du point d'arrivée de chaque canal; on sait donc la hauteur de chute qu'on doit racheter par les pentes; celles que l'on adopte sont déterminées par la vitesse qu'on peut ou qu'on veut admettre. A l'époque des crues ou des orages, la plupart des affluents arrivent dans les canaux chargés de matières en suspension qu'ils laissent retomber en tout ou en partie, suivant que leur vitesse disparaît ou diminue; il est donc très important, pour éviter les atterrissements, que la vitesse des eaux, après leur arrivée dans les canaux, soit constante, ou même croissante jusqu'à leur sortie.

Il paraîtrait naturel, pour satisfaire à cette condition et à celle d'un débit plus rapide des eaux, de réunir les deux points extrêmes par la ligne la plus directe, lorsque la disposition des lieux s'y prête; mais il est d'autres considérations qui imposent à la vitesse qu'on doit admettre une limite supérieure.

Il faut éviter que la vitesse de l'eau, au fond des canaux, devienne assez grande pour dégrader leurs lits. On a dressé le tableau suivant des limites supérieures de la vitesse que l'eau peut prendre dans les canaux, selon la nature de leur fond, sans les dégrader.

Nature du fond.	Limites de la vitesse.	
	au fond.	moyenne.
	m.	m.
Terres détrempées, brunes.	0,076	0,101
Argiles tendres.	0,152	0,202
Sables.	0,305	0,406
Graviers.	0,609	0,810
Cailloux.	0,614	0,817
Pierres cassées, silex.	4,220	4,623
Cailloux agglom., schistes tendres.	4,520	2,021
Roches en couches.	4,830	2,434
Roches dures.	3,050	4,060

On peut donc dire que dans la plupart des cas la vitesse se trouve limitée entre 0^m,80 et 4 mètre par seconde; du reste, dans cette limite le limon et le sable fin tenus en suspension ne se déposent pas, et on peut toujours s'arranger de manière que les matières plus grossières s'arrêtent avant l'entrée de l'eau dans les canaux.

Dessèchement du marais proprement dit. Le canal de ceinture, ou arrêtant, pour les conduire au dehors, toutes les eaux qui se dirigeaient dans le marais, réduit autant que possible la tâche du dessécheur, puisqu'il ne reste plus qu'à se débarrasser des eaux de pluie qui tombent directement sur le marais et des sources qui peuvent y déboucher. Les procédés, pour cette dernière partie de l'opération, dépendent de la position des lieux. Si la surface du marais est inférieure à celles de toutes les masses d'eau environnantes, il faut avoir recours aux machines d'épuisement; si au contraire elle est assez élevée pour que les eaux puissent couler au dehors, il suffit d'ouvrir des canaux convenablement disposés pour leur donner passage.

I. Dessèchements à l'aide de canaux d'écoulement. Ce premier cas se divise lui-même en deux autres: celui où l'écoulement dans les canaux peut être permanent, et celui où il est intermittent, ce qui a lieu dans les marais dont les canaux débouchent dans l'Océan ou dans les fleuves à marées.

On examinera successivement dans ce qui va suivre ces deux classes de dessèchements.

(a). *Marais dont l'écoulement par les canaux émissaires peut être permanent.*

Pour donner un écoulement aux eaux qui naissent ou tombent à la surface proprement dite du marais, on établit d'abord un canal central, dirigé, sans la légère variation que peut rendre obligatoire l'état des lieux, suivant l'axe principal d'écoulement: On désigne ainsi le lieu des points où tendent à se rassembler les eaux pluviales tombant sur toute l'étendue du marais. Cet axe se détermine facilement au moyen des nivellements généraux du terrain.

On doit, comme on l'a déjà dit, éviter en général de faire arriver dans ce canal les eaux pérennes; cependant il convient de se ménager le moyen d'y introduire, en temps de sécheresse, un volume d'eau vive suffisant pour entraîner les eaux croupissantes et s'opposer aux atterrissements.

On amène les eaux dans le canal principal, tracé comme on vient de le dire, par des fossés auxiliaires placés entre eux, et par rapport au canal central, à des distances telles que l'eau tombant sur un point quelconque du marais ait toujours un réceptif inférieur où elle puisse arriver avant que son mouvement soit éteint par les obstacles qu'elle rencontre sur cette surface. Le tracé de ces fossés ne comporte d'autre loi générale que l'obligation de présenter une pente suivie depuis leur origine jusqu'à leur embouchure dans le canal central. Leur direction doit être inclinée sur celle du canal central de telle sorte que les lignes de plus grande pente des surfaces qui aboutissent au thalweg général soient coupées par plusieurs fossés à la fois.

Enfin d'autres rigoles intermédiaires et d'une dimension moins considérable s'embranchent sur ces fossés et complètent l'ensemble des moyens d'assèchement de la surface.

Les dimensions du canal central qu'il est important de déterminer, a priori, dans les différents points de son parcours, se déduisent de la double condition de fournir un écoulement suffisant pour les pluies d'orage maxima, sans amener de débordement, et de ne laisser aux eaux ordinaires qu'un lit assez rétréci pour qu'elles

y conservent toujours une vitesse qui ne permette pas les envasements et la stagnation.

On détermine, comme pour les canaux de ceinture, les quantités d'eau à écouler dans un temps donné, la pente dont on peut disposer et la vitesse qu'on doit admettre; la section peut donc se déterminer par des formules analogues à celles que nous avons déjà données.

La section du canal principal d'écoulement doit presque toujours présenter, comme celle des canaux de ceinture, un lit mineur pour les basses eaux, un lit majeur pour les grandes eaux, et une double ligne de digues dans les points où les grandes eaux extraordinaires pourraient produire des inconvénients sérieux.

Dans tous les cas il est indispensable d'établir, le long des canaux, des fossés de ceinture destinés à recevoir les eaux affluentes des terrains voisins, à les laisser déposer et à les amener, après leur éclaircissement, dans le canal principal, par des ouvertures ménagées à cet effet.

Si le tracé le plus convenable a une longueur moindre que le développement nécessaire par l'établissement des pentes, on rachète la perte de hauteur due à ce raccourcissement du parcours par une ou plusieurs chutes qu'on dispose à son gré, en ayant soin seulement de ne pas les faire trop considérables et trop rapprochées, pour éviter, d'une part, les dégradations qui accompagnent la chute d'une masse considérable d'eau, et, d'autre part, la destruction des pentes qui tendrait à se produire par les dénivellations qui accompagnent les crues dans les biefs trop courts.

Les dessèchements exécutés dans les circonstances dont il s'agit maintenant exigent surtout des travaux de terrassement, mais ne nécessitent aucun ouvrage d'art d'une nature particulière ou offrant des difficultés exceptionnelles. Quand les canaux sont navigables ils doivent présenter des écluses avec pertuis accolés; quand, au contraire, ils ne doivent servir qu'au dessèchement, des pertuis ou chutes, pour racheter les pentes trop fortes, sont les seuls travaux spéciaux qu'ils nécessitent. Les ponts et pontceaux établis sur les canaux etrigoles pour assurer les communications, ne diffèrent en rien des travaux du même genre exécutés dans d'autres circonstances.

Beaucoup de marais appartenant à la catégorie qui nous occupe maintenant sont produits par les barrages des usines hydrauliques établies sur les cours d'eau. Quand on ne peut pas faire abaisser le niveau du bief qui produit l'inondation plus ou moins permanente des terrains riverains, on ne peut se débarrasser des eaux que par une véritable opération de dessèchement. Les travaux sont quelquefois trop coûteux pour qu'il soit possible de les exécuter avec avantage; mais dans certaines circonstances, quand la nature du sol et la disposition des lieux le permettent, on peut, par des travaux très simples, se débarrasser des eaux nuisibles. Il suffit d'ouvrir parallèlement et à une certaine distance du bief un fossé dont les terres servent à former une digue de défense, et à faire communiquer ce fossé par un aqueduc syphon établi dans la chaussée du moulin, ou autrement, avec le bief d'aval de l'usine. Quand les terres sont peu perméables, le travail que nous venons d'indiquer réussit très bien et permet souvent d'assainir, avec une faible dépense, une grande étendue de terrain.

Parmi les nombreux marais desséchés que nous pourrions citer en France, nous nous bornerons à dire quelques mots du marais des Baux, dont les travaux ont été récemment terminés conformément aux projets dressés par M. Poulle.

Le marais des Baux est situé dans le département

des Bouches-du-Rhône. Sa surface avant le dessèchement se composait de :

	hect.
Prés palustres.	490,00
Marais fauchés.	360,00
Marais bourbeux.	961,80
Etangs.	312,98
	<hr/>
	1824,78

La surface du bassin, dont il fallait écouler les eaux, était de 24,466 hectares y compris celle du marais lui-même. La disposition des lieux n'a point permis d'établir de canal de ceinture. Le canal principal reçoit, par conséquent, toutes les eaux qui arrivent au marais. Il communique avec les étangs et débouche dans le deuxième bief du canal d'Arles à Bouc; il a 7 mètres de largeur au plafond, et peut débiter 47 à 48 mètres cubes d'eau par seconde. Des rigoles secondaires et des fossés d'assainissement complètent le dessèchement. On a calculé qu'il pourrait arriver dans le marais jusqu'à 50 mètres cubes d'eau par seconde, en temps d'orage. Ces eaux extraordinaires s'accumulent dans deux grands étangs qui ne seront pas desséchés et dont la capacité est de plus de 4 millions de mètres cubes, et s'écouleront ensuite peu à peu par le canal principal.

La dépense totale du dessèchement, y compris les frais de conduite des travaux, et les intérêts des sommes avancées pendant l'opération, s'est élevée à 4,208,772 fr. La plus-value, fixée à 4,000 fr. par hectare pour les prés palustres, à 4,400 fr. pour les marais fauchés et à 4,450 pour les marais bourbeux, s'élève à la somme de 4,559,700 fr.

(b). *Marais dont l'écoulement ne peut être permanent.* Quand la surface d'un marais à dessécher n'est point sensiblement supérieure au niveau des hautes marées au point où débouche son canal de dessèchement, l'écoulement des eaux ne peut plus être permanent, et l'opération se complique de considérations différentes des précédentes et que nous allons maintenant indiquer.

La surface d'un marais à dessécher, quand son niveau est inférieur à celui des hautes marées et supérieur à celui des basses, doit être, avant tout, entourée d'une digue qui la préserve de l'invasion périodique des eaux. Ces digues ne diffèrent pas de celles qui seront décrites dans les paragraphes suivants; il est inutile de s'y arrêter maintenant. Mais les canaux d'écoulement présentent des particularités qu'il est nécessaire d'indiquer, ainsi que le mode de détermination de leur capacité et de leur section.

Les canaux de dessèchement dont le niveau est compris entre celui des hautes et des basses marées, au point où ils débouchent, traversent naturellement les digues d'enceinte du marais et se terminent par des ouvrages plus ou moins importants garnis de portes s'ouvrant de dedans en dehors, pour permettre aux eaux du marais de s'écouler pendant la basse mer et pour empêcher la rentrée des eaux extérieures. La construction de ces ouvrages varie suivant l'importance de l'émissaire, depuis les portes d'écluses de la plus grande dimension jusqu'aux vannes ou clapets de quelques décimètres de section. Les clapets que l'on emploie ordinairement sont de simples panneaux en bois garnis de ferrures et pouvant tourner autour d'une charnière située à leur partie supérieure. Ces clapets ferment ordinairement l'ouverture d'aval d'un aqueduc pratiqué dans la digue. Ils cèdent à la pression des eaux intérieures aussitôt que leur niveau dépasse celui des eaux extérieures, et s'appliquent au contraire sous la pression de ces dernières contre les châssis qui les supportent aussitôt que la mer revient à une hauteur

suffisante. Ces clapets fonctionnent ainsi d'eux-mêmes, mais ils sont sujets à se déranger, et ne se ferment quelquefois pas en temps utile, par suite de l'interposition de corps étrangers. On leur préfère donc, pour les travaux d'une importance moyenne, des vannes à treuil ou à crémaillères, semblables à celles qui seront décrites plus loin (3^e section), et que manœuvrent aux heures convenables des agents responsables et spécialement chargés de ce service. Quant aux portes de flot, elles ne diffèrent pas de celles des canaux ordinaires, et leur installation ne peut être confiée qu'à des constructeurs expérimentés.

Les canaux terminés comme nous venons de l'indiquer, ne peuvent verser leurs eaux que pendant le temps où leur niveau est supérieur à celui des eaux extérieures. La première recherche à faire, dans ce cas, consiste à dresser des tables, ou plutôt à tracer des courbes, indiquant d'une manière précise les différentes hauteurs des eaux extérieures pour chaque instant d'une marée déterminée. Ces tables ou courbes, résultats d'expériences répétées et de calculs assez délicats, indiquent le temps que les portes, vannes ou clapets peuvent rester ouverts chaque jour, et les différences successives de niveau qui existeront entre le plan d'eau du canal de dessèchement et celui des eaux extérieures. On possède alors les éléments nécessaires à la détermination, à peu près exacte, du volume d'eau qui pourra s'écouler du canal de dessèchement pendant chaque marée, par une ouverture déterminée. Ce volume d'eau doit être égal à celui qui s'est accumulé dans le marais pendant le temps réuni de l'ouverture et de la fermeture des orifices, que l'on peut alors calculer en conséquence.

Le débouché des canaux émissaires du dessèchement n'est point la seule considération à faire entrer en ligne de compte dans leur établissement. Non-seulement il faut qu'ils puissent débiter pendant le temps de l'ouverture des portes le volume total d'eau à écouler, mais il faut encore que la capacité des derniers biefs soit telle que l'eau qui s'y réunit pendant le temps de la fermeture des portes puisse y être entièrement contenue et ne déborde pas sur les terrains voisins. On est souvent obligé de construire, près de l'extrémité du canal, un réservoir spécial, pour remplir cette dernière condition; les eaux se réunissent dans ce bassin et en sortent pendant l'ouverture des portes. Ces bassins de réserve permettent, jusqu'à un certain point, de réduire les orifices, parce qu'ils donnent le moyen d'évacuer, au besoin, en plusieurs marées les eaux dont il aurait sans eux fallu se débarrasser en une seule. La capacité de ces bassins régulateurs, si l'on peut s'exprimer ainsi, se détermine toujours assez facilement, dans chaque cas particulier, en tenant compte du volume d'eau qu'ils peuvent accidentellement recevoir.

Les marais dont la surface est comprise entre le niveau des hautes et basses mers sont en France les plus nombreux et les plus importants. Ils s'étendent sur une grande partie du littoral de la Manche et de l'Océan, et occupent quelquefois d'immenses surfaces. Les départements maritimes du sud-ouest ne contiennent pas, à eux seuls, moins de 200,000 hectares de marais de cette espèce. Le département de la Manche, aux environs de Carentan, renferme aussi de vastes pâturages appartenant à cette catégorie de terrains, et justement célèbres par leur valeur absolue et la qualité de leurs produits.

II. *Dessèchements à l'aide de machines.* Lorsque la surface des marais est inférieure au niveau de toutes les eaux environnantes, on ne peut parvenir à les dessécher qu'en élevant les eaux, à l'aide de machines, à un niveau supérieur à celui des mers, lacs ou rivières qui peuvent les recevoir. Les perfectionnements continus des roues et machines à élever l'eau et l'accrois-

sement progressif de la valeur des terres, et grand à ce genre d'opérations un intérêt de plus en plus grand, qui nous oblige à l'étudier avec soin. Un seul ingénieur anglais, M. Glyn, a établi en quelques années dix-sept machines, représentant ensemble une force de 870 chevaux, et destinées au dessèchement de plus de 50,000 hectares de marais.

Dans les dessèchements par machines, l'établissement des canaux de ceinture est, comme on l'a déjà dit, plus indispensable que dans toutes les autres espèces de travaux de ce genre. Ces canaux s'établissent du reste en suivant les règles précédemment exposées, et sur lesquelles il est inutile de revenir en ce moment.

Le volume total des eaux à évacuer chaque année (abstraction faite des sources qui, du reste, sont très rares dans les marais de ce genre) est égal au produit de la surface du marais multipliée par l'épaisseur annuelle de la couche d'eau de pluie diminuée de l'eau qui s'infiltré dans le sol et de celle qui est enlevée par l'évaporation. La détermination de ces deux dernières quantités est toujours assez incertaine et ne peut se faire que par analogie; mais comme il vaut toujours mieux se tenir au-dessus qu'au-dessous de la vérité, il convient d'estimer aussi bas que possible ces deux chiffres et de porter ainsi un peu trop haut le volume d'eau à enlever. En désignant ce volume, exprimé en mètres cubes, par V , par h la hauteur moyenne à laquelle il faut élever l'eau, la force, en nombre de chevaux nécessaire, au moteur, supposé constamment agissant, serait :

$$x = \frac{4000 V \cdot h}{75 \times 34536000} = \frac{a V h}{2365200}$$

En appelant en outre x le rapport du travail moteur au travail utile pour la machine élévatrice que l'on se propose d'employer. Les moteurs n'agissant que périodiquement, il convient d'ailleurs, comme on l'a déjà dit, d'être toujours au-dessus de la vérité dans tous les calculs de cette nature; de sorte que l'on adopte généralement un nombre double ou triple de celui que fournit la formule que l'on vient d'indiquer. Il est bien entendu d'ailleurs que la capacité des canaux, ou des réservoirs y annexés, est suffisante pour recevoir les eaux d'un grand orage et les conserver jusqu'à ce que la machine, par son travail régulier, ait pu les enlever.

La disposition des canaux de dessèchement est d'abord très simple; les eaux, réunies par des canaux, fossés ou rigoles plus ou moins rapprochés, sont amenées dans un vaste bassin où la machine élévatrice les prend et les élève à la hauteur convenable. La capacité de ces réservoirs, ajoutée à celle des canaux, doit être assez grande pour recueillir toutes les eaux tombées pendant une série de jours pluvieux, en sus de ce que peut enlever à chaque instant la machine d'épuisement, afin que les eaux sortant des canaux n'inondent pas les parties basses des marais. La pente des canaux dans les dessèchements de cette espèce peut être plus faible encore que dans tous les autres; leur section se calcule d'ailleurs d'après le volume d'eau qu'ils doivent écouler.

Lorsqu'il existe entre les différents points du marais des différences notables de niveau, on partage la surface en plusieurs zones dont on recueille les eaux dans des bassins situés à des hauteurs inégales, afin de réduire autant que possible, comme on le verra dans les exemples suivants, la hauteur à laquelle il faut élever l'eau.

Les moteurs ordinairement employés pour les dessèchements de marais sont les moulins à vent et les machines à vapeur (voyez ces mots). Les machines élévatoires sont des roues à palettes emboîtées dans des coursiers, des vis d'Archimède, et quelquefois diverses espèces de pompes (voyez HYDRAULIQUE, VIS, etc.).

En Hollande, on estime qu'un moulin à vent, avec quatre ailes de 12 à 14 mètres de longueur et de 2 mètres

de largeur, peut élever 60 mètres cubes d'eau à 4 mètres en une minute. Ils peuvent travailler soixante jours par an environ; mais dans les calculs on compte seulement que chaque moulin élève par an 3 millions de mètres cubes d'eau à 4 mètres.

Quelques exemples éclairciront mieux, du reste, la question des dessèchements par époussement que ne pourraient le faire de plus longues explications.

Moères françaises. Les moères formaient autrefois, aux environs de Dunkerque, un immense lac de plus de 3,000 hectares. Il fut en partie desséché au commencement du dix-septième siècle; mais bientôt après, en 1646, le gouverneur de la ville de Dunkerque, qui était assiégée, fit ouvrir les écluses comme moyen de défense de la place, et tous les travaux, envahis par les eaux, furent en partie détruits. Vers 1780, on entreprit de nouveau de dessécher les moères; la révolution interrompit le travail, qui fut repris en 1802 et terminé bientôt après.

La moère française, dont la surface est de 4,700 à 4,800 hectares, est maintenant entourée d'un canal de ceinture; des canaux de dessèchement, tracés perpendiculairement les uns aux autres, sillonnent le marais et conduisent les eaux vers différents points de la circonférence où sont établis deux moulins à vent à roues à palettes échelonnées, et six moulins à vis plus ou moins éloignés les uns des autres.

Les canaux secondaires de dessèchement ont environ 4 mètres de largeur moyenne. La section des canaux principaux augmente en approchant des moulins. Leur largeur moyenne est de 5 à 7 mètres. Les vis et les roues à palettes jettent les eaux dans le canal de ceinture, qui débouche lui-même dans un autre canal allant à la mer.

Les moulins à vent ont quatre ailes de 43 mètres de longueur chacune et de 2 mètres de largeur, dont 4^m,50 en toile et 0^m,50 en planches. Les vis sont à trois filets; elles ont 8 mètres de longueur, 2 mètres de diamètre extérieur; le noyau a 0^m,50 de diamètre. La hauteur à laquelle elles élèvent l'eau varie de 4^m,70 à 2 mètres, suivant les saisons. Les roues à palettes, quoique d'un grand diamètre, ne peuvent pas élever l'eau à beaucoup plus de 4 mètres, de sorte qu'il faut deux moulins avec roue à palettes pour élever l'eau à la hauteur nécessaire.

Dessèchements hollandais. Une grande partie de la Hollande est, comme on sait, au-dessous du niveau de la mer. Ce n'est qu'à force d'art que ces riches contrées ont été conquises sur les eaux, et qu'on peut les défendre contre ce terrible ennemi. C'est dans ce pays qu'il faut étudier les dessèchements, nulle part on ne les fait plus simplement et sur une plus grande échelle. D'excellents ouvrages, écrits par les ingénieurs les plus expérimentés, ont rendu classique dans ce pays ce genre de travaux.

Il existait en Hollande, en 1844, pour le service des dessèchements, 2,445 moulins à vent de grande dimension, dont 64 à vis et les autres avec roues à palettes. Ces chiffres indiquent assez les immenses services que rendent ces machines.

De toutes les opérations modernes de dessèchement, la plus gigantesque est celle du lac de Harlem, qui s'exécute en ce moment.

Le lac de Harlem occupait, au commencement du seizième siècle, moins de 4,000 hectares de superficie. Depuis lors il n'a cessé de s'agrandir avec une effrayante rapidité. En 1644, il occupait déjà une étendue de près de 44,000 hectares, lorsque Jan Adriaanszen Leegwater dressa un projet complet de dessèchement auquel il ne fut pas donné suite.

Les envahissements successifs du lac continuaient leurs ravages, lorsque, enfin, par une loi votée le

2 avril 1838, le gouvernement hollandais, après bien des tentatives infructueuses et des projets restés sans résultat, se décida à supprimer de l'intérieur du pays cette plaie dévorante. Les ouvrages furent commencés en 1840 et touchent aujourd'hui à leur terme.

La fig. 68 représente la forme générale du lac de Harlem et de son canal de ceinture destiné à recevoir et à conduire à la mer les eaux que les machines enlèvent du lac, et une partie de celles qui y affluaient autrefois. Ce canal de ceinture forme une voie de grande navigation, dont la fig. 69 indique le profil. Il a 29 mètres au plafond, 45 mètres au niveau du plan horizontal passant par le 0 de l'échelle d'Amsterdam (plan que nous désignerons, pour abrégé, conformément à l'usage hollandais, par A. P.), et 3 mètres de profondeur. Le plafond est, à peu près, à la cote, 3^m,90—A. P. La crête de la digue entre le canal et le lac est arrasée à peu près à une hauteur de 2^m,20 + A. P.

La profondeur du lac de Harlem varie de 3 à 4 mètres au-dessous de A. P. La cote inférieure des eaux dans les canaux de dessèchement, pendant l'été, sera comprise entre 4^m,90 et 5^m,00 — A. P.

La masse d'eau contenue dans le lac, au commencement du dessèchement, était de 700 millions de mètres cubes environ. La plus grande différence entre l'épaisseur de la couche tombée et l'eau évaporée a été en un mois, sur une période de quatre-vingt-dix-huit ans, de 0^m,4687; on a ajouté à cette couche d'eau, pour tenir compte des infiltrations possibles à travers les digues, une épaisseur de 0^m,0343, de sorte que les machines d'époussement ont été établies de manière à pouvoir enlever après le dessèchement, par mois, un volume d'eau égale à la surface du lac multipliée par 0^m,20, c'est-à-dire 184 000 000 m. c., $\times 0^m,20 = 36200000$ mètres cubes d'eau. Le volume total à enlever chaque année, déduction faite de l'évaporation, est estimé à 54845000 mètres cubes.

On a reconnu qu'en raison de l'irrégularité et du peu de durée de leur action, les moulins à vent devaient être remplacés, dans cette grande opération, par des machines à vapeur. Ces machines sont au nombre de trois, comme l'indique le plan (fig. 68), nommées Leegwater, Cruquius et Van Lepeden. La première fait mouvoir 44 pompes, les deux autres chacune 8 d'un plus grand diamètre.

La machine de Leegwater, peu différente des deux autres, a deux cylindres concentriques assis sur la même plaque inférieure et communiquant entre eux par la partie supérieure du plus petit, qui a 0^m,037 de hauteur de moins que le plus grand. Le cylindre extérieur a 3^m,66 de diamètre, et le cylindre intérieur 2^m,40. La course du piston est de 3^m,047. Le petit cylindre est alésé intérieurement et extérieurement, pour recevoir un piston intérieur et le piston annulaire qui frotte sur lui et sur le grand cylindre. Le piston du petit cylindre porte une tige de 0^m,304 de diamètre, et le piston annulaire quatre tiges traversant, comme la première, le couvercle des cylindres à travers des boîtes à graisse. Ces cinq tiges de piston sont fixées à leur partie supérieure dans une immense masse de fonte. Ce bloc de fonte appuie, par sa face inférieure et par l'intermédiaire de galets en fonte, sur l'extrémité des balanciers qui font mouvoir les pompes.

La machine a cinq chaudières de 9^m,44 de longueur chacune, et de 4^m,83 de diamètre. Un tube cylindrique de 4^m,31 de diamètre traverse cette chaudière dans toute sa longueur. La flamme et les produits de la combustion reviennent sous la chaudière, passent devant sa partie antérieure et vont gagner la cheminée par deux carneaux latéraux. Une chambre à vapeur de 42^m,80 de longueur et de 4^m,84 de diamètre est placée au-dessus des bouilleurs, perpendiculairement à leur

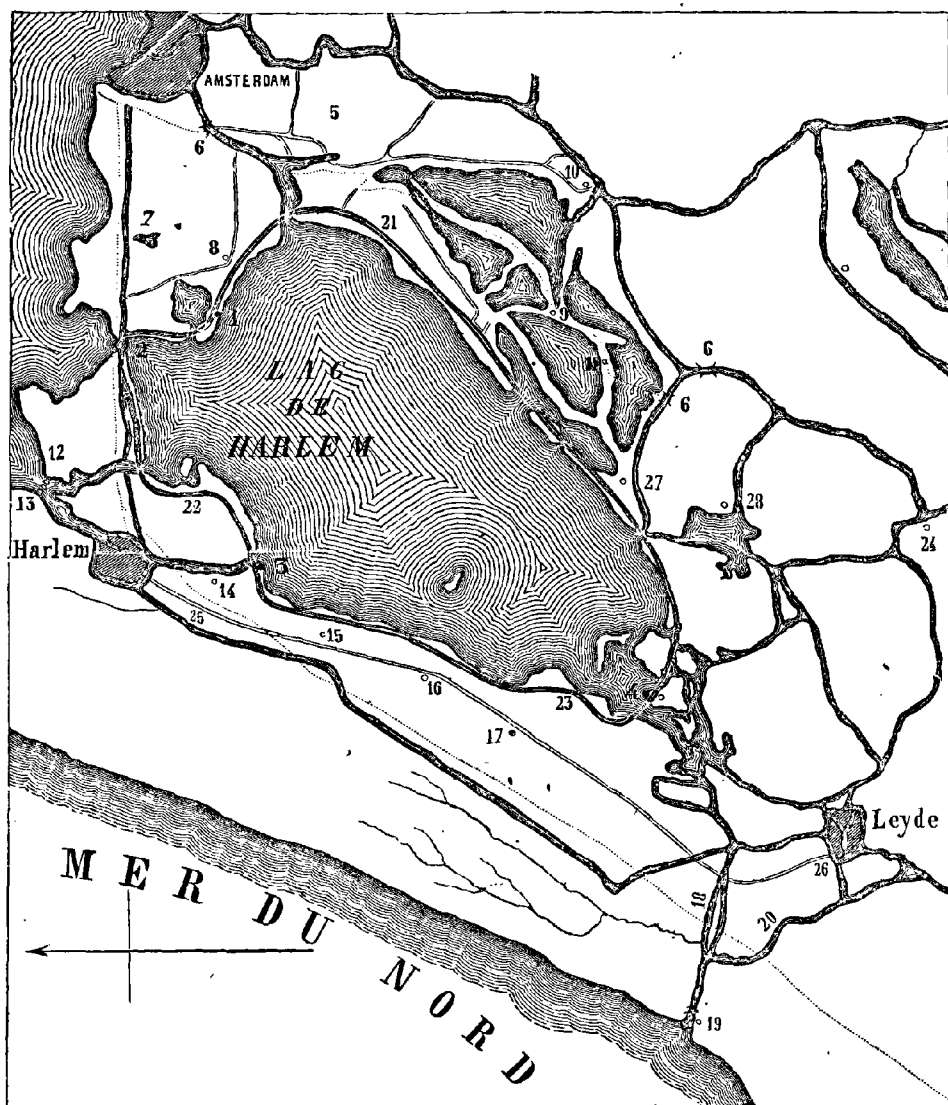


Fig. 68. Dressement du lac de Harlem (échelle de 0,000,004).

- | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 3, 4. Machines à vapeur. | 9 Kudelstaart. | 16 Dillegon. | 22, 23 Canal de ceinture. |
| Eclus. de Mulfwegen. | 10 Vithovorn. | 17 Lisle. | 24 Alpha. |
| 21 Polders. | 11 Kolslage. | 18 Canal de dérivation, nouveau. | 25, 26 Route de Leyde à Harlem. |
| 5, 6 Ecluses. | 12, 13 Ecluse de Spaandau. | 19 Ecluse de Katwyck. | 27 Leymuiden. |
| T'ool meertje. Staten. | 14 Heanstede. | 20 Vieux Rhin. | 28 Rhyssenterwonde. |
| | 15 Bennebrock. | | |



Fig. 69. (0.001).

direction, et peut communiquer avec chacun d'eux. Le tuyau de prise de vapeur a 0^m,609 de diamètre. Le volume total occupé par la vapeur, dans les bouil- leurs, dans la chambre et dans les conduits, est de plus de 37 mètres cubes ; de sorte qu'on empêche ainsi complètement la machine de primer. La consomma-

tion de combustible n'est que de 4^m,20 par heure et par cheval, quand on marche avec une force de 350 chevaux.

Chaque cylindre occupe le centre d'une tour M, dont la fig. 70 indique le plan. Les balanciers des pompes P oscillent sur des palliers fixés dans des embrasures mé-

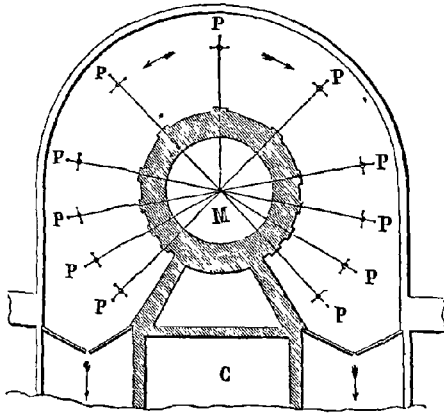


Fig. 70.

PPP Pompes.
M Tour occupée par la machine.
C Bâtiment des chaudières.

nagées dans les murs de la tour. Leurs extrémités opposées à la machine portent des tiges de fer terminées par des chaînes qui soulèvent les pistons des pompes disposées circulairement dans le canal qui enveloppe la tour.

La machine y compris les bâtiments et tous les accessoires a coûté 900,000 fr., dont 375,000 pour les bâtiments seulement.

Les pompes de la machine Leegwater ont 4^m,60 de diamètre, celles des deux autres machines ont 4^m,85. La course de leurs pistons est égale à celle du piston de la machine à vapeur. Les pistons de ces pompes ont une construction fort remarquable (fig. 74 et 72). Ils se

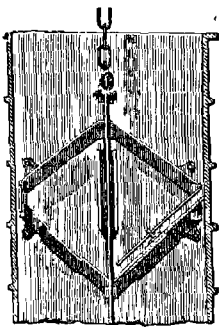


Fig. 74.

composent simplement de deux grandes valves en tôle et en cuir remplissant le corps de la pompe pendant la montée du piston, et s'appliquant l'une sur l'autre à la descente.

Dans les pompes de 4^m,85, le piston est guidé par deux tiges verticales qui n'existent pas dans celles de 4^m,60. Ce genre de piston, très convenable dans des appareils de grand diamètre, ne serait évidemment pas

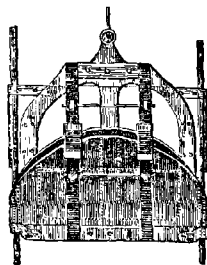


Fig. 72.

applicable à des petits corps de pompes, où des fuites, même peu importantes en elles-mêmes, produiraient une forte perte de travail. Les soupapes du fond des pompes sont construites d'une manière analogue aux pistons eux-mêmes.

Nous donnerons encore un exemple assez remarquable de dessèchement, d'autant plus intéressant qu'il se rapproche par son étendue de beaucoup de travaux analogues que l'on pourrait entreprendre en France. C'est celui de Nootdorp, près de La Haye, que vient de terminer M. l'ingénieur Greeve, auteur d'un excellent mémoire sur les dessèchements. La fig. 73 indique le

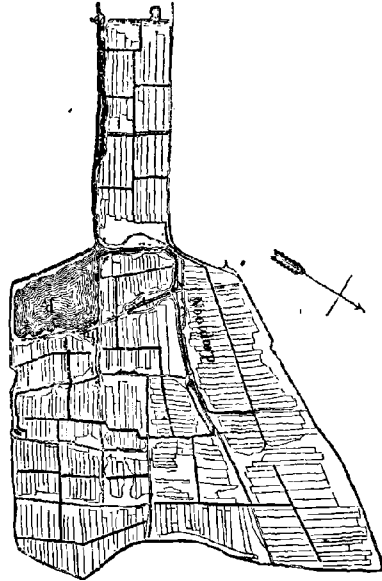


Fig. 73.

plan et le parcellement de ce polder d'une étendue de 4,000 hectares environ.

Le dessèchement a été opéré et est entretenu par une machine à vapeur et trois moulins à vent. La machine à vapeur met en mouvement, simultanément ou successivement, deux vis. La plus basse élève l'eau du niveau de l'étiage des canaux de dessèchement au niveau du bassin régulateur R, situé trois mètres plus haut. Les moulins à vent, ou la deuxième vis de la machine, reprennent l'eau de ce bassin et l'élèvent encore à une hauteur de deux mètres, pour la jeter dans les canaux qui doivent la conduire à la mer.

Si le dessèchement du lac de Harlem est la plus gigantesque entreprise de dessèchement connue, celui du Zuid-Plas, terminé il y a peu d'années, était une des plus difficiles à entreprendre, à cause de la grande profondeur des eaux qu'on a été obligé d'élever à plus de six mètres.

La figure 74 représente le plan de ce lac avec l'indication du *parcellement*. c'est-à-dire le tracé des petits fossés, qui séparent les champs de terre, reçoivent les eaux et les conduisent aux canaux principaux qui se rendent aux machines. Le Zuid-Plas, comme tous les marais desséchés de Hollande, est entouré d'un canal de ceinture et d'une digue dont les fig. 75 et 76 donnent le profil transversal et indiquent le mode de construction.

Le creusement des fossés d'écoulement est la partie

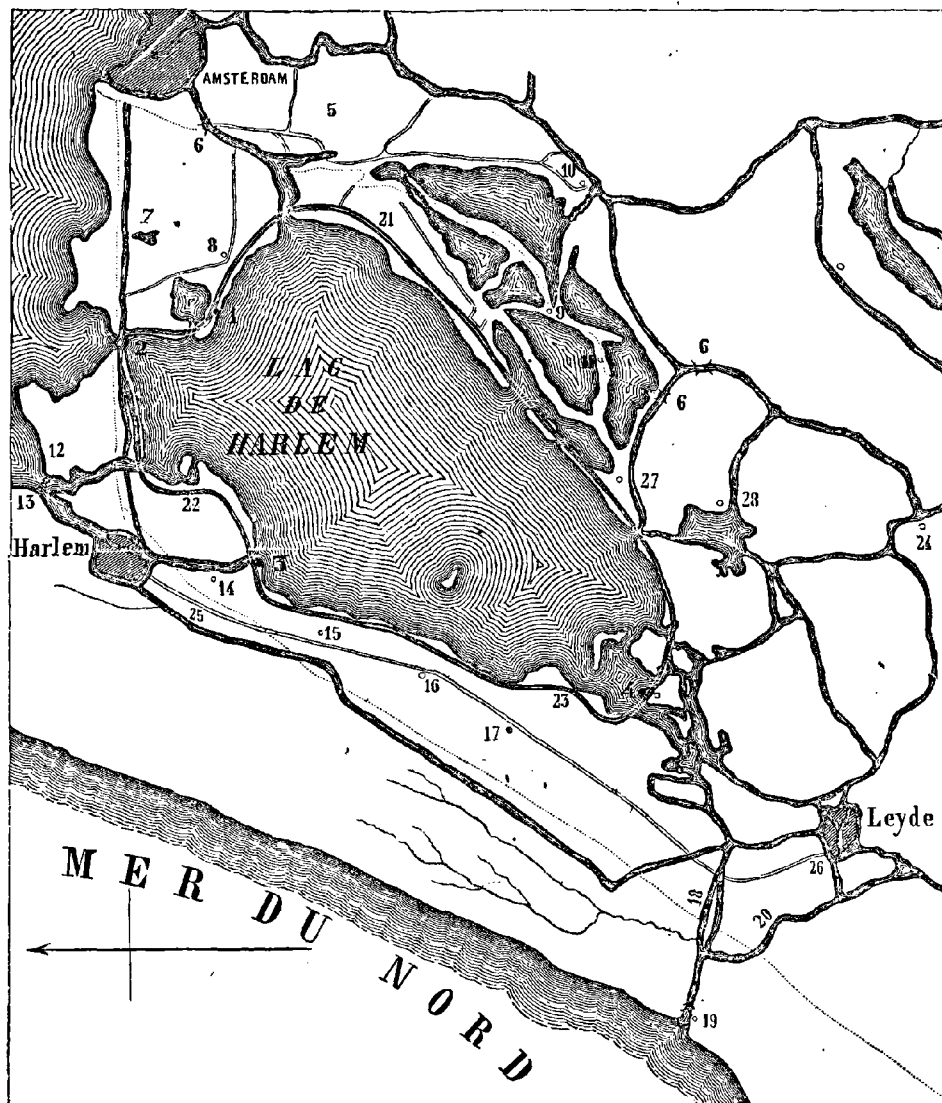


Fig. 68. Dessèchement du lac de Harlem (échelle de 0,000,004).

- | | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 3, 4. Machines à vapeur. | 9 Kudelstaart. | 16 Dillegom. | 22, 23 Canal de ceinture. |
| Eclus. de Mulfwegen. | 10 Vithovorn. | 17 Lisfe. | 24 Alphen. |
| 21 Polders. | 11 Kolslage. | 18 Canal de dérivation, nouveau. | 25, 26 Route de Leyde à Harlem. |
| 1, 6, 6 Ecluses. | 12, 13 Ecluse de Spaandam. | 19 Ecluse de Katwyck. | 27 Levnuiden. |
| T'ool meertje. Staten. | 14 Heamstede. | 20 Vieux Rhin. | 28 Rhyasenterwonde. |
| | 15 Bennebrock. | | |



Fig. 69. (0.001).

direction, et peut communiquer avec chacun d'eux. Le tuyau de prise de vapeur a 0^m,609 de diamètre. Le volume total occupé par la vapeur, dans les bouil- leurs, dans la chambre et dans les conduits, est de plus de 37 mètres cubes ; de sorte qu'on empêche ainsi complètement la machine de primer. La consomma-

tion de combustible n'est que de 4^k,20 par heure et par cheval, quand on marche avec une force de 350 chevaux.

Chaque cylindre occupe le centre d'une tour M, dont la fig. 70 indique le plan. Les balanciers des pompes P oscillent sur des paliers fixés dans des embrasures mé-

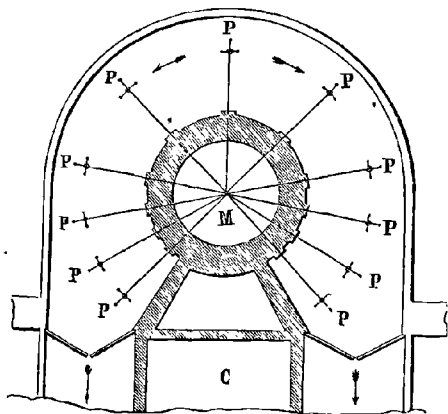


Fig. 70.

PPP Pompes.
M Tour occupée par la machine.
C Bâtiment des chaudières.

nagées dans les murs de la tour. Leurs extrémités opposées à la machine portent des tiges de fer terminées par des chaînes qui soulèvent les pistons des pompes disposées circulairement dans le canal qui enveloppe la tour.

La machine y compris les bâtiments et tous les accessoires a coûté 900,000 fr., dont 375,000 pour les bâtiments seulement.

Les pompes de la machine Leegwater ont 4^m,60 de diamètre, celles des deux autres machines ont 4^m,85. La course de leurs pistons est égale à celle du piston de la machine à vapeur. Les pistons de ces pompes ont une construction fort remarquable (fig. 71 et 72). Ils se

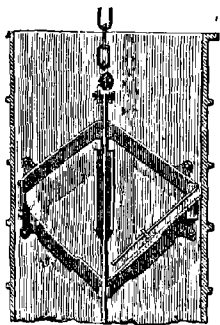


Fig. 71.

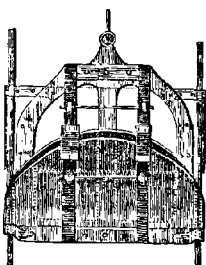


Fig. 72.

composent simplement de deux grandes valves en tôle et en cuir remplissant le corps de pompe pendant la montée du piston, et s'appliquant l'une sur l'autre à la descente.

Dans les pompes de 4^m,85, le piston est guidé par deux tiges verticales qui n'existent pas dans celles de 4^m,60. Ce genre de piston, très convenable dans des appareils de grand diamètre, ne serait évidemment pas

applicable à des petits corps de pompes, où des fuites, même peu importantes en elles-mêmes, produiraient une forte perte de travail. Les soupapes du fond des pompes sont construites d'une manière analogue aux pistons eux-mêmes.

Nous donnerons encore un exemple assez remarquable de dessèchement, d'autant plus intéressant qu'il se rapproche par son étendue de beaucoup de travaux analogues que l'on pourrait entreprendre en France. C'est celui de Nootdorp, près de La Haye, que vient de terminer M. l'ingénieur Greeve, auteur d'un excellent mémoire sur les dessèchements. La fig. 73 indique le

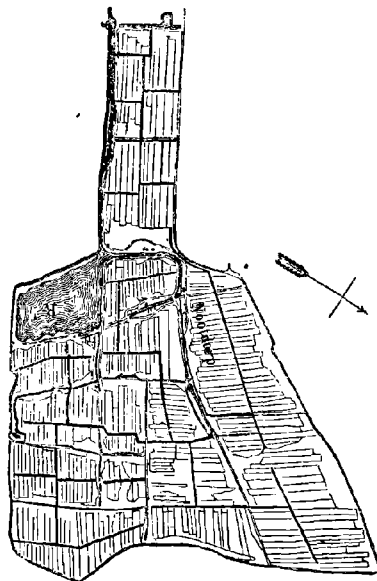


Fig. 73.

plan et le parcellement de ce polder d'une étendue de 1,000 hectares environ.

Le dessèchement a été opéré et est entretenu par une machine à vapeur et trois moulins à vent. La machine à vapeur met en mouvement, simultanément ou successivement, deux vis. La plus basse élève l'eau du niveau de l'étiage des canaux de dessèchement au niveau du bassin régulateur R, situé trois mètres plus haut. Les moulins à vent, ou la deuxième vis de la machine, reprennent l'eau de ce bassin et l'élèvent encore à une hauteur de deux mètres, pour la jeter dans les canaux qui doivent la conduire à la mer.

Si le dessèchement du lac de Harlem est la plus gigantesque entreprise de dessèchement connue, celui du Zuid-Plas, terminé il y a peu d'années, était une des plus difficiles à entreprendre, à cause de la grande profondeur des eaux qu'on a été obligé d'élever à plus de six mètres.

La figure 74 représente le plan de ce lac avec l'indication du parcellement. c'est-à-dire le tracé des petits fossés, qui séparent les champs de terre, reçoivent les eaux et les conduisent aux canaux principaux qui se rendent aux machines. Le Zuid-Plas, comme tous les marais desséchés de Hollande, est entouré d'un canal de ceinture et d'une digue dont les fig. 75 et 76 donnent le profil transversal et indiquent le mode de construction.

Le creusement des fossés d'écoulement est la partie

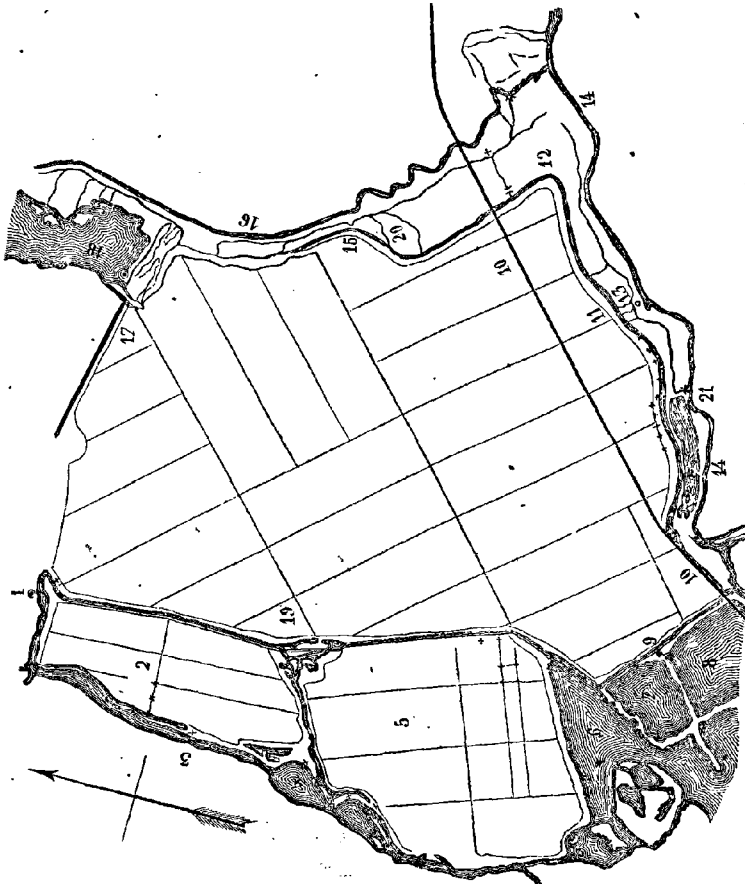


Fig. 74. Zuid-Plas desséché (échelle de 0,00001).

- | | | | |
|----------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------|
| 1 Moerkapel. | 6 Volle Toppen plas. | 12 Brockhurm. | 18 Voorafsche, Plass et polder. |
| 2 Tweemans polder. | 7-8 Esse plas. | 13 Moordrecht. | 19 Zevenhuizen. |
| 3 Rivière de Zotte. | 9 Nieuwerkerk. | 14 Issel, rivière. | 20 Le Veggie. |
| 4 Lacs de Bleisweck. | 10 Chemin de fer. | 16 Gouwe rivière. | ×× Moulus. |
| 5 Eendragt's polder. | 11-15 Canal d'enceinte. | 17 Vladinxveen. | |

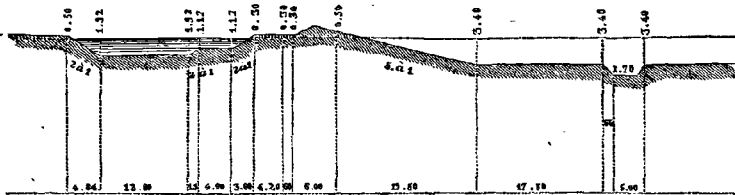


Fig. 73. Profil et canal de ceinture du Zuid-Plas (échelle de 0,001).

Haute mer ordinaire
Basse mer ordinaire

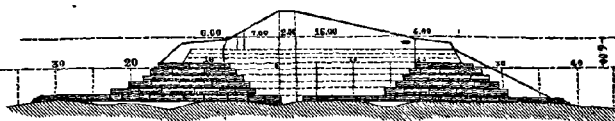


Fig. 76. Profil de la digue de défense du Zuid-Plas (échelle de 0,001).

la plus délicate et la plus pénible des dessèchements. On l'entreprend aussitôt que les eaux sont à peu près enlevées et que le sol, encore vaseux, peut supporter des ouvriers dont les pieds sont garnis de planches qui les empêchent d'enfoncer dans la terre molle. On sème en même temps du colza qui pousse bien sur les terrains de cette espèce et concourt énergiquement à la consolidation du sol.

Dans les dessèchements de l'espèce qui nous occupe, les fossés et canaux de dessèchement occupent près de 0,4 de la surface totale.

La surface de Zuid-Plas est de 4,600 hectares environ. La dépense du dessèchement s'est élevée à 3 millions.

Dessèchements en Angleterre. Depuis vingt ans les machines à vapeur ont presque complètement remplacé les moulins à vent dans les marais de l'Angleterre. Entre Lincoln et Cambridge, il y avait autrefois 700 moulins à vent; il n'en reste pas plus de 200 aujourd'hui. Les machines à vapeur, dans le Lincolnshire, sont au nombre de 70 environ; leur force varie de 40 à 80 chevaux chacune. Elles font, en général, mouvoir des écopés et élèvent l'eau de 4^m,83 à 4^m,87 et même à 6^m,09. L'étendue ainsi desséchée n'est pas de moins de 89,688 hectares.

Parmi les marais desséchés par la vapeur, on peut citer les suivants :

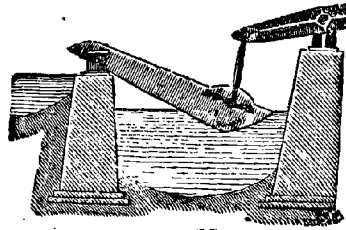


Fig. 77.

III. *Puits forés et puisards à so bants.* Dans tout ce qui précède, on a supposé que l'eau du marais à dessécher pouvait s'écouler par sa pente naturelle à travers un canal, ou devait être enlevée par des procédés mécaniques. Dans certains cas particuliers, quand la couche imperméable du marais repose sur un sol perméable et absorbant, on peut se débarrasser des eaux, sans avoir recours à l'ouverture de canaux ou à l'établissement de machines, en perçant la couche imperméable par un trou de sonde (voyez Puits ARTÉSIENS, SONDAGE), ou par un véritable puits que l'on remplit ensuite de grosses pierres, et dont on recouvre l'ouverture par un lit de branchages ou autres substances analogues, formant une espèce de filtre, pour retenir les matières terreuses qui obstrueraient rapide-

DÉSIGNATION DES MARAIS.	ÉTENDUE. hect.	MACHINES EMPLOYÉES.	
		Nombre	Force.
Deeping-Fen, près Spalding, Lincolnshire.	40400,00	2	80 et 60
Marsh-West-Fen, Cambridgeshire.	4454,40	4	40
Misserton-Moss.	2424,00	4	40
Littleport-Fen, près d'Ely (soixante-quinze moulins à vent étaient autrefois employés dans ce district).	44312,00	2	30 et 40
Middle-Fen (Cambridgeshire).	2828,00	1	60
Waterbeach-Level, entre Ely et Cambridge.	2020,00	4	60
Magdalen-Fen, près Lynn, Norfolk.	4616,00	4	40
March-Fen-District, Cambridge.	4090,80	4	30
Feltwell-Fen, près de Brandon.	969,60	4	20
Soham-Mere, Cambridgeshire (ancien lac).	645,40	4	40

Quand toutes les eaux étrangères sont détournées par un canal de ceinture, il ne reste à la machine à enlever que l'eau de pluie. Dans ces parties de l'Angleterre il en tombe souvent 0^m,66 par an. Mais une partie est enlevée par l'évaporation, et les ingénieurs anglais estiment qu'il suffit de pouvoir se débarrasser par mois d'une quantité d'eau répondant à une couche de pluie de 0^m,0508, c'est-à-dire de 508 mètres cubes par hectare. Une machine de dix chevaux élèverait cette masse d'eau à 3^m,04 de hauteur en 34 minutes 49 secondes, c'est-à-dire qu'une machine de cette force, en faisant seulement vingt journées de douze heures par mois, pourrait dessécher 445 hectares environ. Ce sont à peu près les données pratiques admises dans le Lincolnshire.

La fig. 77 peut donner une idée des écopés à vapeur dont on vient de parler. Elles s'adaptent très bien aux machines à simple effet de Cornouailles, et leur simplicité nous engage à les faire connaître. L'écope a 7^m,60 de longueur et 9^m,44 de largeur divisée par une cloison verticale et longitudinale en deux parties égales. Une machine de soixante chevaux peut élever dix-sept tonnes d'eau à chaque oscillation; elle dépense 4^l,36 par heure et par force de cheval.

ment le puisard ou *hoiout*. Le marais de l'Archant, en Gatinais, est un des dessèchements les plus importants effectués par cette méthode.

Un puits foré absorbant, établi à Bondy, a débité jusqu'à 433 mètres cubes de liquide en vingt-quatre heures. Plusieurs résultats analogues ont été obtenus par différents sondeurs.

Il existe dans quelques localités, à Cujes par exemple, des *embucs* naturels qui donnent issue aux eaux surabondantes d'un bassin fermé.

Les puisards absorbants doivent être ouverts au point le plus bas du terrain à dessécher, pour que l'eau puisse y arriver au moyen de rigoles disposées à cet effet. Ces puisards ont de 4 à 8 mètres de profondeur et 2 ou 3 mètres de diamètre. On leur donne une forme conique, si le sol n'est pas assez résistant pour se tenir suivant des lignes verticales. Si on ne peut pas pousser assez profondément le puits pour rencontrer la couche absorbante, on fait au centre un trou de sonde dont le tuyau s'élève à une certaine hauteur. L'intervalle compris entre ce tuyau et les parois du trou est rempli de pierres brutes, pour éviter les éboulements, et le tout est recouvert, comme on l'a déjà dit, de pierres plates et de fagots.

L'inconvénient principal des puisards absorbants est l'impossibilité où l'on est de fixer d'avance le volume d'eau qu'ils pourront absorber, volume du reste presque toujours assez limité, puisque le forage que nous avons cité débiterait à peine, en vingt-quatre heures, le volume d'eau tombé dans le même temps, par une forte pluie, sur un hectare de terrain. Nous n'insisterons pas davantage sur ce moyen de dessèchement, dont nous avons déjà indiqué l'usage dans certaines opérations de drainage.

IV. Colmatages. Toutes les méthodes indiquées dans ce qui précède, pour le dessèchement des marais, reposent sur l'abaissement du plan d'eau au-dessous du niveau du sol. On conçoit que l'on arriverait au même résultat en élevant la surface du terrain lui-même au-dessus du niveau des eaux, par des remblais convenables. Ces remblais, à moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, ne peuvent s'exécuter économiquement qu'en faisant déposer, sur les terres à remblayer, les parties solides que les torrents et les rivières à fortes pentes entraînent dans leur cours. Cette opération se nomme colmatage, du mot qui la désigne en Italie, où elle est employée sur une très grande échelle.

On produit aussi des remblaiements de terrains bas, au moyen des eaux troubles chargées de limons très fertiles, que le flot soulève à chaque marée, à l'embouchure de la plupart des rivières qui arrivent à la mer.

Toutes les opérations de colmatage, quelle que soit l'origine des eaux que l'on emploie, consistent à faire arriver les eaux troubles sur le terrain en couche aussi épaisse que possible, à laisser déposer les parties solides, puis à faire écouler les eaux éclaircies, pour recommencer ensuite la même série d'opérations.

Le terrain à colmater est entouré d'une digue, élevée jusqu'à la hauteur à laquelle on peut maintenir les eaux. Cette digue est coupée d'un côté pour recevoir le canal d'aménée, et interrompue, du côté d'aval, par une ouverture garnie de poutrelles. Ces poutrelles forment un barrage provisoire qui communique avec un canal de décharge, et doivent être disposées de telle sorte qu'il soit facile de les enlever successivement pour faire écouler par déversement les eaux éclaircies. Quand on opère sur les côtes avec les eaux soulevées par la marée, les ouvrages sont un peu plus compliqués, et peuvent même prendre une très grande importance s'il s'agit de surfaces considérables. Les digues d'enceinte du terrain sont percées par des aqueducs ou canaux éclusés garnis de vannes et quelquefois de portes d'ébè et de flot, que l'on manœuvre en temps utile pour faire entrer les eaux troubles à marée haute et faire sortir les eaux éclaircies à marée basse.

Lorsque les terres à colmater présentent une très grande étendue ou une pente un peu sensible, on partage la surface, par de petites digues ou bourrelets, en une série de bassins où l'on fait séjourner l'eau. On empêche par cette division la formation des vagues qui s'opposeraient au dépôt, et d'un autre côté on évite de trop grandes inégalités de hauteur d'eau et la surélévation inutile et dispendieuse des digues d'aval.

Quand la profondeur à combler est considérable, on commence, si cela est possible, par y amener des eaux torrentielles chariant des galets et de gros graviers. Ce qui produit le double avantage d'accélérer le remblaiement et de former sous la terre cultivable un sous-sol poreux très convenable.

Quelquefois, pour profiter plus rapidement et successivement des résultats du colmatage, lorsque surtout l'espace à combler offre une assez grande profondeur, on ne répare point, à la fois, les eaux sur toute la surface. On limite, par une digue, une certaine étendue voisine de l'embouchure du canal d'aménée. Lorsque ce premier espace est comblé, on le met

en culture, et on prolonge à travers la surface ainsi conquise le canal d'aménée, pour combler de même une certaine étendue limitée à la suite de la première, et ainsi de suite successivement.

Avant d'entreprendre une opération de colmatage, on doit se rendre compte de la quantité de matières solides tenues en suspension dans l'eau, et, quand on opère avec des eaux torrentielles, du nombre de jours de crues par an. La détermination de la quantité totale des matières solides peut s'obtenir en filtrant un peu d'eau à travers un papier sans colle; mais il est plus simple, et peut-être plus conforme aux besoins de la pratique, de se borner à laisser déposer l'eau dans une éprouvette graduée ou tout autre vase, de décanter l'eau arrivée au degré de limpidité dont on devra, plus tard, se contenter, de recueillir et de peser le dépôt.

On possède assez peu de données bien positives sur la quantité de troubles contenues dans les eaux de nos rivières. L'eau de la Durance, en grandes crues, contient 4^k,479 de matières solides par mètre cube, et 0^k,279 seulement en moyenne. L'eau du Rhin en renferme, dit-on, 0,02; celle de certaines rivières d'Angleterre, de la Trent, par exemple, jusqu'à 0,08. On ne saurait toutefois garantir l'exactitude de ces derniers chiffres.

Les eaux du Rhône, en 1844, d'après les observations de la commission hydrométrique de Lyon, ont renfermé, au maximum, 493 grammes de dépôt par mètre cube, au minimum 7 grammes, et en moyenne 438^{gr},8. L'eau de la Saône contient, au plus, 100^{gr},4 de dépôt par mètre cube; au moins, 8^{gr},4, et en moyenne 40 grammes.

Des expériences faites sur les eaux de la Meuse, puisées au pont de la Goffe, à Liège, tous les jours du mois de décembre 1849, ont donné les résultats suivants. La plus grande quantité de matières tenues en suspension dans les eaux de la Meuse, marquant alors 3^m,20 à l'échelle du Pont-des-Arches, a été de 0^{gr},474 par litre. La plus petite quantité, de 0^{gr},014. La moyenne du mois a été de 0^{gr},40, soit 4/10,000 de poids de l'eau. Voici, du reste, les moyennes des résultats répandant à différentes hauteurs d'eau :

HAUTEURS de la MEUSE.		QUANTITÉ de dépôt séch ^e à 400°, par litre d'eau.	NOMBRE de jours d'observation
m.	m.	gr.	
4,25	4,50	0,0447	4
4,60	2,00	0,0499	15
2,40	2,50	0,1062	7
2,75	2,88	0,1492	2
3,45	3,25	0,3795	3

On rappellera ces derniers résultats en parlant des limonages et des irrigations.

Quand on s'est rendu compte de la masse d'eau que l'on pourra introduire sur le terrain, et de sa richesse en matières solides, on peut évaluer le temps nécessaire à l'opération et calculer ses résultats probables. Il ne reste plus alors qu'à établir des digues et les canaux d'aménée et d'évacuation des eaux. La pente des canaux d'aménée doit être suffisante pour que la vitesse de l'eau soit assez forte pour ne pas laisser déposer les matières solides. Cette vitesse doit donc varier de 0^m,40 à 0^m,80 et plus, suivant que le torrent ou le cours d'eau charrient des limons fins, des sables ou des graviers.

Les travaux de colmatage, avec des eaux de rivière-

res, les plus remarquables de France, se rencontrent sur l'Ardeche, la Drôme, l'Hérault et l'Ouvèze. On peut, dans certains points, produire, avec les eaux de cette rivière, des exhaussements de 0^m,16 par an. En général, on n'atteint pas, tant s'en faut, cette hauteur pour profiter plusieurs années de suite de ce puissant moyen de fertilisation. Les travaux se rapprochent alors des simples limonages dont nous parlerons plus loin. On estime de 250 à 300 francs par hectare les frais de colmatage exécutés dans des circonstances ordinaires.

On obtient quelquefois indirectement, comme résultat de travaux de navigation, de magnifiques colmatages, résultat naturel de dispositions dont le but primitif et principal n'était pas celui-là. Ainsi, dans les travaux de la Seine maritime, derrière les digues en pierres sèches qui dessinent le chenal, se sont produits, en quelques années, des atterrissements très étendus et qui promettent des terrains d'une grande fertilité.

A la fin d'août 1850, les terrains ainsi colmatés avaient une étendue de plus de 4,400 hectares ainsi distribués :

Rive droite de la Seine :

	hect.
Commune de Villequier.	25,62
— Norville.	434,43
— Saint-Maurice.	213,83
— Petite-Ville.	290,34
— Id.	296,78

Rive gauche de la Seine

	hect.
Commune de Saint-Nicolas.	74,45
— Vatteville.	359,25
— d'Aizier.	9,86
— Vieux-Pont.	4,98
	4406,24

Quelquefois, quand les localités s'y prêtent, on accélère beaucoup le remblaiement d'un terrain en faisant tomber et en délayant dans les eaux du canal d'aménée les terres des coteaux contre lesquels il s'appuie. Cette opération porte le nom de *terrement*. Les eaux sont alors dérivées par larges coupures sur le sol à terre. Elles se répandent en couches minces et abandonnent la plus grande partie des terres qu'elles entraînaient. On rend encore plus complet ce dépôt en établissant de place en place, transversalement au courant, des rangées de fascines retenues par des piquets à travers lesquelles l'eau éprouve une espèce de filtration et un ralentissement qui facilite le dépôt. La surface des terres où l'on fait ainsi écouler les eaux ne doit pas présenter une pente de plus de 0^m,004 à 0^m,005 par mètre, sans quoi le sol se ravinerait et les dépôts ne se formeraient pas.

Le procédé du *terrement* est fréquemment employé dans certaines parties de l'Allemagne. Cette opération revient de 150 à 400 francs par hectare.

On n'insistera pas davantage ici sur les procédés de colmatage. Ces opérations, par une transition insensible, se transforment en *limonages* qui ne sont que des colmatages par très faibles couches de matières fertilisantes, et que l'on aura l'occasion d'étudier plus loin avec détail au sujet des irrigations.

Troisième section. — Endiguement, défense des rives.

Nous ne mentionnons ici, en quelque sorte, que pour mémoire le sujet qui fait l'objet de cette section. Les grands travaux d'endiguement et de défense des rives des rivières et des fleuves ou des côtes de la mer, ne

peuvent être exécutés que par des ingénieurs de profession, avec le concours, ou au moins sous la surveillance active de l'Etat; d'ailleurs, il existe sur cette matière un grand nombre d'ouvrages spéciaux. Les agriculteurs et les propriétaires ne peuvent avoir à s'occuper que des travaux de faible importance exécutés au droit de leurs propriétés, et, en général, sur des torrents ou ruisseaux ni navigables, ni flottables. Ce sont seulement de ces petits ouvrages que nous dirons quelques mots.

Endiguement des ruisseaux. Les petits torrents et les ruisseaux à pente rapide sont sujets à des débordements d'autant plus désastreux que le sol des vallées que traversent ces cours d'eau ont, en général, une assez forte pente, et que les eaux y acquièrent une telle vitesse, qu'elles entraînent les récoltes ou les semences et les fumiers, et quelquefois même la plus grande partie de la couche de terre végétale. Il ne saurait être question, pour le moment, des causes des débordements et des mesures d'ensemble qui pourraient les prévenir ou en atténuer les effets. Le mal existant, le seul moyen pour les propriétaires d'y porter remède consiste à protéger leurs terrains des ravages des eaux par des endiguements économiques convenablement disposés.

Le tracé des digues exige une attention soutenue. Il doit se composer d'alignements droits raccordés par des courbes tangentes de rayons aussi grands que possible. L'ensemble du tracé de la digue doit envelopper la direction générale du ruisseau; mais sans être assujéti à en suivre les coudes brusques et les irrégularités qui produiraient des tourbillons et faciliteraient l'attaque et la destruction des ouvrages. La distance entre les deux digues parallèles tracées de chaque côté du ruisseau dépend de la masse des eaux à écouler. L'espace existant entre le pied de la digue et le bord du ruisseau est occupé par des prairies bien gazonnées pour résister aux affouillements. Les extrémités de la digue doivent être soigneusement enracinées dans le terrain insubmersible. Cette partie de l'ouvrage exige un soin tout spécial pour que les eaux ne tournent pas la digue qu'on leur oppose et ne parviennent pas à la détruire en peu de temps.

Le mode de construction de la digue le plus économique et le plus approprié aux travaux ruraux consiste à l'exécuter en terre ou en graviers, à la revêtir en terre végétale et en gazon, et à planter au sommet une haie d'épines ou d'autres arbustes analogues. Les dimensions des digues dont il s'agit dépendent de leur hauteur. Pour les travaux de l'ordre de ceux dont nous nous occupons, c'est-à-dire pour des digues n'excédant pas 2 à 3 mètres de hauteur, on donne ordinairement 0^m,50 à 0^m,60 de largeur au sommet, avec un talus incliné de 4,50 ou 2 de base pour 4 de hauteur, du côté des cours d'eau, et incliné à 4 ou 4,50 de base pour 4 de hauteur, du côté des terres. Lorsque l'on peut disposer d'ouvriers soigneux, on remplace avec avantage le talus, du côté du cours d'eau, par une courbe concave qui se raccorde mieux avec le terrain naturel. Voici maintenant comment on procède à l'opération, après avoir arrêté le tracé de la digue, sa hauteur et son profil. On enfonce dans le sol, de 20 mètres en 20 mètres environ, des jalons dont les sommets, élevés à 0^m,50 au-dessus des plus hautes eaux, indiquent le tracé de l'arête intérieure du couronnement de l'ouvrage. Au droit de chacun de ces jalons, on enfonce deux piquets qui marquent le pied des talus. Celui de ces piquets qui est du côté de la rivière est placé à une distance du pied du jalon égale à deux fois la hauteur de ce jalon, si on a adopté le rapport de 2 à 4 par le talus de ce côté de la digue. La distance de l'autre piquet au

pied du jalon s'obtient en ajoutant à la largeur au sommet une fois ou une fois et demie la hauteur du jalon lui-même.

Le piquetage ainsi terminé, on commence par enlever les gazons et une partie de la terre végétale sur toute la largeur que doit occuper la digue, en mettant de côté ces matériaux qui serviront à son revêtement. On apporte alors les terres qui doivent former le remblai, et on les pilonne fortement, en les arrosant au besoin, par couches de 0^m,20 à 0^m,30 d'épaisseur, en leur donnant le profil adopté, moins l'épaisseur que doit occuper le revêtement de terre et de gazons. Quand on a du gravier à sa disposition, il est très convenable d'en mettre, au centre de la digue, un noyau enraciné dans le terrain naturel pour s'opposer au passage des taupes dont les ravages sont funestes aux ouvrages de cette espèce. On peut également, pour des travaux très soignés, quand on dispose à la fois de terre franche et de gravier, déposer sur chaque couche de terre une couche de gravier à peu près de même épaisseur et que l'on pilonne jusqu'à ce qu'elle ait pénétré dans la couche de terre. On remet une seconde couche de terre, puis une couche de gravier, et l'on continue ainsi jusqu'à l'achèvement du travail. Dans les travaux difficiles, où l'on ne craint point une légère augmentation de dépense, on peut ariser la terre graveleuse ou le sable avec un lait de chaux, au lieu d'eau pure, avant le pilonnage. On forme ainsi des masses d'une extrême compacité. Quand la digue est formée comme on vient de le dire, on la recouvre de la terre végétale mise de côté, que l'on hat bien également, et enfin on applique les gazons mis d'abord en réserve, ou pris sur les terrains voisins.

Pour éviter de transporter les terres nécessaires à la construction de la digue, on les prend habituellement dans un large fossé ouvert parallèlement à la direction de l'ouvrage, du côté des terres. En donnant à ce fossé une faible profondeur et en le raccordant par une pente douce avec le terrain, on peut le conserver en culture et ne pas perdre la surface qu'il occupe.

La fig. 78 représente la section d'une digue construite



Fig. 78.

comme on vient de le dire. Quand le sol sur lequel on établit une digue est très poreux et que l'on peut craindre que l'eau ne s'infilte sous la digue, on l'enracine au sol par une tranchée creusée à une certaine profondeur, et que l'on remplit de terres bien pilonnées, comme la digue tout entière.

Si l'on craint une crue avant que les gazons de revêtement n'aient fait prise, on les fixe au moyen de chevilles en branchages enfoncées dans le corps de la digue. On bien par de grandes perches couchées sur le sol et fixées; de place en place, par des piquets. On peut économiser les gazons en ne les posant pas jointivement, les espaces vides s'herbent assez facilement, quand le temps est convenable, et que l'on a bien battu les mottes de gazon pour les faire taller sur leurs bords.

Il convient de ménager de place en place dans les digues de petites buses en bois, fermées par des clapets, pour permettre l'écoulement au ruisseau des eaux

de pluie et autres qui pourraient, sans cela, s'accumuler derrière les digues.

Les digues élevées le long des côtes de la mer, pour défendre des inondations les terrains submersibles, sont beaucoup plus fortes que celles dont on vient de parler. Leur sommet doit être arrasé à une assez grande hauteur au-dessus des plus hautes mers, pour que les vagues ne puissent pas le dégrader. L'inclinaison du talus exposé à la mer est extrêmement faible, il est réglé en général à raison de 4 à 6 mètres et même plus de base pour 1 mètre de hauteur. Du côté de la terre, le talus peut n'avoir que 4 mètre $1/2$ de base pour 1 mètre de hauteur. Un fossé est creusé à une certaine distance et parallèlement à la digue du côté des terres. Les déblais de ce fossé servent à l'établissement de la digue elle-même.

La fondation de ces digues, quand le terrain n'est point solide, doit être poussée assez profondément pour éviter tout accident. Le mode de construction de l'ouvrage dépend de la nature des matériaux dont on dispose; le corps de la digue est presque toujours en terre ou en gravier, mais la nature des revêtements est extrêmement variable; quelquefois on emploie des pierres disposées en perrés, ou en enrochements, d'autres fois des fascines ou des clayonnages; enfin, dans certaines circonstances, il faut protéger la digue contre les flots et la fortifier de place en place par des épis d'une construction plus ou moins compliquée. L'exécution de ces différents ouvrages est fort difficile; elle exige des précautions multipliées, et ne saurait être confiée qu'à des constructeurs expérimentés. On ne pourrait, du reste, entrer ici dans les développements nécessaires à cet égard sans sortir des limites qui nous sont imposées. Les traités spéciaux de construction peuvent seuls fournir sur cette matière des détails circonstanciés.

Corrosions. Les eaux des ruisseaux torrentiels ne se bornent pas toujours à se répandre en nappes plus ou moins épaisses et plus ou moins rapides sur les terrains qu'elles inondent. Souvent elles corrodent leurs rives, même en basses eaux, et enlèvent successivement à l'agriculture des surfaces plus ou moins considérables. Les rives ainsi attaquées peuvent être défendues au moyen d'enrochements, de perrés, de fascinages, etc. Nous n'indiquerons que les plus simples et les plus économiques des travaux de cette espèce, ceux, en un mot, que les particuliers peuvent avoir à exécuter sur leurs propriétés pour remédier aux corrosions partielles produites par les ruisseaux qui traversent leurs terrains.

On se borne quelquefois à défendre les rives corrodées au moyen d'enrochements jetés à leur pied, ou bien en dressant en pente douce la surface du sol et en la recouvrant d'un perré posé avec soin sur un lit de gravier. Mais ces deux méthodes exigent un entretien continu et sont trop coûteuses, pour convenir dans les cas ordinaires. Il convient, en général, de se borner à battre au pied et un peu en avant de la rive attaquée une rangée de forts piquets un peu inclinés, entre lesquels on entrelace des clayons; on remblait l'espace compris entre le clayonnage et la rive en pierrailles ou en terre forte; puis on raccorde par une pente douce, revêtue de gazons, la partie supérieure de ce remblai avec la surface du sol. Si l'action destructive du courant était fort énergique, on pourrait employer un double rang de piquets séparés par un intervalle de 0^m,80 à 1 mètre, rempli de forts graviers bien tassés. On fait ordinairement les piquets dont on vient de parler en branches de saule, qui reprennent bien dans l'eau, et forment, au bout d'un certain temps, une haie vive très résistante. Les clayons eux-mêmes peuvent s'engager

dans le sol par une de leurs extrémités, et alors tout l'ouvrage, composé de végétaux vivants, acquiert de plus en plus de force. Quand le terrain est un peu dur, il convient de préparer, avec un piquet en fer, les trous des piquets et des clayons pour que la reprise ait lieu plus facilement.

Si la rive corrodée reposait sur un sol pierreux où les piquets ne pourraient pas s'enfoncer, on commencerait par couler au fond de l'eau une couche suffisamment épaisse de fascines chargées de pierre et de gravier, et l'on enfoncerait dans cette masse, facile à pénétrer, les piquets d'un clayonnage analogue aux précédents.

Il n'est pas toujours nécessaire de remblayer l'espace compris entre les clayonnages et le pied des rives attaquées. Il arrive quelquefois que les eaux laissent déposer dans ces espaces fermés les matières qu'elles entraînent pendant les crues, et qu'elles les comblent assez rapidement.

Les travaux dont il vient d'être question, endiguement, défense des rives, etc., ne doivent être exécutés qu'avec beaucoup de précaution, pour ne pas provoquer les plaintes et les réclamations des propriétaires riverains plus ou moins rapprochés.

On ne parlera pas ici des travaux de défense des côtes de la mer; ils exigent, en général, une connaissance approfondie de l'art des constructions et des dépenses très considérables. Les grands travaux de la pointe de Grave et la fixation des dunes se rattachent jusqu'à un certain point aux ouvrages dont il s'agit; mais ils sont confiés aux ingénieurs de l'État, et il serait trop long de les étudier dans cet article.

Quatrième section. — Irrigations.

Les sections précédentes ont été consacrées à l'étude des procédés propres à se préserver des eaux nuisibles; celle-ci aura pour objet l'emploi des eaux utiles à l'agriculture. Les avantages des irrigations sont maintenant assez connus pour qu'il soit inutile de s'y arrêter en commençant. Nous passerons donc immédiatement à l'examen des eaux d'irrigation et des moyens de les employer.

I. QUALITÉS DES EAUX EMPLOYÉES AUX IRRIGATIONS.

L'eau n'agit pas seulement quand elle est de bonne qualité en entretenant les végétaux dans l'état d'humidité nécessaire à leur développement; elle tient toujours en dissolution, dans son état naturel, de l'oxygène, de l'acide carbonique et des sels qui exercent, comme on sait, une action énergique sur la végétation, en fournissant aux plantes les aliments dont elles ont besoin. Certaines eaux, au contraire, renferment des produits, ou se trouvent dans certaines conditions qui les rendent funestes aux plantes. Il convient donc, avant tout, d'examiner la composition des eaux, d'indiquer les caractères qui permettent d'apprécier leurs qualités et les moyens de corriger leurs défauts.

On a déjà parlé, à propos des colmatages, des substances tenues en suspension dans les eaux; on reviendra sur ce point au sujet des limonages. Il ne s'agit ici que des matières tenues en dissolution, et que l'on trouve dans les eaux parfaitement claires. Les analyses bien faites d'eaux de source ou de rivière applicables à l'irrigation sont assez peu nombreuses. Ce genre de recherches serait cependant fort utile aux progrès des travaux agricoles. Nous nous bornerons à citer les exemples suivants :

Les eaux du bassin de Paris ont été naturellement examinées avec un soin scrupuleux. Voici les compositions de quelques-unes d'entre elles déterminées par

M. Henri et Bouchardat (voyez le tableau page suivante).

Les eaux de la Meuse, employées à l'irrigation de la Campine, ont été étudiées par M. Chaudelon, de Liège, par ordre du gouvernement belge. Il résulte de ce travail, très important pour l'objet qui nous occupe, que les sels contenus dans l'eau vont en décroissant quand on s'éloigne de la prise d'eau, excepté le chlorure de sodium, dont la proportion suit une progression inverse, et que la quantité de matières organiques est tout à fait insignifiante. Voici d'ailleurs les chiffres obtenus :

SUBSTANCES contenues dans dix litres d'eau.	N ^o 1.	N ^o 2.	N ^o 3.	N ^o 4.
	gr.	gr.	gr.	gr.
Résidu salin provenant de l'évaporation.	2,300	2,100	4,050	0,750
Carbonate de chaux.	4,369	4,255	0,498	0,324
Carbonate de magnésie.	0,270	0,244	0,089	0,055
Sulfate de chaux.	0,422	0,436	0,203	0,424
Sulfate de magnésie.	0,043	0,030	0,021	0,042
Chlorure de sodium.	0,450	0,440	0,400	0,092
Silice.	0,200	0,182	0,104	0,028
Alumine et oxyde de fer.	0,050	0,040	0,024	0,023
Sels de potasse.	traces	traces	traces	traces
Matières organiques.	—	—	—	—
	2,204	2,024	4,039	0,655

N^o 1. Eau recueillie à Hocht, dans le bassin de la Meuse, immédiatement en amont de la prise d'eau.

N^o 2. Eau recueillie à Bocholt, dans l'écluse n^o 48, à l'embranchement du canal de la Campine et à 39 kilomètres de la prise d'eau.

N^o 3. Eau recueillie à la Pierre-Bleue, à 69 kilomètres de la prise d'eau.

N^o 4. Eau recueillie à Arendonck, canal d'embranchement vers Turnhout, à 84 kilomètres de la prise d'eau.

Nota. Les écluses étaient fermées depuis quinze jours quand on a puisé les échantillons n^{os} 3 et 4.

La composition des sels contenus dans l'eau dépend des terrains qu'elle traverse. Les eaux des terrains anciens sont généralement préférables à celles des terrains tertiaires. Ces qualités cependant sont relatives, et, pour un terrain donné, la meilleure eau est celle qui renferme surtout les principes manquant à ce terrain; ainsi, des eaux riches en calcaire pourront être très avantageuses sur un terrain argileux et détestables sur un sol crayeux; des eaux riches en potasse conviendraient parfaitement sur les sols calcaires.

L'analyse chimique de l'eau fournit sur sa valeur agricole les renseignements les plus précis; mais cette opération délicate est d'une exécution difficile, et l'on peut, en général, se guider sur les indices suivants qui paraissent assez certains pour caractériser les qualités des eaux courantes. L'eau est de très bonne qualité quand on y rencontre le cresson de fontaine (*nasturtium officinale*), les épis d'eau (*potamogeton perfoliatus* et *fluitans*), les véroniques (*veronica anagallis* et *beccabunga*), la renouële aquatique (*ranunculus aquatilis*). Elle est moins bonne lorsqu'elle produit les roseaux (*arundo*), les patiences (*rumex*), les ciguës (*cicuta*), les salicaies (*lythrum*), les menthes (*mentha*), les scirpes (*scirpa*), les joncs (*juncus*), etc. Enfin, l'eau est de mauvaise nature quand il n'y végète que quelques carets (*carex acuta*, *carex stricta*) et des mousses. Les charas indiquent souvent une eau fortement calcaire.

Les eaux provenant de marécages, de tourbières ou de hautes bruyères renferment, en général, des prin-

DESIGNATION des EAUX.	SUBSTANCES CONTENUES DANS UN LITRE D'EAU.												TOTAUX	
	Acide carbonique libre.	Air amphibé- rique.	BI-CARBONATES		SULFATES ANHYDRES			CHLORURES		Sels de potasse.	Nitrate alcalin	Silice, alumine, oxyde de fer.		Matières organiques.
			de chaux.	de magnésic. potasse.	de chaux.	de magnésic et de soudé.	de potasse.	de strontine.	de calcium, de sodium et de magnésic						de potassium.
De la Seine, au pont d'Ivry.	lit. 0,043	gr. 0,132	gr. 0,060	gr. 0,020	gr. 0,040	gr. 0,010	gr. 0,008	gr. 0,240	gr. 0,008	gr. 0,008	gr. 0,008	gr. 0,240	gr. 0,240	
De la Seine, au pont Notre-Dame.	0,014	0,174	0,062	0,039	0,017	0,025	0,044	0,331	0,044	—	—	0,331	0,331	
De la Seine, au Gros-Caillois, à Chaillot.	0,043	0,229	0,075	0,040	0,027	0,032	0,023	0,426	0,023	—	—	0,426	0,426	
De la Marne, au pont de Charenton.	0,043	0,304	0,120	0,022	0,018	0,020	0,030	0,514	0,030	traces	traces	0,514	0,514	
D'Arneuil.	0,070	0,158	0,060	0,138	0,072	0,081	0,018	0,527	0,018	traces	traces	0,527	0,527	
De Belleville.	—	0,400	—	4,400	0,520	0,400	—	2,520	—	—	—	2,520	2,520	
Des prés Saint-Gervais.	—	0,032	0,012	0,430	0,400	0,600	0,020	4,494	0,020	—	—	4,494	4,494	
Du puits de Grenelle.	0,020	0,292	0,0092	0,010	0,032	0,057	0,034	0,804	0,012	traces	traces	0,804	0,804	
De la Bièvre.	—	0,107	—	0,416	0,470	0,484	0,034	0,284	0,034	—	—	0,284	0,284	
De la rivière d'Ourcq.	—	0,193	—	0,082	0,051	0,044	0,027	0,633	0,027	—	—	0,633	0,633	
De la Callinane.	—	0,247	—	0,060	0,230	0,400	0,050	0,370	0,050	—	—	0,370	0,370	
Du Clignon.	—	0,221	—	0,014	0,060	0,020	0,009	0,322	0,009	—	—	0,322	0,322	
De la Gergonne.	—	0,380	—	0,064	0,044	0,059	0,034	0,572	0,034	—	—	0,572	0,572	
De la Thérquoise.	—	0,816	—	4,470	0,175	0,410	0,024	2,595	0,024	—	—	2,595	2,595	
De la Roche de Crégy.	—	0,446	—	0,050	0,310	0,420	0,060	0,956	0,060	—	—	0,956	0,956	
Du Retel.	—	0,142	0,100	0,071	0,180	0,105	0,063	0,661	0,063	—	—	0,661	0,661	
De la Beauverne.	—	0,210	0,405	0,055	0,102	0,135	0,050	quantité notable	0,050	—	—	quantité notable	quantité notable	
Du Morg.	—	0,258	—	0,020	0,036	0,044	0,044	0,372	0,044	—	—	0,372	0,372	
De l'Arnause.	—	0,158	0,075	0,080	0,095	0,143	0,069	0,590	0,069	—	—	0,590	0,590	
Du canal de l'Ourcq.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

cipes acides et astringents qui les rendent très nuisibles à la végétation. On peut les améliorer en les faisant passer dans des bassins contenant de la chaux, ou bien en les mélangeant avec des eaux alcalines de fumier.

Les eaux très froides sont également de mauvaise qualité. Il faut, avant de les employer, les faire circuler dans de longs canaux, ou les laisser séjourner dans des bassins peu profonds, ou elles se réchauffent.

Enfin les eaux tuffeuses, c'est-à-dire celles qui contiennent un excès de sels calcaires qu'elles abandonnent à l'air, produisent sur la terre des incrustations qui nuisent à la culture. Il faut les faire passer en couches minces, avant de les utiliser, sur des fagots ou autres matériaux qui les divisent et les exposent à l'air dans toutes leurs parties, pour les dépouiller du tuf qu'elles entraînent. On reconnaît facilement les eaux de cette espèce à la difficulté qu'elles ont à dissoudre le savon et à cuire les légumes.

Les différentes espèces d'eaux de mauvaise qualité dont nous venons de parler s'améliorent, en général, en s'éloignant de leur point de départ, par leur contact avec l'air et le sol. Cependant, employées seules, elles ne donnent jamais que de médiocres résultats, mais elles peuvent rendre de grands services pour le répandage des engrais liquides dont nous parlerons plus loin, et l'on doit toujours s'estimer heureux de posséder de l'eau sur une exploitation, quelque médiocre que soit sa qualité.

II. MOYENS D'OBTENIR LES EAUX POUR L'IRRIGATION.

Les eaux que l'on peut employer aux irrigations proviennent des puits artésiens, des opérations de drainage, des sources, des pluies et enfin des rivières et ruisseaux.

1. *Puits artésiens.* On n'ajoutera rien à ce qui se trouve dans l'article spécial consacré aux puits artésiens (voy. ce mot). Nous dirons seulement qu'il existe plusieurs exemples remarquables de l'application des eaux de cette nature à l'irrigation; mais l'incertitude du succès des sondages s'opposera longtemps encore à la généralisation de ce moyen d'arrosage.

2. *Eaux provenant des travaux de drainage.* Nous avons indiqué déjà l'application des eaux de cette espèce en faisant remarquer combien leur composition les rendrait quelquefois propres à cet usage. Les drains fournissent presque toujours leur plus grand débit lorsque les irrigations sont suspendues. Il faut donc, en général, recueillir les eaux de drainage comme les eaux de pluie dans des réservoirs pour les utiliser au besoin. Quand les drains ne débouchent pas à un niveau assez élevé pour que l'on puisse conduire directement les eaux sur les terres à arroser, il faut, en outre, recourir à l'emploi des machines élévatoires. Nous renvoyons, par conséquent, à l'article des eaux de pluie et aux machines élévatoires pour ce qui se rapporte aux eaux dont il s'agit.

3. *Eaux de source.* Les eaux de source proprement dites sont rarement assez abondantes à leur origine, et à une température convenable pour servir aux irrigations. Leur emploi n'exige, du reste, aucun ouvrage particulier; nous voulons seulement parler ici d'un procédé fréquemment employé en Italie pour réunir les eaux de source et les employer en irrigations. Ce procédé consiste à ouvrir une tranchée atteignant le niveau où sourdent les sources, à observer attentivement les points où l'eau arrive en plus grande quantité, et à entourer ces points de tonneaux ouverts par les deux bouts, pour protéger la source contre les envasements et les éboulements de graviers. Quelquefois le

bouillonnement de l'eau n'est pas assez énergique pour indiquer nettement l'emplacement le plus convenable des tonneaux; dans ce cas, les fontainiers milanais abandonnent la fouille à elle-même pendant un an, et après ce temps ils placent les tonneaux aux points où les touffes de cresson présentent la plus belle végétation.

Plusieurs grands canaux de la Lombardie sont, en partie, alimentés par des sources artificielles obtenues comme nous venons de l'indiquer. Dans plusieurs parties de la France ce procédé serait susceptible d'application.

4. *Eaux de pluie, étangs et réservoirs.* Les réservoirs d'eaux destinés aux besoins de l'irrigation sont, sans aucun doute, l'un des plus puissants moyens de propager cette utile pratique et d'apporter de précieuses et importantes modifications au régime général des eaux d'une vaste contrée. L'état morcelé de la propriété en France leur donne, en effet, un intérêt tout particulier au point de vue des travaux privés, et l'heureuse disposition du terrain, dans quelques-uns de nos départements montagneux, permet à l'Etat de les utiliser à peu de frais, et sur une très grande échelle, pour l'amélioration du régime des eaux, de la navigation et de l'agriculture sur d'immenses étendues de pays. « Partout, dit M. de Gasparin, où un vallonn, recevant les eaux d'une vaste surface de collines, laisse échapper, lors des pluies ou des orages, un torrent passager qui souvent dégrade les terres inférieures; partout où un ruisseau trop peu abondant pour être utile peut être retenu, et ses eaux mises en réserve pour le besoin, la création d'un réservoir peut devenir une source de richesse. Il suffit de calculer et la quantité d'eau que l'on peut recevoir, et l'étendue du bassin que l'on doit former, et les frais que coûtera sa construction, puis balancer ces dépenses avec l'accroissement de valeur qu'acquerront les terres à arroser. »

La capacité d'un réservoir dépend et de la quantité d'eau qu'il peut recevoir et de celle dont on a besoin. On donnera plus loin tous les détails nécessaires à la détermination du volume d'eau d'irrigation nécessaire par hectare, c'est-à-dire le moyen de fixer la limite inférieure de la capacité d'un réservoir projeté. Pour le moment on ne s'occupera que du moyen de déterminer le maximum de sa capacité, c'est-à-dire la quantité d'eau qu'il est sage d'attendre de l'établissement d'un ouvrage de cette nature.

La détermination de la capacité d'un réservoir est un problème extrêmement complexe, et qu'il est impossible de traiter d'une manière complètement rigoureuse; on essaiera donc seulement d'indiquer ici les principaux éléments de la question. On ne manquera pas de remarquer l'analogie de ce sujet avec celui qui a été précédemment traité en parlant des marais. Les différences entre les règles qui seront posées maintenant, et celles qui ont été données dans le premier cas, s'expliquent facilement en observant qu'il convenait, pour éviter tout mécompte, d'arriver à une évaluation du *maximum* de la quantité d'eau à recevoir dans le premier cas; tandis que dans celui dont il s'agit maintenant, il importe d'autant plus de s'arrêter à un *minimum*, que c'est précisément dans les années où le réservoir recevra le moins d'eau que les terres en auront le plus besoin.

L'eau des réservoirs a deux origines différentes: les sources ou ruisseaux à débit plus ou moins régulier, et les eaux de pluie coulant à la surface du sol. Il suffit de jauger, pendant une assez longue période de temps, les courants permanents, en un point voisin du réservoir projeté, pour évaluer le volume d'eau qu'ils lui fourniront; la détermination du produit des eaux de pluie coulant à la surface du sol ou se réunissant

AGRICULTURE.

dans les rigoles qui les amènent au réservoir, présente plus de difficulté et d'incertitude. Voici comment il convient de procéder à cette recherche.

On doit déterminer d'abord l'étendue de la surface versant dans le réservoir projeté. On y parvient facilement en traçant, par quelques nivellements, la ligne de faite qui circonscrit le bassin; ou, plus simplement encore, au moyen d'une bonne carte topographique de la localité, quand il en existe. La carte de l'état-major suffit, dans beaucoup de cas, pour les recherches de cet ordre.

Lorsque la surface du bassin versant a été déterminée, si l'on veut opérer avec beaucoup de rigueur, quand il s'agit d'ouvrages d'une grande importance, il faut déterminer la hauteur d'eau de pluie tombant annuellement sur différents points du bassin (voy. chap. II, sect. 3^e, V), et prendre la moyenne des résultats obtenus. Mais cette méthode est beaucoup trop longue et trop compliquée pour des travaux particuliers d'une faible importance. On doit donc se borner à prendre pour la hauteur d'eau tombée dans le lieu que l'on considère, celle qui a été observée dans une localité analogue et voisine, autant que possible, de celle où l'on se trouve. Le tableau de la troisième section du chapitre II est assez étendu pour donner à cet égard, dans toutes les parties de la France, des indications suffisantes. Les moyennes fournies par le tableau ou par des observations directes doivent être réduites, dans un certain rapport, pour éviter tout mécompte dans les années de sécheresse. Il serait difficile de fixer ce rapport d'une manière absolue; mais, en pratique, il paraît suffisant de prendre, pour la hauteur d'eau tombant dans le bassin considéré, les 3/4 ou les 5/6, dans les pays très secs, de la moyenne fournie par plusieurs années d'observations. Cette hauteur d'eau ainsi corrigée, multipliée par l'étendue de la surface versante, représenterait la quantité d'eau sur laquelle on pourrait compter, si elle arrivait entièrement au réservoir, et s'y conservait sans perte. Mais l'évaporation et les infiltrations qui se produisent soit à la surface du sol, soit dans le réservoir lui-même, réduisent dans une forte proportion, comme on va l'indiquer, les eaux disponibles.

Les expériences positives pour déterminer la fraction de l'eau tombée sur un bassin qui arrive au point le plus bas de ce bassin, sont assez rares. Voici les principales évaluations fournies à cet égard par les auteurs les plus accrédités.

Au canal de Bourgogne on a jaugé la Brenne, avec tous les soins convenables, pendant 4,420 jours, en observant, en même temps, les hauteurs d'eau tombées à Pouilly, et l'on a obtenu les résultats suivants, trop importants pour n'être pas intégralement rappelés :

ANNEES.	HAUTEUR d'eau fournie par la Brenne, par m. carré.	PLUIE tombée à Pouilly.	RAPPORT
1834 (trois mois)	0,036	0,110	0,32
1835	0,432	0,856	0,50
1836	0,729	1,019	0,70
1837 (dix mois)	0,377	0,705	0,53

Les rapports de l'eau recueillie à l'eau tombée sur le bassin versant sont respectivement 0,45, 0,19, 0,45 et 0,22 pour les réservoirs de Grosbois, de Poulitier, de Tillot et de Chazilly au canal de Bourgogne. Sur le canal du Centre, on a trouvé 0,34 pour l'étang de Torcy, et 0,25 pour l'étang Ber-

AGRICULTURE.

thaud, en admettant que la hauteur d'eau de pluie tombée était de 0^m,65 dans la vallée de ce dernier réservoir. Enfin, on admet que les réservoirs de la montagne Noire reçoivent les deux tiers de l'eau tombée dans les bassins qui les alimentent.

La couche d'eau qui tombe annuellement dans le département du Cher, évaluée d'après une moyenne de vingt années d'observations, a 0^m,53 d'épaisseur. Les réservoirs du canal du Berry ont été construits dans l'hypothèse, confirmée maintenant par l'expérience, que le tiers de cette quantité, c'est-à-dire 1,766 mètres cubes par hectare, arriverait aux réservoirs.

Les chiffres précédents permettent, par analogie, de fixer le volume d'eau fourni à un réservoir par hectare versant. On peut admettre en résumé, et comme résultat moyen pratique pour les petites opérations, que, dans le centre de la France, on ne doit compter que sur le tiers ou la moitié au plus du volume tombé, en prenant bien entendu pour ce volume les 3/4 ou les 5/6 seulement, comme on l'a déjà dit, de la hauteur moyenne de pluie obtenue par un grand nombre d'années d'observations.

Pour évaluer le volume d'eau qui restera disponible pour les irrigations, il faut encore déduire du résultat, calculé comme on vient de le dire, le volume d'eau enlevé par évaporation à la surface du réservoir. Cette dernière quantité est très variable d'un point à un autre. Voici quelques chiffres à ajouter à ceux qui ont été précédemment donnés au sujet du drainage et des dessèchements. M. Surell estime que l'évaporation, pendant la période estivale, est de 0^m,007 par vingt-quatre heures dans les étangs de la Camargue. La température de cette partie de la France explique l'élevation de ce chiffre, qui est presque double de celui que l'on peut adopter dans le centre. On admet généralement que l'évaporation annuelle, en France, enlève une couche d'eau de beaucoup supérieure à celle que verse la pluie. Cependant, des expériences récemment publiées et qui paraissent fort bien faites ont fourni, de 1839 à 1845, les résultats moyens suivants, qu'il peut être utile de donner à titre de renseignement :

LOCALITÉS.	ALTITUDE.	PLUIE.	ÉVAPORATION.
Saint-Jean de Losne	485 m.	0,8583 m.	0,5658 m.
Dijon	241	0,7518	0,6282
Pouilly	400	0,8008	0,5648
La Roche-sur-Yonne	85	0,5440	0,4900

On sait d'ailleurs que le volume d'eau enlevé par l'évaporation est égal au produit de la surface moyenne de l'eau dans le réservoir, par le coefficient d'évaporation applicable à la contrée où l'on se trouve. En retranchant ce produit du volume d'eau reçu dans le réservoir, on obtient le volume réellement disponible.

Dans tout ce qui précède, on s'est borné à indiquer la marche à suivre pour le calcul du volume d'eau rendu annuellement disponible par un réservoir, et à réunir les principales données numériques relatives à cette question. Mais un dernier élément est nécessaire à la solution, c'est l'ordre de succession des arrosages et le nombre de fois que l'on pourra remplir et vider le réservoir chaque année. Cette dernière considération permettra de fixer sa capacité et d'évaluer la quantité d'eau disponible dans chaque saison. On ne doit pas d'ailleurs oublier qu'il faut toujours laisser dans le réservoir un certain volume d'eau, indispensable à la conservation des terrassements et à l'entretien de la salubrité de l'air environnant.

Les explications précédentes permettent de faire en-

trer en ligne de compte, dans le projet d'un réservoir, les principaux éléments de la question, et suffisent pour montrer les données préliminaires nécessaires à une solution complète du problème. Mais, pour formuler une règle pratique qui puisse être immédiatement appliquée à la construction de petits réservoirs, par les personnes qui ne voudraient pas se livrer aux recherches que nécessite une étude complète, nous dirons que, dans la plus grande partie de la France, on peut admettre, sans crainte d'être au-dessus de la vérité, qu'en moyenne, et dans les circonstances ordinaires, un réservoir fournit annuellement 4,000 à 4,200 mètres cubes d'eau par hectare versant.

On peut accroître beaucoup la quantité d'eau amenée à un réservoir, en ouvrant, dans l'étendue du bassin qui lui verse les eaux, une série de fossés à faible pente communiquant les uns avec les autres et avec le réservoir, et destinés à recueillir les eaux après leur chute, sans leur laisser le temps de se perdre par infiltration, et par évaporation à la surface du sol. Parmi les applications assez nombreuses que l'on pourrait citer de ce genre de travaux, nous rappellerons seulement que la plus grande partie des eaux de Versailles sont ainsi recueillies dans les plaines voisines.

On calcule le nombre d'hectares arrosables à l'aide d'un réservoir donné, en divisant le volume d'eau qu'il peut fournir par le nombre de mètres cubes nécessaires à l'irrigation d'un hectare. Ce dernier chiffre est égal au produit du nombre d'arrosages annuels par le volume d'eau que chacun d'eux exige. On reviendra plus loin sur l'étude des volumes d'eau nécessaires aux irrigations; on va seulement rapporter quelques indications fournies au sujet des réservoirs par différents auteurs. M. de Gasparin admet que les réservoirs de profondeur moyenne doivent contenir par hectare à arroser autant de fois 4,000 mètres cubes d'eau qu'il convient de faire d'arrosages. Cette formule donne évidemment une capacité beaucoup trop considérable dans la plus grande partie de la France. M. Polonceau estime que, dans le centre, chaque arrosage de 24 heures exige, par hectare, 200 mètres cubes d'eau pour les terres argileuses, 300 pour les terres franches, et 4 à 500 dans les terres sableuses et perméables. Il base sur ces chiffres la capacité de ses réservoirs.

M. Pareto estime qu'en Sologne les réservoirs doivent contenir 2,000 mètres cubes d'eau environ par hectare de pré à arroser. Ce chiffre, pour cette localité, nous paraît largement suffisant; c'est à peu près, de notre côté, celui que nous avons adopté.

Construction des réservoirs. Lorsqu'il est possible d'amener les eaux au-dessus du niveau du terrain à irriguer, et qu'il s'agit de former un petit réservoir, on peut se borner à creuser le sol à une certaine profondeur, et employer la terre provenant de ce déblai à former une digue d'enceinte. On donne au talus de la fouille une pente de 4 1/2 à 2 de base pour 4 de hauteur, et on établit le pied de la digue à 0^m,30 ou 0^m,40 en arrière de l'arête de la fouille. Cette digue d'enceinte présente à peu près le profil des digues de défense des rives. Son sommet doit être arrasé à 0^m,25 ou 0^m,40 au-dessus du niveau de l'eau. Quand le sol est imperméable, il suffit de bien pilonner les terres de la digue pour qu'elle conserve l'eau. Mais si la terre est facilement perméable, il faut recouvrir les parois de la fouille et des digues d'un corroi imperméable formé de sable gras naturel, ou d'un mélange d'argile en bouillie et de sable, arrosé d'un fort lait de chaux. On taille alors les parois de la digue et ceux de la fouille en redans, et on pilonne par couches successives le corroi précédent, sur une épaisseur de 0^m,08 à 0^m,10. L'addition de chaux au corroi, même en très faible quantité, a le double avantage de lui donner beaucoup de consistance et d'empêcher les vers et autres insectes

de le traverser. Le prix d'établissement d'un réservoir construit comme nous venons de le dire est facile à calculer dans chaque localité. Presque toujours leur construction, bien qu'assez dispendieuse, constitue cependant une opération lucrative. Il convient de ne pas donner à ces réservoirs moins de 3 à 6 mètres de profondeur.

Les réservoirs ou les grands étangs, destinés à retenir des quantités d'eau considérables, s'établissent dans des vallées ou des plis de terrain que l'on ferme à leur partie inférieure par un barrage. On doit d'abord étudier avec soin l'emplacement le plus convenable à la construction, c'est-à-dire celui où, toutes choses égales d'ailleurs, on retiendra le plus grand volume d'eau avec la moindre dépense. Le point où la vallée est la plus resserrée et la plus profonde est celui qu'il convient ordinairement de choisir pour l'établissement du réservoir. Les digues ou barrages du réservoir peuvent se construire, suivant les circonstances locales ou leur importance en maçonnerie, en terre seule ou en terre revêtue de maçonnerie sèche ou à mortier. Les barrages en maçonnerie ne conviennent, en général, que pour des ouvrages d'une grande importance. Nous ne décrivons pas ici en détail leur construction, qui présente assez de difficultés; nous dirons seulement qu'il faut établir leurs fondations sur un sol parfaitement solide et incompressible. Ils s'enracinent dans le sol par redans. Ils peuvent avoir, en plan, une forme rectiligne, ou concave du côté de l'eau, ce qui, du reste, ne semble pas présenter d'avantage réel. L'épaisseur du barrage augmente du sommet à la base. Le parement extérieur doit présenter un fruit plus ou moins considérable ou une courbe concave; le parement du côté de l'eau offre une inclinaison régulière ou une courbure plus ou moins prononcée, ou bien une série de redans.

Un procédé géométrique très simple, analogue à celui que l'on emploie pour vérifier la stabilité des voûtes, permet de déterminer l'épaisseur à donner au barrage. La résultante du poids du mur et de la poussée de l'eau, par unité de longueur, doit venir passer à une distance telle de l'arête extérieure du mur, que les 2/3 de cette résultante, répartie sur cette distance, ne donnent pas une pression supérieure à la résistance du sol de fondation ou à celle de la maçonnerie elle-même. Cette pression, en général, ne doit guère dépasser 5 à 6 kilogrammes; elle est de 6^m,49 au barrage de Bosmeléc, de 6^m,48 à celui de Vioseau; elle était de plus de 43 kilogrammes à celui de Grosbois, qu'il a été nécessaire de renforcer. Quand le sol n'est point très résistant, il convient que la résultante passe près du milieu de la fondation. La maçonnerie des barrages doit être exécutée d'ailleurs avec le plus grand soin, et en employant de très bonne chaux hydraulique, au moins dans une certaine épaisseur du côté de l'eau.

Les digues en terre pour les réservoirs dont nous nous occupons ici, et dont les profondeurs n'excèdent pas 5 à 7 mètres, sont presque toujours plus économiques que les barrages en maçonnerie. Leur construction exige un assez grand nombre de précautions.

Quand on a choisi l'emplacement du barrage, on indique par un piquetage fait avec soin, et en suivant la marche indiquée pour les digues des rivières, l'emplacement que doit occuper le remblai auquel il convient de donner une certaine convexité du côté de l'eau. L'inclinaison du talus de ces digues dépend de leur élévation et de la nature des terres que l'on emploie. Dans les circonstances ordinaires, le talus du côté de l'eau doit avoir 2^m,50 à 3 mètres de base pour 4 de hauteur, et le talus extérieur 4 à 2 mètres de base pour 4 de hauteur. Dans les digues très élevées, on pourrait ménager du côté de l'eau une ou deux banquettes

à des hauteurs différentes, et diminuer progressivement l'inclinaison en s'approchant de la base, de manière à ce que l'ensemble du talus présente la forme concave que prennent à la longue les anciennes chaussées d'étangs. Une largeur de 1^m,50 à 2 mètres au couronnement est largement suffisante, même avec des terres médiocres, comme il est facile de le reconnaître par l'expérience aussi bien que par le raisonnement. Le couronnement des digues doit être arrasé à 0^m,60 ou 0^m,70 au-dessus du niveau de l'eau, pour que les vagues ne puissent pas le dépasser. Une plus grande surélévation est même nécessaire pour les digués des étangs ou réservoirs exposés au vent et d'une grande étendue. Il convient enfin de donner à la digue un bombement sensible au milieu de sa longueur, pour que l'eau déborde seulement aux extrémités, si une circonstance accidentelle leur faisait dépasser leur niveau ordinaire.

La fondation et l'enracinement des digues des réservoirs dans le terrain naturel doivent être exécutés avec un soin minutieux. La fondation doit s'approfondir par redans successifs, et présenter une assez grande profondeur vers le milieu de la digue. Le fond de la fouille est pioché, pour que la liaison se fasse bien avec les terres rapportées, dont les premières couches doivent être pilonnées avec plus de soin encore que les suivantes, et arrosées, si cela est possible, avec du lait de chaux. Toutes les terres remblayées sont soigneusement émiettées et bien tassées par le passage des brouettes, ou mieux à l'aide du pilon.

On élève quelquefois au milieu de la digue un fort corroi en glaise, en sable gras ou même en béton maigre. Cette précaution est nécessaire quand on ne dispose que de terres de médiocre qualité. M. Polonceau indique l'emploi, au centre des digues, d'une rangée de palplanches enveloppées d'un corroi très soigné; mais ce mode de construction ne paraît pas, en général, devoir être recommandé.

Le talus d'aval des digues doit être gazonné ou semé. Il est bon de défendre aussi celui d'amont avec des gazons enlevés, autant que possible, dans des terrains marécageux. La partie supérieure de la digue exposée aux vagues et aux mouvements de l'eau est nécessairement garnie d'enrochements ou de piquets clayonnés. Pour les petits réservoirs bien abrités quelques lignes de joncs, plantés au niveau de l'eau, suffisent pour résister au clapotement du liquide.

Une dernière précaution, que l'on ne saurait assez recommander dans l'établissement des réservoirs, consiste à donner à leurs berges une forte inclinaison, pour éviter, pendant les basses eaux, la formation des parties marécageuses, véritable cause de l'insalubrité si souvent attribuée aux étangs. On doit donc creuser le terrain autour des bords du réservoir projeté, surtout du côté de la queue, où le sol présente en général le moins de pente, et l'eau le moins de profondeur. La terre extraite de ces fouilles sert à la construction de la chaussée, ou à la formation d'une petite digue d'enceinte, qui permet souvent d'augmenter beaucoup, et presque sans dépense, la profondeur et la capacité du réservoir.

Déversoirs et prises d'eau. Toutes les digues de réservoirs doivent être munies de déversoirs destinés à écouler, en temps d'orage ou de crues accidentelles, les eaux qui pourraient dépasser le niveau de la digue et la dégrader en s'écoulant à sa surface. Ces déversoirs sont construits en pierres, en briques, ou en bois. On les place à l'extrémité de la digue, de manière à établir le canal de décharge à flanc de coteau, et autant que possible sans chute. La largeur des déversoirs doit être telle que la tranche d'eau qu'ils débitent ne dépasse jamais 0^m,15 à 0^m,20, et n'acquière pas une vitesse suffisante pour dégrader les ouvrages; une largeur de quelques mètres suffit, pour

cela, dans les déversoirs moyens. Lorsque la disposition des lieux oblige à établir le canal de décharge à une certaine hauteur en contre-bas du déversoir, on divise cette hauteur en plusieurs chutes, séparées par de petits bassins, dans lesquels l'eau se brise et amortit sa vitesse. L'eau des déversoirs est quelquefois employée pour les irrigations d'hiver.

Le mode de construction des prises d'eau dépend de leur importance. Dans de très petits réservoirs, une simple buse en bois (fig. 79), placée dans le corps de la digue et fermée du côté de l'étang par une petite

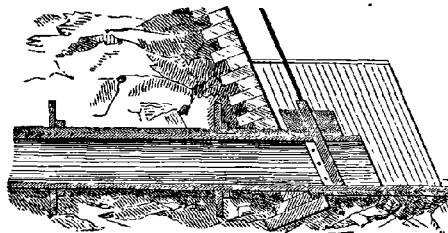


Fig. 79.

vanne, que l'on manœuvre de la chaussée avec une tige également en bois, suffit parfaitement. Les buses qui traversent des digues doivent être soigneusement gondronnées et calfatées avant leur pose. Il ne suffirait pas toujours de bien pilonner la terre autour du corps prismatique de la buse pour s'opposer à toute infiltration d'eau entre elle et le terrain. Il faut encore garnir extérieurement ces buses de grands diaphragmes rectangulaires en bois, autour desquels on pile soigneusement des corrois en terre grasse. Ces surfaces, verticales et imperméables, arrêtent les progrès des infiltrations qui tendraient à se produire.

La plupart des étangs, en France, ont un autre système de prise d'eau, très convenable comme moyen de vidange, mais qui ne semble pas très avantageux pour les prises d'eau d'irrigations dont la manœuvre doit être fréquente et facile à graduer. La fig. 80 fera comprendre cette disposition. Une forte buse en bois, ou un aqueduc dallé *a* est établi sous la digue et communique, par une ouverture conique pratiquée à son extrémité supérieure, avec une seconde buse, ou un aqueduc *c*, qui débouche dans l'étang. Une bonde en bois *d*, quelquefois garnie de cuir, peut boucher l'ouverture conique dont nous venons de parler et intercepter ainsi toute communication de l'eau avec l'extérieur. La bonde *d* est suspendue par une pièce de bois ou de fer, dont l'extrémité supérieure peut être manœuvrée au niveau de la chaussée. En soulevant la bonde on fait écouler l'eau de l'étang, et en la laissant redescendre on arrête cet écoulement. La bonde et sa tige sont renfermées dans un fort coffrage en charpente, ou mieux dans un puits cylindrique en maçonnerie, qui s'élève autour de l'orifice de l'aqueduc jusqu'au niveau de la chaussée. On peut éviter la construction, toujours assez dispendieuse, de ce coffrage ou de ce puits en plaçant la bonde au pied du talus d'amont de la digue. On manœuvre alors sa tige au moyen d'un appentement léger disposé comme celui indiqué par la fig. 81.

La manœuvre des bondes que l'on vient de décrire est assez difficile quand la profondeur d'eau est considérable, puisque l'effort à exercer, indépendamment des résistances accidentelles, est égal au poids d'une colonne d'eau ayant pour base la surface de la bonde et pour hauteur la profondeur de l'étang lui-même au-dessus de l'aqueduc de décharge. On ne doit pas donner à ces bondes plus de 0^m,40 à 0^m,50 de diamètre.

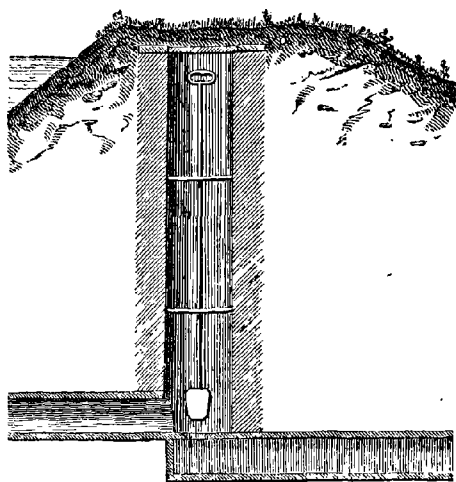


Fig. 80.

Une bonde de 0^m,45 de diamètre avec une charge de 3 mètres débite environ 750 litres par seconde. Quand la section des aqueducs est assez grande relativement à celle de la bonde, on peut approximativement calculer le débit Q , par la formule : $Q = 0,62 \cdot s \cdot \sqrt{2gh}$ dans laquelle s est la section de l'ouverture de la bonde, h la hauteur de l'eau au-dessus de cette ouverture, et $g = 9,81$.

Dans les réservoirs un peu importants la prise d'eau peut se faire au moyen d'un véritable aqueduc construit sous la digue, et dont la tête d'amont est garnie d'une vanne analogue à l'une de celles décrites plus loin. Cette vanne se manœuvre de l'extrémité d'un appontement léger disposé comme le montre la fig. 81,

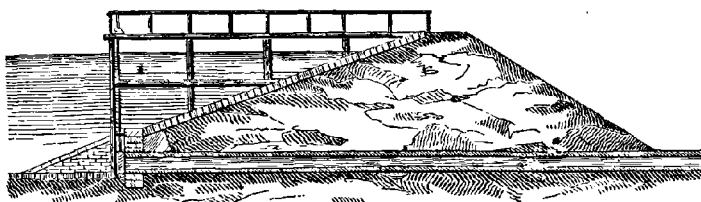


Fig. 81.

qui indique, en même temps, le profil de la digue. Cette disposition ne permet de visiter et de réparer la vanne qu'en vidant complètement le réservoir. On peut éviter cet inconvénient, pour les réservoirs d'une grande dimension, en élevant les murs en aile de la figure précédente, avec l'inclinaison de la digue, jusqu'au niveau de l'eau, et plaçant la tête de l'aqueduc à l'aplomb de l'arête supérieure de la chaussée. On ménage dans les murs en aile, à 4^m,50 environ en avant de la tête de l'aqueduc, deux rainures, où l'on place des poutrelles quand on a besoin de réparer la vanne ou son aqueduc. Enfin, quand la profondeur d'eau est très considérable, on fait quelquefois des prises à différentes hauteurs dans l'étang. Les ouvrages de cette espèce sont un peu compliqués, et ne sont d'ailleurs nécessaires que pour des réservoirs beaucoup plus vastes que ceux que les simples particuliers peuvent avoir à construire. Il est inutile de nous y arrêter.

On peut encore faire d'excellentes prises d'eau au

moyen de tuyaux de fonte traversant les digues, engagés du côté de l'eau dans une tête en maçonnerie, et fermés par des vannes en métal glissant dans une rainure.

Quand la profondeur de l'eau atteint 2 ou 3 mètres, la formule de la dépense, pour un tuyau disposé comme on vient de l'indiquer, se ramène, sans erreur notable, à une forme assez simple : en appelant h la hauteur de l'eau au-dessus de l'extrémité d'aval du tuyau, l la longueur et d le diamètre de ce tuyau, et Q la dépense par seconde, ou a sensiblement

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot 0,80 \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + 0,02 \frac{l}{d}}}$$

En avant des vannes ou bondes de prise d'eau il faut mettre des grilles en fer ou en bois pour empêcher le poisson de sortir de l'étang, ou les herbes d'obstruer les canaux.

Dans les réservoirs d'irrigation il y a souvent une bonde de vidange placée au point le plus bas, et une prise d'eau plus élevée pour le service des arrosages. Chacune de ces ouvertures est desservie par un canal de fuite particulier. L'eau est, en général, animée d'une grande vitesse en sortant des tuyaux de prise d'eau ; il convient de lui faire perdre cet excès de vitesse dans de petits bassins placés à l'entrée des canaux de fuite, ou au moins de garnir ceux-ci d'empierrements, sur une certaine longueur, pour qu'ils ne soient pas dégradés par des affouillements.

Il existe en Espagne et en Italie un grand nombre de réservoirs d'irrigation. On cite, entre autres, dans ce dernier pays, le réservoir de Ternevasio, qui a 23 hectares de superficie, une profondeur moyenne de 5 mètres, et sert à l'irrigation de 57 hectares de terrain. En France, les grands réservoirs, exclusivement consacrés à l'arrosage, sont assez rares, l'un des plus remarquables est celui de Caromb (Vaucluse) :

il contient 400,000 mètres cubes d'eau. Sa digue est en maçonnerie, elle a 50 mètres de hauteur et 80 mètres de longueur. Les réservoirs moins importants sont assez nombreux ; il serait impossible de les signaler tous.

5. *Prises d'eau dans les rivières et ruisseaux.* La construction des dérivations et des barrages établis sur les fleuves et rivières navigables ou flottables appartient à l'Etat. On ne s'occupera donc ici que des travaux d'une importance secondaire que les particuliers peuvent avoir à entreprendre sur de petits cours d'eau.

Quand on veut détourner entièrement l'eau d'une rivière ou d'un ruisseau, ou bien élever son niveau pour atteindre des terrains plus élevés que ceux que l'on pourrait naturellement arroser, on est obligé de recourir à l'établissement d'un barrage en aval de l'entrée de la rigole de prise d'eau. Dans le cas contraire, une simple dérivation, avec épi plus ou moins long, mais sans barrage, suffit parfaitement. Les prises d'eau,

dans les rivières ou canaux, peuvent donc s'effectuer avec ou sans barrage.

Prises d'eau sans barrage. L'introduction de l'eau, dans le canal de dérivation, peut avoir lieu sans aucun ouvrage spécial, ou bien au moyen d'un déversoir, d'un aqueduc couvert traversant les digues de la rivière; ou, enfin, par des vannes ou autres moyens analogues.

Les canaux communiquant librement avec les rivières ou ruisseaux sont exposés, comme les cours d'eau naturels, à tous les inconvénients des inondations et à de fréquents ensablements. Lorsque les canaux débouchent directement dans une rivière, il faut, pour éviter qu'ils ne lui enlèvent plus ou moins d'eau qu'ils ne doivent le faire, régulariser parfaitement leur section sur une longueur de quatre ou 500 mètres, et construire, de place en place, quelques profils-types en maçonnerie pour servir de points de repères invariables à l'époque des curages.

Les déversoirs limitent le maximum du volume d'eau que le canal peut recevoir en étiage; ils s'opposent jusqu'à un certain point à l'introduction, dans le canal, des sables et graviers, mais ne le protègent nullement contre les inondations.

Les aqueducs de prises d'eau couverts, quand ils ne sont pas garnis de vannes, ont les mêmes inconvénients, bien qu'à un moindre degré, que les deux premières dispositions.

Pour régler l'entrée de l'eau dans un canal, et la supprimer au besoin, on emploie presque toujours, des martelières. Les fig. 82 et 83 indiquent le mode de construction

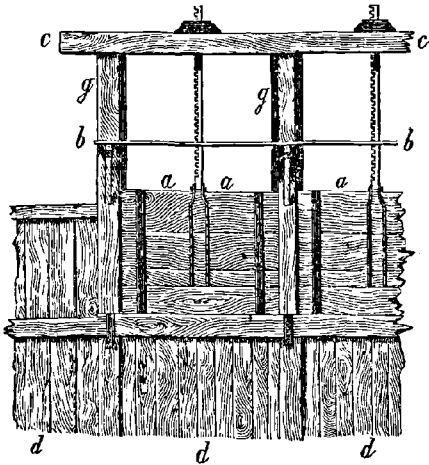


Fig. 82.

d'un ouvrage de cette nature. Les vannes *a* se meuvent dans des cadres en charpente, formés d'un seuil horizontal et d'une série de montants verticaux *g* reliés par un chapeauc, qui supporte les crics destinés à soulever les vanes. De forts planchers, ou des enrochements, forment un avant et un arrière radier qui s'opposent aux affouillements. Dans les sols peu résistants et dans les ouvrages bien faits, on drague jusqu'au terrain solide à l'emplacement de l'ouvrage; on bat la ligne de pieux et palplanches *d* sur lesquels reposent les vannes, et, enfin, on coule de chaque côté de cette première charpente de forts emplacements en béton. Il est quelquefois nécessaire de battre en avant de l'ouvrage une seconde rangée de pieux et de palplanches *f*, et de remplir de béton ou d'enrochements tout l'espace compris entre l'aplomb des vannes et cette seconde ligne. La vanne que représente la figure précédente, en augmen-

tant, au besoin, le nombre des vantaux, suffit pour les plus grands ouvrages de la nature de ceux qui nous occupent.

Les fig. 84, 85 et 86 indiquent la disposition d'une petite vanne beaucoup plus simple que celle que l'on vient de décrire. Elle suffit parfaitement pour toutes les rigoles d'arrosage, et se place à leur embranchement avec les ruisseaux ou les rigoles d'un ordre plus élevé. Les montants *d* entre lesquels glissent les vantelles sont en bois ou en pierre. Une vanne à deux ouvertures coûte dans les Vosges environ 60 fr.

Dans tous les canaux qui ne sont pas garnis de vannes à leur embouchure, il faut toujours ménager, en un point convenable, une enclave en maçonnerie, avec rainures pour recevoir des pontrelles qui empêchent l'introduction de l'eau quand le canal a besoin de réparations.

La direction du canal, dans son point de raccordement avec le cours d'eau naturel, fait, en général, avec celui-ci un angle aussi aigu que possible. L'embouchure de ces canaux doit offrir un certain évasement raccordé avec les rives du ruisseau par des courbes. Ces raccordements sont défendus des corrosions par des revêtements en gazons, en clayonnages, en perrés ou même en maçonnerie, suivant l'importance de l'ouvrage, la rapidité du cours d'eau et la valeur relative des différents matériaux dans le lieu de la construction.

Prises d'eau avec barrage. Les barrages construits en lit de rivière pour élever l'eau au-dessus de son niveau

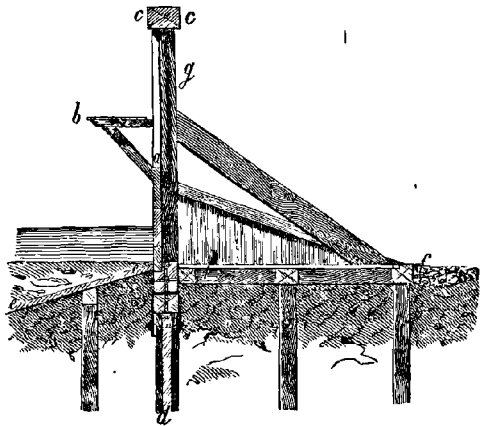


Fig. 83.

naturel et établir une prise d'eau ou un moteur hydraulique sont *fixes* ou *mobiles*. On va dire quelques mots de ces deux classes de constructions.

Le mode d'établissement des barrages *fixes* varie avec leur importance, et dépend d'une foule de circonstances locales. Quelques pieux, des branchages, des pierres et du gravier suffisent pour barrer un très petit cours d'eau et mettre ses eaux à la disposition du cultivateur; mais quand il s'agit de travaux plus solides, les méthodes varient à l'infini.

Les barrages à paroi verticale du côté d'aval sont, en général, rapidement détruits par les affouillements qui se produisent à leur pied. On les remplace presque toujours par des barrages à plan incliné. L'une des méthodes les plus simples de construction de ces ouvrages consiste à battre deux files de pieux et palplanches (fig. 87) réunis par des moises longitudinales et transversales;

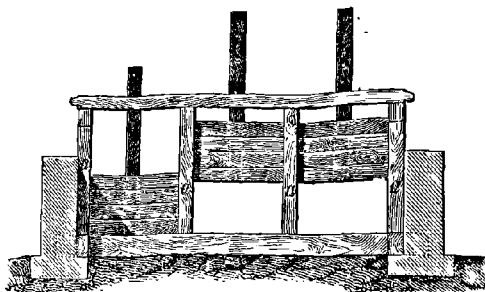


Fig. 84 (0,04). Élévation.

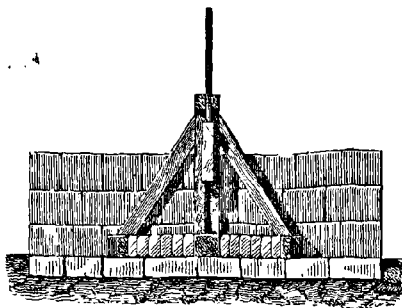


Fig. 85 (0,04). Coupe.

ce coffrage est rempli de moellons bruts laissant entre eux le moins de vide possible. Les glacis supérieurs sont formés avec de gros moellons ayant au moins 0^m,60 de queue, et posés jointivement. On jette d'autres moellons en amont de la construction, et en aval on drague le sol sur une certaine étendue; on enfonce de petits pieux à tête saillante dans cette fouille, et on remplit les vides avec des moellons formant un radier sur lequel l'eau achève de perdre son excès de vitesse.

Pour les barrages plus élevés que les précédents, on emploie souvent la construction suivante. On bat (fig. 88) deux lignes de pieux et palplanches reliés par

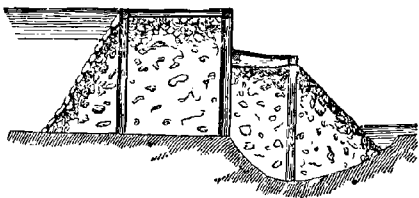


Fig. 88 (0,005).

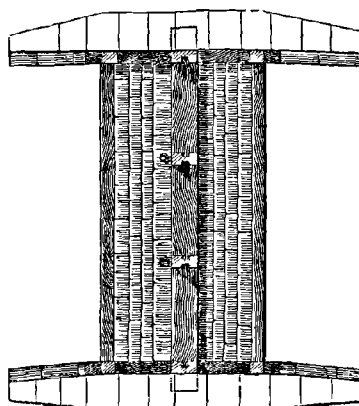


Fig. 86 (1,01). Plan.

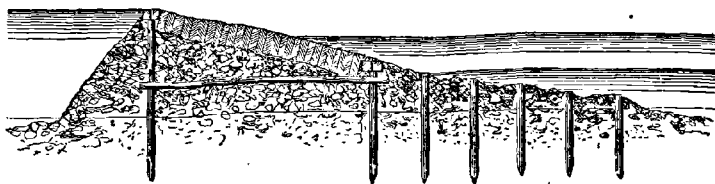


Fig. 87 (0,005).

des moises, et formant un coffrage de la hauteur que doit avoir le barrage. On remplit ce coffrage de moellons et on le recouvre de madriers jointifs. En aval de ce barrage, on établit un radier en charpente divisé en gradins si la chute est considérable.

On construit quelquefois des barrages au moyen de pierres perdues jetées dans le lit de la rivière; peu à peu les interstices des pierres se remplissent de sable, et le barrage retient bien l'eau; mais on emploie ainsi, en général, beaucoup de pierres, de sorte qu'en définitive ce mode de construction, très simple en apparence, est en réalité plus coûteux que les précédents.

On peut souvent former des barrages très économiques, et cependant assez durables, au moyen de couches alternatives de fascines et de gravier; de forts piquets fixent entre elles et au sol les divers rangs de fascines. On donne à ces barrages une pente très douce en aval, et on maintient le pied par une rangée

de pieux, suivie d'un enrochement ou d'une série de fascines ou paniers remplis de gravier qui forment l'arrière-radier de l'ouvrage.

L'arête supérieure des barrages doit être arasée aussi horizontalement que possible, afin que le déversement de l'eau ait lieu d'une manière plus uniforme. Dans quelques barrages on construit un véritable déversoir sur une certaine largeur, et on élève le reste du barrage au-dessus du niveau des eaux. A moins de circonstances exceptionnelles, cette disposition ne semble pas présenter d'avantage véritable.

Dans les petits ruisseaux on dispose généralement les barrages en ligne droite perpendiculaire au cours d'eau. Pour les ouvrages plus importants, il convient d'adopter une ligne brisée ou un arc de cercle dont la convexité soit tournée vers l'amont. Cette disposition rejette l'eau vers le milieu du lit et diminue les remous et les affouillements. On doit, en tout cas, éviter au-

tant que possible de faire des barrages de plus de 2 mètres ou 2^m,50 de hauteur, car la construction deviendrait alors très difficile.

Les barrages *mobiles* ont l'avantage de s'enlever complètement en temps de crues, et de laisser à l'eau tout l'espace nécessaire à son écoulement. Il existe un très grand nombre de dispositions de barrages mobiles. L'un des plus simples et des plus employés dans ces derniers temps a été imaginé par M. Poiréc. On en trouve maintenant la description dans tous les ouvrages de navigation; mais pour les petits travaux dont nous parlons maintenant, une vanillierie, semblable à celle que nous avons décrite ci-dessus (fig. 82), est ce qu'il y a de plus convenable. On manœuvre les vannes en raison du remous dont on a besoin, et on les lève complètement en temps de crue. Quand la vanillierie n'a qu'une dizaine de mètres de largeur, on la met en ligne droite; si elle est plus considérable, il convient de la disposer, comme les barrages fixes, en chevron brisé dont le sommet est du côté d'amont. On lui donne ainsi plus de rigidité et de force pour résister à la poussée.

La construction des barrages est toujours difficile et demande beaucoup de soins et de précautions que nous ne saurions indiquer ici. Nous recommanderons seulement, comme l'une des précautions les plus indispensables, de bien enraciner les ouvrages dans les deux rives, où se trouvent presque toujours les points les plus exposés.

Canaux et rigoles d'irrigation. Après avoir indiqué les différents moyens de se procurer de l'eau, il faut étudier les dispositions des ouvrages qui servent à conduire cette eau du point où elle est réunie jusqu'aux champs à arroser.

On distingue plusieurs classes de canaux d'irrigation, qui diffèrent les uns des autres par leurs dimensions et la nature des ouvrages qu'ils nécessitent. Les uns conduisent l'eau depuis la prise jusqu'au point où commencent les irrigations. Ce sont les canaux d'amenée proprement dits; leur débit est à peu près constant sur toute leur étendue. Les canaux d'arrosage leur font suite; sur ces derniers s'embranchent les différentes rigoles ou canaux secondaires, dont les ramifications plus ou moins nombreuses portent l'eau jusqu'aux rigoles du dernier ordre qui sillonnent les terres arrosables. — On indiquera plus loin la disposition du sol à irriguer; pour le moment, il ne s'agit que d'examiner les canaux et les rigoles qui apportent l'eau au cultivateur.

On ne saurait donner de règles générales pour déterminer, dans chaque cas particulier, le tracé des canaux et des rigoles principales d'irrigation. On ne peut qu'indiquer les conditions générales auxquelles doivent satisfaire ces travaux, dont les études exigent toute la sagacité de l'ingénieur.

Le volume Q , d'eau à débiter par seconde, la pente par mètre I , et la section Ω d'un canal sont liés entre eux par les relations que nous avons précédemment indiquées (2^e section), savoir :

$$RI = 0,000024u^3 + 0,000366u^2$$

$$R = \frac{\Omega}{Z} \quad Q = \Omega u$$

dans lesquelles, comme on sait, u représente la vitesse moyenne, et Z le périmètre mouillé. Mais il ne faut pas croire que l'une de ces quantités étant donnée, toutes les autres peuvent être choisies arbitrairement. Les vitesses de l'eau dans les canaux, et, par suite, les pentes par mètre, sont renfermées dans des limites assez étroites. Le tableau que nous avons donné à propos des canaux de dessèchement, et qui indique les

vitesses que l'eau ne doit pas dépasser dans différents terrains, est également applicable au cas actuel.

Plus la vitesse est grande, plus la section du canal pour un débit donné peut être faible, et plus par conséquent sont réduits les frais d'ouverture des canaux et les pertes d'eau par infiltration et par évaporation. Mais, d'un autre côté, les grandes vitesses nécessitent de fortes pentes qui réduisent d'autant la hauteur à laquelle on peut amener les eaux d'arrosage, et entraînent d'ailleurs d'autres inconvénients. Le choix de la pente des différentes parties d'un canal ou d'une rigole d'irrigation se trouve ainsi déterminé par un grand nombre de circonstances et de considérations qui doivent être soigneusement étudiées dans chaque cas particulier. Les auteurs donnent, du reste, à cet égard des indications très variables, et les travaux exécutés montrent qu'en effet il serait impossible d'indiquer par un seul nombre les pentes les plus convenables. En général, on peut admettre que la vitesse, dans les grands canaux, doit être comprise entre 0^m,20 et 0^m,50 par seconde.

Les pentes des grands canaux d'arrosage peuvent varier de 0^m,10 à 0^m,30 par kilomètre. Celles des rigoles secondaires peuvent atteindre 1 mètre ou 1^m,20; mais il est rare qu'il convienne de dépasser cette dernière limite, à moins de circonstances exceptionnelles, quoiqu'on en rencontre plusieurs exemples dans le tableau suivant, où se trouvent réunis quelques chiffres relatifs aux pentes de certains canaux existants.

Désignation des canaux :	Pentes par kilomètre :	
	m.	m.
Rigoles d'arrosage en pays de montagnes, dans le Tyrol, les parties hautes des Alpes, etc.	2,00	6,00
Canaux d'Alaric, de la Gespe et de Tarbes.	2,22	5,00
Canal du Bazer (Haute-Garonne).	0,24	0,40
Canal de Craponne.	0,86	2,30
Canal des Alpes (parties modernes).	0,30	0,50
Canaux de Saint-Julien, de Cavailon, etc.	0,45	1,60
Canal de Marseille.	0,30	1,00
Canal de Pierrelate.	0,13	0,44
Canal d'Ivrée (Piémont).	0,52	1,23
Canaux particuliers modernes dans le Piémont.	0,36	0,84
Naviglio-Grande (Milanais).	0,20	1,55
Canal de Pavie.	0,18	0,44
Canaux particuliers modernes du Milanais.	0,27	0,62

Quand on a fixé, à l'aide des considérations précédentes et de l'étude sur le terrain, le profil en long d'un canal ou d'une rigole, et que l'on connaît d'ailleurs la portée qu'il doit avoir, la détermination du profil en travers ne présente plus en général de difficulté et ne demande que quelques essais. On donne presque toujours à la section d'un canal la forme d'un trapèze dont les côtés qui forment les berges sont également inclinés. Cette inclinaison dépend de la nature des terres; elle varie de 1 à 2 mètres de base pour 1 mètre de hauteur. Dans les terrains très peu résistants on est même obligé d'adopter des talus à pentes encore plus douces; dans les sols très compactes, on peut au contraire rapprocher les talus de la verticale. Certains canaux ouverts dans le rocher, ou garnis de revêtements en maçonnerie, présentent même une section rectangulaire. — Il serait avantageux, comme nous l'avons déjà remarqué, de donner aux canaux, au moment de leur creusement, la forme concave que l'eau tend à leur faire prendre. Dans tous les cas, la crête de la berge doit être à 0^m,30 ou 0^m,40 au moins au-dessus du niveau de l'eau.

Exécution des canaux, terrassements et ouvrages d'art.
 Le creusement des canaux ou rigoles dans les terrains ordinaires ne présente aucune difficulté particulière. Si le canal est fortement en déblai, il faut interrompre par des banquettes la continuité du talus. Dans les canaux un peu importants, on laisse une banquette à la hauteur de la flottaison du côté du chemin de halage. Les talus, du reste, sont recouverts de gazons semés ou rapportés. Lorsqu'on traverse des terrains éboulés, on défend les rives par des clayonnages ou par des fascines, soutenus par des pieux, ou même par des murs, si les pierres sont abondantes. Quand le terrain le permet, le tracé du canal est tel que le terrain extrait de la fouille sert à former à droite et à gauche deux digues qui complètent le profil en travers adopté. Quelquefois aussi le canal est entièrement en remblai. Dans ces deux cas, il faut apporter le plus grand soin à l'exécution des digues, piocher la surface du sol pour que le raccordement de la terre se fasse bien, pilonner le remblai par couches, et enfin le gazonner sur toute sa surface. L'inclinaison des talus de ces digues varie, en général, de 4 à 2 mètres de base pour 4 mètre de hauteur. La largeur de la digue en couronne est ordinairement égale à la profondeur de l'eau du canal.

Lorsque les canaux ou rigoles traversent des terrains perméables qui absorbent une grande quantité d'eau, on doit essayer de les étancher. Les cuvettes en béton ou en maçonnerie sont presque toujours des ouvrages trop coûteux pour les petites entreprises agricoles. Dans les travaux qui nous occupent, il faut recourir seulement à des corrois en terre grasse, pilonnés sur le fond et les bords des canaux, avec les précautions indiquées en parlant des réservoirs. Quand les filtrations ne sont pas trop considérables, on peut souvent les arrêter plus économiquement en délayant dans l'eau du canal du sable fin et des terres argileuses. Ces matières, entraînées par l'eau, pénètrent dans les fissures du sol et finissent par les boucher.

Les travaux d'art que nécessitent les grandes entreprises d'irrigation sont les mêmes, pour la plupart, que ceux des canaux de navigation. Nous ne parlerons ici que des ouvrages de moindre importance qui se rencontrent même dans les petits canaux d'irrigation, ou qui sont spéciaux à ce genre de travaux.

On est souvent forcé de faire passer une rigole ou un canal d'arrosage au-dessus d'un cours d'eau naturel. Lorsque la hauteur du canal est assez considérable, un simple aqueduc ordinaire, ou un petit pont sur lequel passe le canal avec son profil de remblai, laisse au cours d'eau son écoulement habituel; mais quand le ruisseau se trouve à peu près à la même hauteur que le canal, on est obligé d'avoir recours à un aqueduc syphon en maçonnerie, ou en fonte et maçonnerie. Nous n'insistons pas du reste sur ce genre d'ouvrage; il ne se rencontre que dans des travaux importants et nécessite le concours d'un constructeur de profession.

Les ponts et ponteaux à établir au-dessus des canaux et rigoles d'irrigation, pour conserver les chemins qu'ils traversent, se construisent en pierre et plus souvent en bois. Leur portée est généralement assez faible, et quelques poutres, réunies par des longrines et un plancher, suffisent pour les établir.

Le terrain que doit traverser un canal présente quelquefois une pente supérieure à celle qu'il convient d'adopter. On est obligé, dans ce cas, de partager la longueur totale du canal en différents biefs, d'une pente convenable, séparés par des différences brusques de niveau, obtenues au moyen d'ouvrages plus ou moins importants. Dans les grands canaux d'Italie, qui servent à la fois à l'irrigation et à la navigation, les biefs sont séparés les uns des autres par des

écluses ordinaires avec pertuis accolés et barrages ou déversoirs, pour assurer le passage de l'eau nécessaire aux arrosages, lorsque le service de l'écluse ne suffit pas pour atteindre ce but. Dans les petits canaux on se borne à séparer les biefs par des chutes formées d'une ou de plusieurs vannes établies dans un ouvrage en maçonnerie, défendu à sa partie d'aval par un radier capable de résister aux affouillements. Les fig. 89, 90

Fig. 89 (0,01). Élévation.

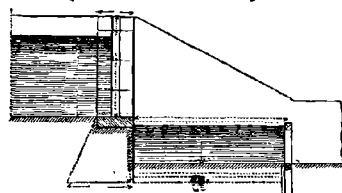
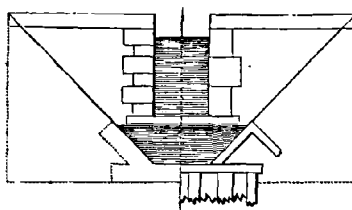


Fig. 90 (0,04). Coupe en long.

représentent la disposition des chutes établies sur les rigoles secondaires d'irrigation en Belgique. Ces petits ouvrages d'art sont formés d'un massif en maçonnerie dans lequel est ménagée une ouverture rectangulaire de la largeur du plafond de la rigole. Les banquettes des biefs inférieurs et supérieurs viennent s'appuyer contre le massif de maçonnerie. Un revêtement en briques, retenu à l'aval par une rangée de palplanches peu épaisses, moisées à leur partie supérieure, défend, contre les affouillements, le plafond et les banquettes du bief d'aval. Des rainures, ménagées dans les bajoyers de la chute, reçoivent la vanne en bois qui règle l'écoulement de l'eau d'un bief dans le bief suivant. Une barre de fer méplat percée de trous est fixée au milieu de la vanne. Cette barre de fer passe dans l'œil d'une traverse, également en fer, scellée dans les bajoyers, et permet de maintenir la vanne à la hauteur voulue, au moyen d'une cheville placée dans un trou convenablement choisi.

On peut établir en bois des ouvrages analogues, plus économiques de construction, mais plus dispendieux d'entretien.

Les rigoles d'arrosage, même de petites dimensions, peuvent rendre de très grands services pour le transport des engrais et des récoltes. Il convient, quand il en est ainsi, de supprimer les chutes ou du moins de les remplacer par de véritables écluses à sas, mais d'une construction très simple. L'emploi d'un barrage mobile, analogue à celui de M. Thénard, peut offrir, dans ce cas, de grandes économies.

Parmi les ouvrages les plus indispensables sur les canaux d'arrosage, se trouvent les vannes de décharge et les prises d'eau établies au point d'embranchement d'une rigole sur une autre. Les dispositions de ces ouvrages varient avec leur importance et le goût des constructeurs; il suffira d'indiquer les suivantes :

Les fig. 91 et 92 montrent la disposition d'une vanne de décharge construite sur le canal de Marseille.

Les fig. 93 et 94 représentent une prise d'eau à

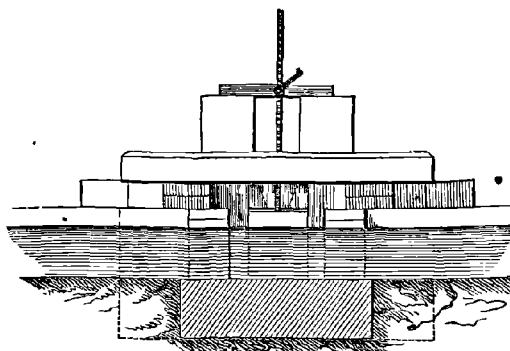


Fig. 91 (0,04). Élévation d'amont.

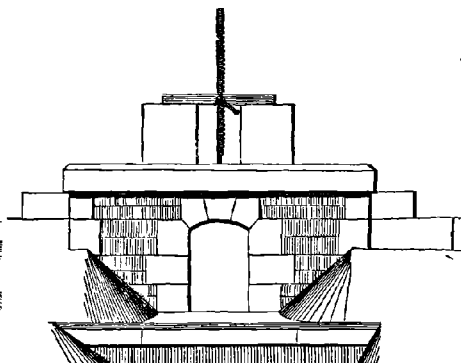


Fig. 92 (0,04). Élévation d'aval.

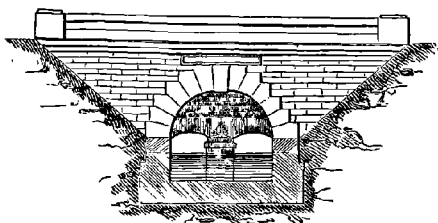


Fig. 93 (0,005). Élévation d'aval.

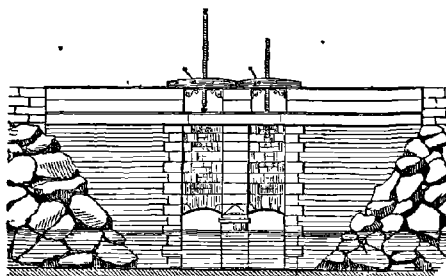


Fig. 94 (0,005). Élévation d'amont.

deux vannes du canal de Peyrolles (Bouches-du-Rhône). Cet ouvrage est d'un aspect satisfaisant; la pile, qui partage la grande voûte en deux parties, a pour but de réduire à une grandeur convenable la largeur de ces vannes.

Pour les prises d'eau des petites rigoles sur les ruisseaux, ou sur les canaux secondaires, on emploie avec avantage une vanterrie semblable à celle qui a été décrite ci-dessus (fig. 84, 85, 86). Au canal de Marseille, les prises d'eau peu importantes sont disposées comme l'indique la fig. 95.

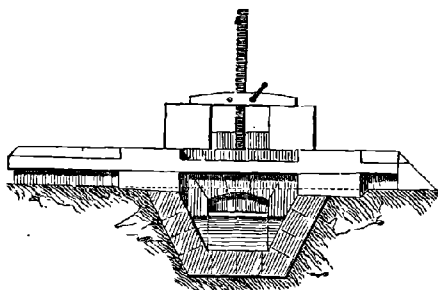


Fig. 95.

Machines à élever l'eau. L'emploi des machines à élever l'eau pour les irrigations présente une très grande importance dans les pays où, comme en France, la propriété est extrêmement divisée, et où les populations ne comprennent point encore assez les avantages de l'association. Il est rare, en effet, qu'un propriétaire possède une assez grande étendue de terrain pour qu'elle

puisse supporter à elle seule les frais d'établissement d'un canal d'amenée, construit à force d'indemnités sur le terrain d'autrui. Les machines, au contraire, peuvent s'établir partout, sur les bords des cours d'eau, au droit de chaque intéressé, sans soulever les réclamations des riverains, et sans rencontrer les entraves administratives. Il convient donc de les étudier avec soin et de ne pas les rejeter comme trop coûteuses. On verra, en effet, qu'elles offrent souvent le moyen le plus économique de se procurer de l'eau.

Les grandes pompes, les vis, les roues à palettes et les écopés à vapeur dont nous avons parlé ci-dessus, au sujet des dessèchements, peuvent également servir comme machine d'irrigation. On trouve dans le *Dictionnaire* tous les renseignements nécessaires à l'établissement des différentes machines hydrauliques; il serait inutile de revenir ici sur ce sujet; nous nous bornerons à mentionner les appareils les plus convenables pour l'objet qui nous occupe.

Le manège des maraichers, que tout le monde connaît, est employé pour les puits d'une assez grande profondeur. Il ne saurait convenir, dans sa forme habituelle, que pour l'arrosage de cultures très productives, et ne constitue pas une machine d'irrigation proprement dite. On pourrait peut-être en dire autant des *norias* (voy. ce mot) employées dans la culture maraichère du midi. Cependant cet appareil paraît susceptible d'applications en grand, et nous pourrions citer, aux environs de Toulouse, des prairies irriguées avec bénéfice au moyen de norias. On emploie en Espagne des norias grossières, construites avec des cordes et des vases de terre. Nous conseillons l'usage d'appareils plus perfectionnés: l'économie qu'ils produiront compensera rapidement l'augmentation des frais de leur établissement.

Les roues à godets et les tympans (voy. ces mots), par la simplicité de leur construction et la régularité de leur marche, sont probablement les machines les plus convenables pour les irrigations. Nous citerons, enfin, la machine de Japelli, qui paraît devoir fournir d'excellents résultats, et qu'il serait désirable de voir plus répandue.

Les différentes machines dont il vient d'être question, et les autres de même nature, peuvent être mises en jeu suivant leur importance et la disposition des lieux, par des moteurs animés, des roues hydrauliques ou la vapeur. Le vent, en raison de son irrégularité surtout pendant la saison des arrosages, nécessite, en général, l'établissement de réservoirs pour conserver l'eau élevée pendant la marche du moulin.

Partage des eaux entre les intéressés. Quand l'eau est rare et vivement recherchée par les intéressés, comme cela arrive dans les pays où les irrigations sont appréciées à toute leur valeur, la répartition de l'eau entre les ayants droit devient une source fréquente de réclamations et de procès. Les appareils de distribution prennent alors une très grande importance et leur construction, très difficile, du reste, pour arriver à des résultats rigoureux, mérite de fixer l'attention d'une manière d'autant plus spéciale que l'on doit reconnaître l'imperfection des moyens proposés ou employés jusqu'à présent pour cet objet.

L'eau se vend généralement, sur les canaux d'irrigation français, à raison d'un prix fixé par hectare arrosé. Cette méthode est on ne peut plus vicieuse; elle porte l'usager à gaspiller l'eau au lieu de la ménager, et donne lieu à une foule de contestations. Il conviendrait de vendre l'eau au mètre cube. L'un des problèmes d'hydraulique agricole les plus intéressants serait de trouver un moyen simple d'évaluer, avec certitude, la quantité de liquide livrée à chaque usager.

Le débit d'une vanne dépendant à la fois de la section qu'elle présente et de la charge d'eau qui existe au-dessus d'elle, on a proposé l'emploi d'une double vanne, percée d'une ouverture rectangulaire, que l'on peut ramener à l'aide d'une vis ou d'une crémaillère, à une hauteur constante au-dessous du niveau de l'eau. La vante destinée à fermer au besoin l'ouverture dont on vient de parler reçoit un mouvement indépendant de celui de la vanne, de sorte qu'elle peut laisser libre, dans chaque circonstance particulière, la section dont on a besoin.

L'appareil que l'on vient de décrire exige une surveillance continue et doit être manœuvré toutes les fois que le niveau de l'eau change dans le canal où se fait la prise. D'autres ingénieurs ont voulu rendre inutile la surveillance de leurs vannes, et charger l'eau elle-même de les maintenir à la hauteur voulue. A cet effet, ils ont suspendu la vanne régulatrice, à l'aide d'une forte traverse, à deux flotteurs en tôle placés dans un bassin communiquant directement avec le canal. Ce dernier procédé paraît fort ingénieux et produit, sans doute, de bons résultats. On est cependant forcé de reconnaître qu'il est, comme le précédent, un peu compliqué, et qu'il demande encore quelques améliorations de détail.

C'est dans le Milanais et le Piémont que les appareils régulateurs offrent le plus d'intérêt et se présentent en plus grand nombre. On trouvera sur ces constructions tous les détails nécessaires dans le *Traité des irrigations en Italie* de M. Nadauld de Buffon. Il suffira d'en indiquer ici le principe. Lorsqu'il s'agit seulement de partager, en un certain nombre de parties égales ou proportionnelles le débit d'un canal, on établit dans son lit régularisé en amont, sur une assez grande longueur, un *partiteur* formé de petits murs terminés chacun par une arête verticale. L'eau ainsi divisée se dirige dans les nouveaux canaux dont les petits murs

forment l'entrée. Ce moyen ne peut donner des résultats rigoureux que dans le cas du partage de l'eau en deux parties égales; dans tous les autres cas on ne peut arriver que par des tâtonnements assez longs à un partage à peu près convenable.

Les difficultés sont plus grandes encore pour dériver d'un canal un volume déterminé, quelle que soit la hauteur de l'eau. On n'y parvient également que d'une manière approximative, même à l'aide des régulateurs employés dans le nord de l'Italie, qui sont cependant jusqu'à présent les appareils les plus parfaits et les plus pratiques que l'on connaisse; mais ils ont l'inconvénient d'exiger une certaine chute, et, par conséquent, de ne livrer l'eau qu'à un niveau inférieur à celui du canal lui-même, ce qui est un véritable inconvénient dans les pays plats, où l'on n'amène que difficilement l'eau à la hauteur nécessaire. La partie principale des régulateurs milanais est une espèce de bassin qui reçoit l'eau du canal au moyen d'une vanne, et la livre aux bouches des rigoles par des ouvertures, ordinairement rectangulaires, qui doivent être complètement noyées du côté du bassin. L'eau n'arrive dans le bassin qu'en passant par-dessous une vanne, dont l'ouverture est déterminée de manière que l'eau, dans le bassin, soit notablement plus basse que dans le canal, et plus élevée que dans les rigoles situées au-delà des bouches. Il résulte des pertes de charge, dues aux différentes inflexions que les filets d'eau subissent en passant sous la vanne et dans les bouches, que les variations de niveau sont moindres dans le bassin que dans le canal, et moindres encore dans le canal de fuite, de sorte que des variations de niveau assez considérables dans le canal n'exercent sur le débit qu'une influence peu sensible.

Prix de revient de l'eau obtenue par différentes méthodes. Le prix de revient de l'eau dépend évidemment d'une foule de circonstances, et il est impossible de donner à ce sujet une règle générale. Dans chaque cas particulier, on pourra parvenir à évaluer le prix du mètre cube d'eau, en divisant la somme de l'intérêt du premier établissement et de l'entretien annuel des ouvrages par le volume obtenu; les faits et les chiffres que nous allons citer ne sont destinés qu'à fournir quelques exemples et certains éléments des prix de revient.

(a) *Eau fournie par les grands canaux d'arrosage.* La plupart des grands canaux d'arrosage du midi de la France sont de création ancienne; on ignore, pour la plupart, le prix d'établissement, et il serait à peu près impossible de faire connaître le véritable prix de revient du mètre cube d'eau. Les chiffres suivants sont les prix payés par les usagers, aux propriétaires des canaux, par hectare arrosé. La consommation est d'ailleurs assez variable et généralement beaucoup trop grande :

Désignation des canaux.	Prix d'arrosage par hectare.
<i>Département des Bouches-du-Rhône.</i>	
Canal des Alpines.	33,00
Canal de Peyrolle.	33,00
Canal de Craponne, branche de Saint-Chamas.	36,00
Canal de Marseille.	60,00
<i>Département de Vaucluse.</i>	
Canal de Crillon.	23,44
Canal de Cambis.	23,44
Canal de Bonaventure.	28,51
Canal de Cabedan-Neuf.	27,00
Canal de Carpentras.	25,00
<i>Département de la Drôme.</i>	
Canal de Pierrelatte.	50,00

(b) *Eau élevée par machines.* Le prix de l'eau obtenue au moyen de machines varie avec le moteur, la machine employée et une foule de circonstances locales. On a donné quelques renseignements à ce sujet en parlant des dessèchements; on va les compléter par quelques autres indications spécialement applicables aux irrigations.

Le travail de l'homme est trop cher en France pour être appliqué aux irrigations proprement dites. Il ne saurait convenir que pour l'arrosage des cultures potagères. Examinons donc les machines mues par d'autres moteurs :

1° *Machines mues par les animaux.* Les bêtes de trait peuvent, dans certains cas, être appliquées avec avantage à l'élévation de l'eau pour les irrigations. En admettant que la machine élévatrice employée soit mue par un manège et fournisse 0,6 de travail utile, les nombres de mètres cubes d'eau élevés à 4 mètres de hauteur, par jour seront environ :

	m. cub.
Pour un cheval de	669,0
— boeuf de	622,0
— âne de	493,5

Ces chiffres permettent de calculer facilement le prix du mètre cube d'eau élevé à une hauteur donnée, quand on connaît le prix de la journée des animaux, la valeur de la machine et sa durée approximative.

2° *Moulins à vent.* Les moulins à vent sont, en général, peu convenables pour fournir de l'eau aux irrigations. L'irrégularité de leur marche oblige presque toujours à construire des réservoirs d'une grande capacité, dont les frais d'établissement augmentent beaucoup le prix de revient de l'eau. Cependant ils peuvent rendre des services dans certaines localités, et l'on peut citer d'utiles applications des petits moulins, se régularisant eux-mêmes, établis par M. Durant.

3° *Moteurs hydrauliques.* Le prix du travail des moteurs hydrauliques est très variable; cependant en général il est assez bas, et toutes les fois que la disposition des lieux le permet on doit l'utiliser pour les irrigations.

4° *Machines à vapeur.* Les machines à vapeur présentent, sous beaucoup de rapports, de grands avantages comme moteurs des appareils à élever l'eau pour les irrigations; à prix égal il convient toujours de leur donner la préférence. Les nombres suivants ont été généralement adoptés comme éléments de prix pour différents projets d'irrigation dans le midi, notamment pour les travaux de la Camargue. Ces prix, du reste, paraissent supérieurs à la vérité. On a admis que les machines élévatrices ne donneraient que 0,5 d'effet utile, et on a établi les calculs des machines à vapeur sur cette base, ce qui revient à doubler leur force. Dans cette hypothèse, le prix des machines ont été évalués de la manière suivants :

	de 20 à 40 chevaux	40 à 80	80 à 160	160 à 320
Achat par cheval.	4200	4100	4000	3900
Transport —	—	—	—	—
Pose —	420	400	80	60
Bâtiments —	500	440	330	250

Le prix des machines élévatrices, dans les meilleures conditions d'établissement, ne doit pas dépasser 450 fr. par cheval. Nous croyons même qu'avec plusieurs appareils ce prix serait trop élevé.

Nous allons indiquer maintenant quelques chiffres obtenus par expérience. M. Peyret Lallier, avec une machine de cinq chevaux seulement, fait un arrosage qui ne revient qu'à 12 fr. par hectare, en élevant l'eau à 2 mètres. M. Taylor, de Marseille, a construit pour la Camargue des machines dans le système de Cornouailles, qui ne consomment que très peu de charbonnet

qui pourraient irriguer, en élevant l'eau à 2 mètres, à raison de 5 à 6 fr. par hectare.

(c) *Eau des réservoirs.* L'eau de pluie ou de petits cours d'eau, réunie à l'aide de réservoirs, revient ordinairement à très bas prix. Le mètre cube coûte :

Au réservoir de Grosbois, canal de Bourgogne.	0,025
— de Chazilly, — — — — —	0,047
— de Cercey, — — — — —	0,007
— de Couzon, canal de Givors.	0,042
— de M. d'Angeville, à Lauprès.	0,0094
A l'étang de Bréviande.	0,0026

(d) *Puits artésiens.* On cite, aux environs de Tours, six puits artésiens qui ont coûté ensemble 48,600 fr., et qui fournissent 80 litres par seconde.

III EMPLOI DES EAUX D'IRRIGATION.

Après avoir indiqué les ouvrages à exécuter pour obtenir les eaux et les amener jusqu'aux terres à arroser, il nous reste à faire connaître comment on les emploie, à exposer en un mot la pratique des irrigations.

On distingue trois espèces principales d'irrigations : les irrigations par *submersion*, les irrigations par *déversement* sur les terrains inclinés, et enfin les irrigations sur les terrains *disposés en ados*. Nous allons indiquer en quoi consistent ces méthodes d'irrigation, auxquelles se rapportent plus ou moins directement quelques autres systèmes particuliers d'arrosage, nécessaires à certaines cultures spéciales ou à quelques opérations particulières.

Egouttement. Quelle que soit du reste la méthode adoptée, il faut que l'irrigateur ait toujours présent à l'esprit ce principe élémentaire de toute irrigation bien faite : *l'eau doit pouvoir arriver partout et ne séjourner nulle part.* La nécessité de l'égouttement des terres arrosées oblige à créer à côté de toutes les rigoles d'arrosage des rigoles d'égouttement, quand la disposition du sol ne l'assure pas naturellement. Ces rigoles d'égouttement, que l'on désigne sous le nom général de *colateurs*, ont une très grande importance et forment un réseau aussi étendu que celui qui sert à l'arrosage. Les rigoles d'égouttement deviennent, en se réunissant, de véritables canaux d'assainissement, dont les pentes et les sections sont réglées de manière à suffire très largement au débit de toutes les eaux qu'ils doivent recevoir. On peut admettre comme règle pratique que les rigoles ou canaux colateurs ont à peu près les mêmes sections que les rigoles et canaux d'arrosage correspondants et des pentes un peu plus fortes que ceux-ci. Cette règle approximative conduit évidemment à des dimensions qui seraient exagérées dans de grands ouvrages, mais qui peuvent convenir pour des entreprises d'importance moyenne.

Irrigations par submersion dans les terrains à peu près horizontaux. Les irrigations des terrains très peu inclinés se font souvent par submersion, en recouvrant toute l'étendue du sol d'une couche d'eau plus ou moins épaisse, que l'on renouvelle à des intervalles déterminés. La disposition du terrain, pour les irrigations de cette espèce, se rapproche beaucoup de celle qui a été décrite en parlant des colmatages. Seulement les digues qui forment les bassins partiels se réduisent à de simples bourrelets de 0m,20 à 0m,25 de hauteur environ. Ces bourrelets sont établis horizontalement, formés avec les terres extraites de petits fossés, ouverts à leur pied, et servant à l'assainissement du terrain quand on enlève les eaux. L'écartement des bourrelets de terre dont on vient de parler dépend de la pente naturelle du sol, mais il ne doit en aucun cas dépasser 30 à 40 mètres. Les différents bassins communiquent,

à leur partie supérieure, avec le canal d'arrosage, et à leur partie inférieure avec les rigoles d'égouttement. La forme du terrain ne permet pas toujours de mettre tous les compartiments en communication directe, comme on vient de le dire, avec les canaux d'égouttement et d'arrosage. Dans ce cas, les différents compartiments communiquent les uns avec les autres par les petits fossés creusés au pied des bourrelets de terre; l'eau arrive dans le compartiment le plus élevé et s'échappe par le plus bas. On interrompt les communications entre les différents compartiments au moyen d'une ardoise, d'une tuile ou d'une planche mince enfoncée dans les petits canaux de communication, aux points où ils traversent les digues.

Irrigations par déversement sur les terrains en pente. Ce mode d'irrigation est le plus répandu en France; il est très économique et convient parfaitement dans les pays montagneux et dans les petites vallées à coteaux fortement inclinés; il peut également, avec du soin, s'appliquer aux prairies à faible pente. Il consiste, en principe, en une série de rigoles tracées suivant les lignes de niveau du terrain, répandant l'eau sur le sol par déversement du côté de la pente et alimentées par des rigoles communiquant avec un canal de prise d'eau. On introduit successivement l'eau dans les différentes rigoles horizontales en barrant immédiatement au-dessous d'elles la rigole alimentaire, au moyen d'un gazou ou même d'une pelle en bois ou en tôle. L'eau déversée par chaque rigole horizontale s'écoule à la surface du sol en pente; la partie non absorbée par la terre, les plantes ou l'évaporation, tombe dans la rigole suivante, qui la reverse, à son tour, sur le terrain inférieur avec l'eau qu'elle reçoit directement de la rigole alimentaire.

L'écartement des rigoles horizontales dépend de la plus ou moins forte inclinaison du sol, de sa forme particulière et de son degré de perméabilité. Cet écartement varie, dans le plus grand nombre des cas, de 40 à 20 mètres. Pour que l'eau arrive facilement dans toute l'étendue de la rigole de déversement, et se répande avec régularité, il faut que ces rigoles aient, au plus, une cinquantaine de mètres de longueur.

L'exécution des rigoles horizontales ne présente aucune difficulté. On détermine, avec un niveau et une mire, des points plus ou moins rapprochés appartenant aux lignes horizontales du sol. On trace à la bêche ou à la charrue, entre les points ainsi déterminés, et en suivant les ondulations du terrain, les rigoles à ouvrir. On donne quelquefois au fond de ces rigoles, en les approfondissant de leur origine à leur extrémité, une pente de 0^m,002 à 0^m,005 par mètre; mais leurs arêtes doivent être parfaitement horizontales, ce que l'on obtient toujours sans difficulté au moyen de légers écrêtements et de quelques remblais. On peut, du reste, en introduisant l'eau dans les rigoles, obtenir une ligne parfaitement horizontale pour diriger cette partie du travail. Les rigoles horizontales ont de 0^m,08 à 0^m,025 de profondeur, 0^m,05 à 0^m,18 de largeur au fond, et des talus plus ou moins inclinés selon le degré de consistance de la terre. Les rigoles qui amènent l'eau de la partie la plus élevée du champ alimentent en général les rigoles horizontales qui s'embranchent sur elles à droite et à gauche de son cours. Il convient, par conséquent, pour que l'introduction de l'eau se fasse partout avec la même facilité, que la rigole alimentaire soit à peu près perpendiculaire au système des rigoles horizontales.

La disposition des ouvrages que l'on vient d'indiquer doit évidemment varier avec la forme du terrain, la position des canaux de prise d'eau, etc.; de sorte qu'il est impossible de donner un plan applicable à toutes les localités; mais les règles générales que l'on vient de poser permettent toujours de tracer les ouvrages

dans chaque pré donné. Cette méthode d'arrosage s'applique à tous les terrains dont la pente générale dépasse 0^m,04 à 0^m,05 par mètre.

Le mode d'irrigation dont on vient de parler s'applique très facilement dans les petites vallées, en faisant dans le cours d'eau une dérivation à faible pente, tracée à flanc de coteau, et dans laquelle on fait les prises d'eau pour les terrains arrosables situés entre la rivière et la dérivation. Les eaux surabondantes s'écoulent dans le lit du cours d'eau qui forme le colateur naturel de l'irrigation.

Les parties du pré voisines des rigoles, du côté où elles déversent, s'améliorent plus rapidement que les autres. Il est bon de déplacer les rigoles tous les deux ou trois ans, en comblant les anciennes avec les terres extraites des nouvelles.

Irrigations sur les terrains disposés en planches inclinées. On a cherché à obtenir sur les terrains à faibles pentes les avantages de l'irrigation par déversement dont il vient d'être question. On y parvient facilement en disposant le sol en planches présentant une inclinaison de 0^m,04 à 0^m,08 par mètre, et séparées par des ressauts brusques. On ménage une rigole d'égouttement au bas de chaque planche et une rigole d'arrosage au sommet. La longueur des planches est limitée par celle des rigoles d'arrosage qui ne doivent pas avoir plus de 40 mètres, depuis leur embranchement sur la rigole alimentaire jusqu'à leur extrémité. Une longueur de 20 à 25 mètres est généralement préférable. La largeur des planches varie de 2 à 6 ardens. Les rigoles d'arrosage et d'égouttement ne diffèrent pas d'ailleurs de celles qui vont être décrites en parlant des ados.

Irrigations sur les terrains disposés en ados. Ce dernier genre d'irrigation n'est avantageusement applicable qu'aux terrains en plaine ne présentant qu'une assez faible pente. C'est le mode le plus perfectionné d'arrosage, celui qui permet le mieux d'économiser et d'utiliser les eaux. Les billons ou ados sont, comme on sait, des planches de terre plus ou moins longues, présentant deux surfaces en pentes opposées, ou *aites*.

Une rigole d'arrosage est ménagée au sommet de chaque billon et une rigole d'égouttement au fond du pli formé par la réunion des ailes de deux billons contigus. La forme, les dimensions et les dispositions des ados varient, dans certaines limites, d'un pays à un autre. Deux exemples suffiront pour faire nettement concevoir ce genre d'ouvrages.

Les fig. 96, 97 et 98 feront comprendre les dispositions le plus généralement adoptées pour l'établissement des ados dans la campagne belge (1), où cette question a été l'objet de l'étude la plus attentive de la part des ingénieurs. Le terrain est ordinairement divisé en compartiments de 67^m,30 de largeur et d'une longueur variable avec la distance des rigoles principales d'irrigation et d'égouttement. Au milieu de chaque compartiment, et dans le sens de sa longueur, est établie la rigole de distribution *a*, destinée à alimenter les rigoles d'irrigation et de déversement *b*.

La rigole de distribution *a* s'embranché sur l'une des rigoles principales d'irrigation. La rigole d'égouttement *c* longe les ados du côté du pignon; elle reçoit les eaux recueillies par les petites rigoles d'égouttement *d* pratiquées à l'intersection des ailes *t*, qui forment les ados.

La rigole *a* communique avec la rigole d'alimentation *e* au moyen d'une buse en bois de 0^m,20 d'ouverture (fig. 99). Le plafond de la rigole *a* présente une pente de 0^m,002 par mètre; sa largeur est de 0^m,70. La crête de cette rigole est établie à 0^m,20 en contre-haut du plafond, à son origine. Les talus sont inclinés à 3

(1) *Études sur les irrigations de la campagne, etc.*, p. 186. Paris, Mathias, quai Malaquais, 18.

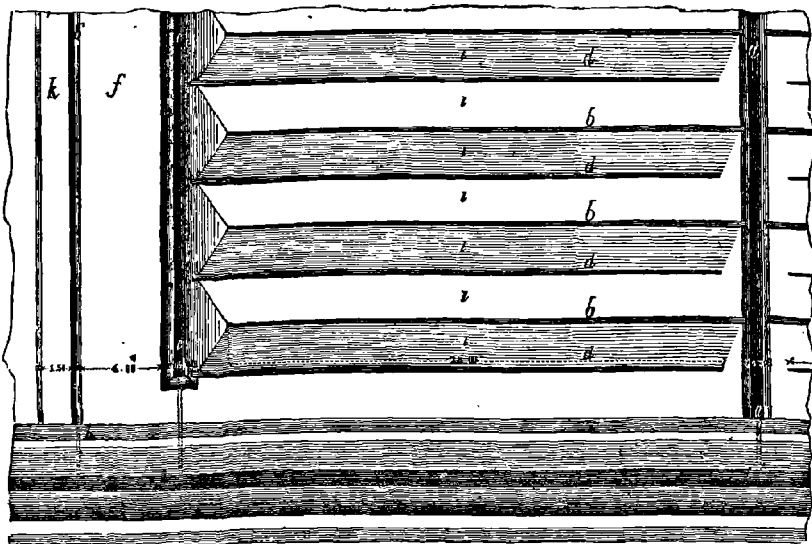


Fig. 96 (0,0025). Plan



Fig. 97 (0,005). Coupe en long.



Fig. 98 (0,005). Coupe en travers.

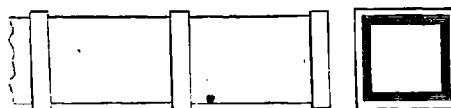


Fig. 99 (0,05).

de base pour 2 de hauteur. Lorsque la pente naturelle du terrain dépasse celle qui est assignée à la rigole de distribution *a*, on rachète la différence de ces deux pentes en partageant la longueur de cette rigole en biez plus ou moins longs, séparés par de petites chutes.

Les ados ont 25 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur; ils sont formés de la réunion de deux plans inclinés en sens contraire, présentant une pente de 0^m,20 répartie sur une largeur de 2^m,50.

Les rigoles de déversement *b* sont, autant que possible, perpendiculaires à la rigole de distribution *a*. La largeur des rigoles *b*, à leur origine, est de 0^m,25. Leur plafond, horizontal ou incliné de 0^m,0005 par mètre, est établi à 0^m,10 au-dessous de la crête de la rigole *a*; leur profondeur est de 0^m,05.

Les rigoles d'égouttement *d* sont parallèles aux rigoles de déversement; leurs crêtes sont horizontales et à 0^m,20 en contre-bas des crêtes des rigoles *b*. La largeur des rigoles d'égouttement est de 0^m,15 à leur origine et de 0^m,30 à leur point de rencontre avec la rigole d'évacuation *c*; leur profondeur, dans ce dernier

point, est de 0^m,25, et se réduit à 0^m,10 à l'autre extrémité.

Les rigoles d'évacuation *c* ont une pente de 0^m,003 au moins; leur largeur au plafond est de 0^m,60, et leur profondeur est de 0^m,40.

Les chemins de culture *f* ont 4 mètres de largeur et une pente totale en travers de 0^m,25; ils sont irrigués par une rigole *b'* de 0^m,30 de largeur et de 0^m,40 de profondeur, communiquant avec la rigole alimentaire par une buse *k* de 0^m,10 d'ouverture.

Les digues *k* ont 4^m,50 de largeur et 0^m,30 de hauteur au-dessus de la partie supérieure du chemin irrigué *f*. Ces contre-forts recevront des plantations d'aulnes, ou d'autres arbres, qui serviront de clôture entre les différentes séries d'ados, et formeront, par leur ensemble, un système d'abris appelés à jouer un rôle des plus importants dans l'amélioration agricole de la campagne.

Les dispositions que nous venons d'indiquer pour l'établissement des ados sont le plus généralement adoptées; elles n'ont cependant rien d'absolu. Ainsi quelques agronomes distingués, en Belgique, donnent

aux ailes des ados une largeur de 15 à 20 mètres, et portent leur longueur jusqu'à 400 et même 425 mètres. Mais l'élément le plus variable dans les travaux de cette nature est l'inclinaison des surfaces arrosées. On ne dépasse presque jamais la pente de 0^m,08 par mètre adoptée dans le dessin dont nous avons donné la description, mais quelquefois on la réduit beaucoup; il existe des ados dont les ailes ne présentent qu'une pente de 0^m,02 à 0^m,03 par mètre.

Le système de rigoles et ados que l'on vient de décrire s'exécute de la manière suivante :

La première opération à faire, pour disposer un terrain à l'irrigation, consiste à fixer aux ouvriers, en plan et en hauteur, la position des points principaux des rigoles; ils les exécutent ensuite en dessinant leur profil au moyen de plaques de gazon de bruyères ayant 0^m,15 de côté sur 0^m,04 d'épaisseur. Ce premier travail exécuté, on procède au défoncement qui doit être poussé à 0^m,60 de profondeur au moins, et on donne en même temps au terrain le relief exigé. On laisse habituellement à la surface du sol défoncé la couche de terre qui s'y trouvait primitivement. Dans quelques localités où la nature du sous-sol le rend propre à la culture, on le ramène à la surface du champ. Ces défoncements s'exécutent presque toujours à la bêche (on sait qu'il est facile avec cet instrument de ramener le sous-sol à la surface ou de le laisser dans sa position naturelle). Quelques cultivateurs, guidés par un sentiment d'économie mal entendue, ont exécuté des défoncements moins profonds que nous ne l'avons indiqué; les résultats obtenus ne paraissent pas satisfaisants. Il paraît qu'en Belgique il faut plutôt chercher à augmenter qu'à diminuer la profondeur à laquelle on remue les terres qui doivent être irriguées.

La dépense totale pour les parties de terrain traitées comme on vient de l'indiquer, s'élève à 394 fr. 82 c. par hectare, répartie de la manière suivante :

	fr.	c.
Terrassements pour la formation des ados.	460	»
Toilette des terrassements.	48	»
Emploi et façon de 50 mètres cubes de compost.	65	»
Plantations servant d'abris.	47	»
Buses en bois.	48	»
Achat de graines.	72	37
Frais d'ensemencement.	44	55
Planches de roulage et brouettes.	5	40
Journées d'ouvriers pour maintenir l'eau dans les rigoles pendant les sécheresses.	27	50
Total.	394	82

Les ados le plus ordinairement employés dans les Vosges (fig. 400) diffèrent un peu des précédents. Ils sont en général plus courts, les ailes ont quelquefois 6 mètres de longueur, mais le plus ordinairement 4 mètres seulement, et en général une largeur égale à un multiple de 2 mètres, parce que, dans les Vosges, la faux coupe l'herbe sur cette largeur à la fois. Les rigoles des sommets des ados, 4, 4, ont 0^m,30 de largeur et 0^m,15 de profondeur à leur origine, et seulement 0^m,15 de largeur et 0^m,10 de profondeur à leur extrémité. Leur pente est sensiblement nulle. La pente des ailes est de 0^m,04 par mètre au moins. Les rigoles principales d'irrigation et d'assainissement 3 3,

Coupe sur A B.

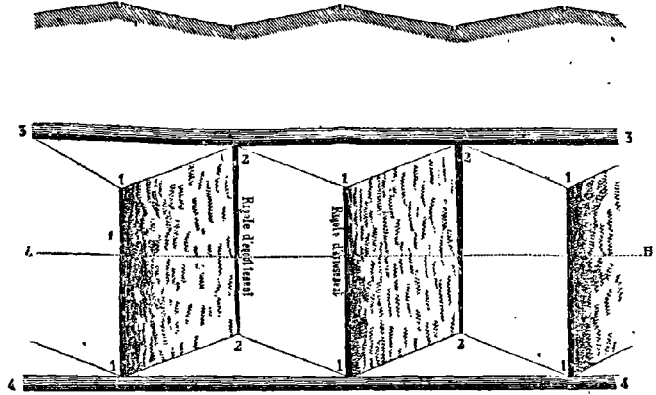


Fig. 400 (0,0025).

4 4, sont payées 0^r,10 le mètre cube. Toutes les rigoles secondaires des ados coûtent 0^r,005 le mètre courant. On les exécute avec une hache (fig. 401) et un louchet

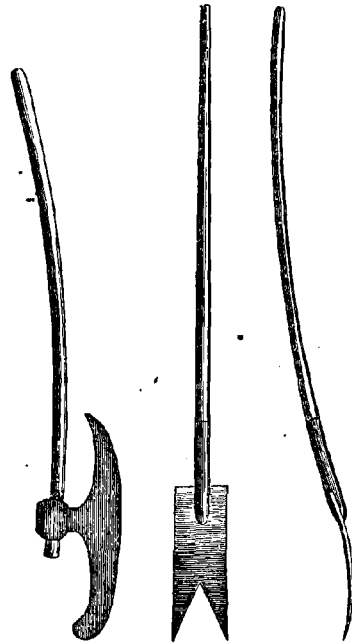


Fig. 401 (0,05).

Fig. 402 (0,05).

(fig. 402). L'enlèvement du gazon et sa remise en place après la formation de l'ados sont payés 0^r,02 le mètre carré dans les prés ordinaires, et 0^r,03 dans les prés marécageux.

On vient d'indiquer, par deux exemples, les dispositions principales des ados; il faut, pour terminer ce sujet, examiner les motifs qui peuvent déterminer les formes et dimensions à adopter et la disposition relative des séries d'ados.

La longueur des planches ne doit pas dépasser 35 à 40 mètres, pour que l'eau arrive et se répande convenablement jusqu'à leur extrémité. La pente générale

du terrain fixe du reste la longueur qu'il convient de leur assigner, au-dessous de cette limite, pour que les terrassements nécessaires à l'établissement du niveau de leurs crêtes soient les plus faibles possible. On peut d'ailleurs, quand la pente du terrain le rend nécessaire, partager l'ados en sections horizontales plus ou moins longues, établies à des hauteurs différentes et séparées par de petites chutes égales, en hauteur, à la différence du niveau des deux parties de la rigole d'imbibition.

La largeur des ailes des ados doit être un multiple de la portée du coup de faux dans le pays où on les établit, pour que la récolte des foins se fasse avec plus de facilité. Cette largeur, du reste, ne doit pas être trop considérable pour que l'eau n'arrive pas au bas de l'aile épuisée de principes fertilisants. Toutes choses égales d'ailleurs, on peut faire des ailes d'autant plus larges que l'eau est plus abondante et de meilleure qualité et que l'inclinaison adoptée est plus forte. Dans les circonstances ordinaires, une largeur d'aile de 6 à 7 mètres paraît un maximum, et une largeur de 2 mètres un minimum. Le cube des terrassements, nécessaire à l'établissement des ados sur un terrain donné, est d'ailleurs d'autant moins considérable que leur largeur est moindre. Mais l'économie qui résulte de cette circonstance peut se trouver compensée par l'accroissement de sujétion, d'entretien et de soins résultant de l'accroissement du nombre de rigoles.

étaient rectilignes et parallèles, et où par conséquent les ados avaient des formes rectangulaires. Il n'en est pas toujours ainsi; mais il faut autant que possible se rapprocher de ces formes, et sacrifier plutôt complètement la régularité de quelques planches, pour donner aux autres la disposition la plus avantageuse. Il serait impossible de fournir à cet égard des renseignements un peu complets sans multiplier outre mesure les exemples de plans d'irrigations, et sans leur consacrer une place dont nous ne pouvons disposer.

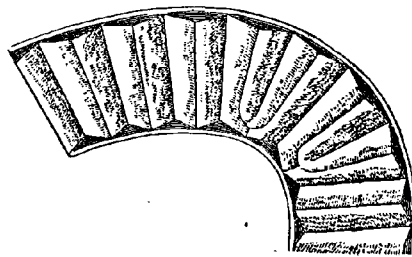


Fig. 403 (0,001).

Nous avons seulement montré (fig. 403) deux cas élémentaires auxquels peuvent se ramener la plupart de

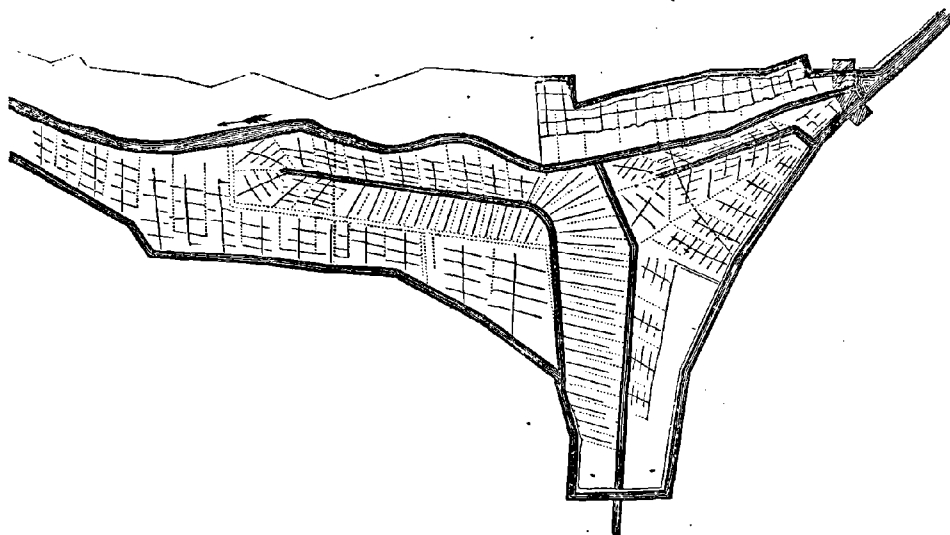


Fig. 404.

La pente des ailes dépend d'une foule de circonstances; en général, plus le terrain est poreux, plus elle doit être considérable; mais jusqu'à présent il n'existe pas d'expériences assez positives pour formuler une règle générale. On peut dire seulement qu'elle ne doit pas être au-dessous de 0,04 ni au-dessus de 0,08 par mètre.

L'exposition la plus convenable des ados est du nord au sud, afin que les deux ailes reçoivent également l'action des influences atmosphériques.

La disposition générale de l'ensemble d'un système d'ados dépend nécessairement de la forme du terrain dont on dispose. On a supposé, dans tout ce qui précède, que l'on opérât sur un terrain régulier, où les rigoles principales d'arrosage et d'assèchement

ceux que rencontre la pratique. Quand la rigole alimentaire présente une courbe brusque, comme on le voit à droite de la figure, on dispose les rigoles d'arrosage des ados en éventail, et l'on donne à ceux-ci la disposition indiquée; quand, au contraire, la courbe de la rigole principale est assez peu prononcée, on se borne à donner aux ados une forme trapézoïdale facile à déterminer dans chaque cas particulier.

La fig. 404 offre un exemple remarquable de l'ensemble d'un système d'irrigation établi dans un terrain de forme irrégulière, obtenu par le dessèchement de l'étang Corian, en Bresse. Ne pouvant pas multiplier les exemples de plans généraux d'irrigation, nous avons choisi celui dont il s'agit parce qu'on y trouve réunies des dispositions de rigoles et des formes assez variées-

AGRICULTURE

La superficie de cet étang est de 30 hectares. Les parties qui présentaient une pente suffisante, de 0^m,04 environ par mètre, sont arrosées par déversement; les parties plates sont disposées en billons. Dans les eaux moyennes, les ruisseaux et les sources qui arrosent ce terrain débitent ensemble 433 litres par seconde. Ce volume d'eau pourrait par conséquent servir à l'irrigation d'une surface beaucoup plus considérable. La dépense totale s'est élevée à 670 fr. par hectare. L'étang rapportait avant les travaux moins de 25 fr. par hectare; il produit actuellement plus de 490 fr. par hectare.

Irrigations par reprises d'eau. Dans ce qui précède on a supposé que l'eau ne passait qu'une fois sur le sol, et que celle qui n'était point absorbée retournait immédiatement dans les canaux d'égouttement. Dans les méthodes d'irrigation par déversement, on a vu cependant que l'eau en excès pouvait descendre d'une planche sur l'autre, mais toujours plus ou moins mélangée avec de l'eau venue directement des rigoles d'alimentation. Lorsque l'eau est très peu abondante on est obligé de l'employer avec une grande économie, et de faire repasser sur le sol celle qui n'est pas immédiatement absorbée. C'est ce qu'on appelle irrigation par reprise d'eau. Cette méthode peut s'appliquer aux systèmes de plans inclinés et au billonnage. Dans les deux cas la disposition des ouvrages varie avec l'inclinaison du sol. Nous nous bornerons encore ici à deux exemples, ne pouvant pas entrer dans les nombreux détails que nécessiterait l'examen complet de la question.

Considérons d'abord un pré disposé en plan incliné (fig. 405), sur un terrain présentant une certaine pente

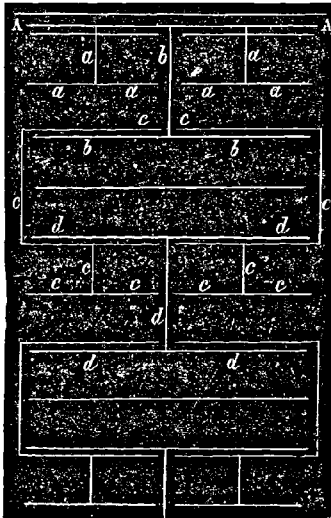


Fig. 405.

- AA Rigole alimentaire.
- aaa Rigoles d'arrosage de la première planche.
- bbb ————— deuxième planche.
- ccc Rigoles d'égouttement de la première planche arrosant la troisième.
- ddd Rigoles d'égouttement de la deuxième planche arrosant la quatrième, et ainsi de suite.

générale. L'eau arrivant par la rigole d'alimentation AA se déversera sur les plans inclinés au moyen des rigoles horizontales aa, bb. L'eau en excès du premier compartiment sera recueillie par les rigoles d'égouttement c, c, qui la porteront dans les rigoles de

AGRICULTURE.

déversement du troisième compartiment. De même l'eau en excès du deuxième compartiment sera répartie sur le quatrième; celle du troisième sera reportée au cinquième et ainsi de suite. On voit qu'il faut que la pente générale du terrain soit telle, dans l'exemple considéré, que les rigoles d'égouttement d'un compartiment soient de niveau ou un peu plus élevées que les rigoles de déversement du second compartiment après celui que l'on considère. La longueur de chaque compartiment doit être calculée en conséquence. Si la pente du terrain était assez faible pour qu'on fût obligé de donner trop de longueur à un compartiment, il faudrait faire passer l'eau d'une série non plus à la seconde série après elle, mais à la troisième ou même à la quatrième. Dans ce cas il faudrait conduire l'eau du canal directement jusqu'à la troisième série ou même jusqu'à la quatrième, afin que la cinquième puisse être arrosée par l'eau surabondante de la première, et ainsi de suite.

Supposons maintenant qu'il s'agisse de séries d'ados (fig. 406), l'échelle de la figure n'a pas permis de re-

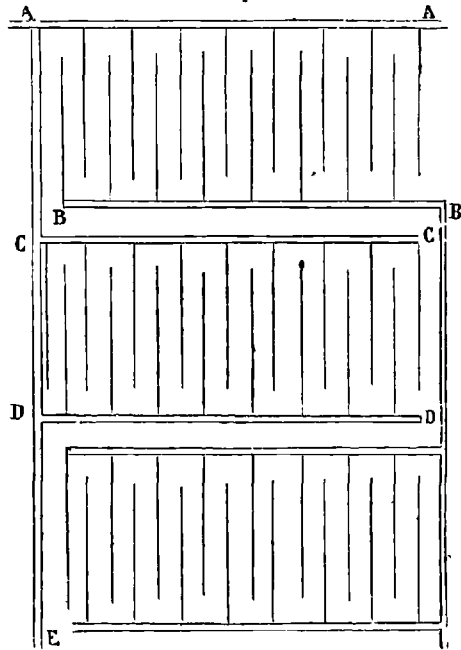


Fig. 406.

- AA Rigole d'alimentation principale arrosant directement la première division, et par ACC la deuxième.
- BB, Colateurs de la première division, arrosant la troisième.
- DDE, Colateurs de la deuxième, pouvant arroser la quatrième, et ainsi de suite.

présenter les billons eux-mêmes parallèles aux rigoles d'alimentation AA. Ainsi que l'indique la légende, les deux premières séries de billons reçoivent directement l'eau du canal d'alimentation AA. L'eau égouttée de la première série arrose la troisième, celle de la deuxième est conduite sur la quatrième, et ainsi de suite. Il faut, pour que cette disposition soit admissible, que le produit de la pente par mètre du terrain, multipliée par la longueur d'une série de billonnages, soit égal ou même un peu inférieur à la différence de niveau des rigoles alimentaires et d'égouttement de chaque série. Si la pente du terrain était moindre, il

faudrait que les eaux égouttées d'une série soient conduites à une série plus éloignée que la seconde après elle. On cite des irrigations par reprise d'eau dans lesquelles les colatures sont conduites à la sixième série de billons après celle où elles sont recueillies. Ce cas se présente dans un terrain dont la pente générale n'est, il est vrai, que de 0^m,004 par mètre.

L'eau abandonne promptement ses principes fertilisants en passant sur le sol; elle ne les retrouve qu'après une longue exposition à l'air et un long parcours à la surface du sol; les parties du terrain qui ne reçoivent les eaux qu'après leur passage répété sur les planches ou les billons se trouvent donc beaucoup moins bien partagées que celles qui les reçoivent directement; cependant dans les pays secs, où les eaux sont naturellement ou artificiellement riches en principes fertilisants, les irrigations par reprises d'eau peuvent rendre de grands services; elles seront d'autant plus importantes que la pratique des irrigations se répandra et se perfectionnera davantage.

Les irrigations par infiltration ne diffèrent pas, quant à la disposition des travaux, des irrigations par rigoles horizontales dont nous avons parlé. Seulement, au lieu de faire déverser l'eau par-dessus les bords des rigoles, on se borne à les remplir d'eau qui s'infiltré peu à peu à travers le sol. Quelquefois aussi, pour certaines cultures, on se borne à introduire l'eau entre les planches labourées et à la laisser pénétrer dans la terre par absorption capillaire.

Limonaiges, eaux animalisées. Souvent les eaux sont employées non-seulement pour rafraîchir les plantes et leur apporter les matières qu'elles renferment naturellement en dissolution, mais encore pour transporter sur le sol des substances fertilisantes qu'elles tiennent naturellement ou artificiellement en suspension. Ces dernières applications des procédés généraux d'irrigation constituent la pratique des limonaiges et des arrosages avec les eaux chargées d'engrais. Les limonaiges sont assez répandus en France et y produisent d'excellents résultats; mais l'emploi des eaux rendues artificiellement fécondantes y est à peine connu; nous insisterons particulièrement sur cette source certains d'améliorations immenses pour notre agriculture.

Les colmatages, dont nous avons déjà parlé, se transforment par une transition difficile à préciser en limonaiges. Il est rare que des opérations d'irrigation bien conduites ne produisent pas un peu de limonaiges, c'est-à-dire ne déposent pas sur le sol une plus ou moins forte couche de matières terreuses fertilisantes. Toute irrigation produit donc, jusqu'à un certain point, des limonaiges; mais nous voulons parler des opérations spécialement dirigées dans ce sens. Les irrigations par submersion se prêtent surtout au limonaige des terrains. Dans les autres arrosages le limon se dépose presque entièrement dans les rigoles horizontales, d'où on l'extrait, pendant les curages, pour le répandre sur le sol.

Dans certains cas, on recueille les limons au moyen d'ouvrages spéciaux et on les répand ensuite sur la terre. Ces ouvrages portent le nom de bassins de limonaiges. Ce sont de larges conduits en briques, en terre pilonnée, ou même en planches, dans lesquels on reçoit l'eau pour la laisser reposer et recueillir son dépôt. Ces bassins sont séparés les uns des autres par de petites planches formant déversoir, afin que le liquide passe d'un bassin à l'autre sans soulever les dépôts déjà accumulés. Si les bassins eux-mêmes ont une trop grande longueur, ou que l'eau y circule avec une certaine vitesse, on les partage en compartiments, par des planches verticales formant barrages, au-dessus desquelles l'eau s'écoule lentement.

Sur les bords d'un grand nombre de ruisseaux et de rivières, en France, on a transformé en excellentes

prairies des grèves arides, au moyen d'irrigations et de limonaiges. Ces entreprises, du reste, ne peuvent réussir qu'avec des eaux d'excellente qualité et très abondantes. De tous les exemples de travaux de cette espèce que l'on pourrait citer, nous nous bornerons à mentionner ceux des grèves de la Moselle, exécutés maintenant avec succès sur plus de 800 hectares de terrain. L'arrosage se fait par ados ou par plans inclinés. Les travaux préparatoires, y compris les canaux de prises d'eau, etc., coûtent de 6 à 4,200 fr. par hectare.

Les irrigations au moyen d'eaux chargées artificiellement de matières fécondantes sont employées depuis longtemps en Angleterre, et produisent les plus remarquables résultats. Beaucoup de fermiers n'emploient plus d'autre moyen de répandre leurs fumiers liquides sur les terres, que de les étendre de beaucoup d'eau et de les faire arriver sur les champs au moyen de machines à vapeur et de tuyaux fixes, sur lesquels s'embranchent des tuyaux flexibles en cuir ou en gutta-percha.

Les eaux d'égouts des villes offrent d'immenses avantages pour l'arrosage des terres cultivées. On connaît la belle application qui a été faite de cette méthode sur les domaines du duc de Portland, près de Mansfield.

La Commission des égouts de Londres avait chargé l'un de ses ingénieurs, M. Donaldson, de faire à cet égard quelques expériences en grand. Elles ont conduit aux résultats suivants : Avec des machines à vapeur et un personnel suffisant pour répandre par semaine 2,000 tonnes de liquide, l'engraisement est revenu, y compris la main-d'œuvre et les frais d'appareils, à 77 francs 20 cent. par hectare, recevant 125 tonnes de liquide. D'après les expériences de Smith, de Deanston, 80 tonnes d'eau d'égout équivalent à 279 kilog. de guano ou 50 tonnes de fumier de ferme. En supposant que le transport ait lieu à 400 mètres, l'application de 50 tonnes de fumier de ferme coûtera environ 24 fr. 25 c., et celle de 80 tonnes de liquide d'égout, avec des pompes et des tuyaux, ne reviendra qu'à 9 fr. 30 c.

La construction des égouts qui longent la Seine pourra donner lieu plus tard à de magnifiques travaux de cette espèce. Deux machines à vapeur établies à l'extrémité de ces égouts, en élevant leurs eaux, mélangées au besoin en proportions convenables avec de l'eau de la Seine, permettront d'irriguer et d'engraisser, presque sans frais, les prairies de Grenelle et de Neuilly.

On reviendra plus loin (chapitre V) sur le répandage des engrais liquides plus ou moins étendus d'eau. Nous voulons seulement parler ici d'une véritable irrigation avec des eaux contenant de très faibles proportions de matières fertilisantes, exécutée avec un grand succès par M. Batailler, aux environs de Montargis. Le principe de cette opération nous paraît susceptible d'un grand nombre d'applications extrêmement importantes.

Quelle que soit la disposition du sol, M. Batailler emploie pour mélanger à l'eau les matières fécales dont il se sert un mécanisme très simple que nous allons indiquer.

L'appareil dont il s'agit (fig. 407) se compose d'une cuve en maçonnerie dans laquelle tourne un agitateur à arbre vertical, mis en mouvement par un mécanisme quelconque. Dans le dessin, la force motrice est le vent agissant sur une espèce de panemore. La cuve en maçonnerie forme un véritable vase de Mariotte, fermé par des soupapes hydrauliques qui s'opposent à tout dégagement d'odeur. Lorsque le mélange est opéré, on arrête la machine : les parties insolubles de la matière fécale se précipitent et sont extraites par un

tuyau de décharge B, pour être ultérieurement répandues sur le sol. Quant au liquide, on le fait couler avec une vitesse uniforme dans la rigole d'irrigation., ou il se mélange avec l'eau pure amenée par le syphon C, en proportion déterminée, avant d'arriver sur les terres.

Formation des prairies. On trouvera plus loin, au sujet de la culture des prairies en général, ce qui se rapporte à l'entretien des prairies arrosées, à la nature des graminées qui doivent les composer, etc. Nous devons seulement indiquer ici les moyens et les précautions qui sont habituellement employés pour former le gazon des prairies et la couche de terre végétale, quand on opère, comme il arrive quelquefois, sur des sols stériles. La formation des prairies peut avoir lieu par semis ou par gazonnements. Quand on sème de la graine de foin au printemps ou à l'automne, autant que possible par un temps humide, il faut donner l'eau avec beaucoup de ménagement; si elle arrivait trop vite, elle entraînerait la graine et détruirait la végétation naissante; on doit se borner à entretenir la fraîcheur du sol. On peut, avec le secours seul de l'eau, former des prairies sur des sols arides; mais il convient, en général, de recourir à l'emploi toujours lucratif des matières fertilisantes, qui accélèrent singulièrement, surtout dans les terres médiocres, la formation du gazon. Beaucoup d'expériences intéressantes ont été faites sur ce sujet dans les bruyères irriguées de la Campine. L'un des moyens les plus employés consiste simplement à répandre, par hectare, et à mélanger à la herse un compost formé de 50 mètres cubes de gazons de bruyères et de 20 mètres cubes de chaux. Le tableau suivant indique plusieurs autres mélanges qui ont tous donné de bons résultats. Le n° 7 a été particulièrement employé sur une grande échelle par une des compagnies qui s'occupent de ces entreprises :

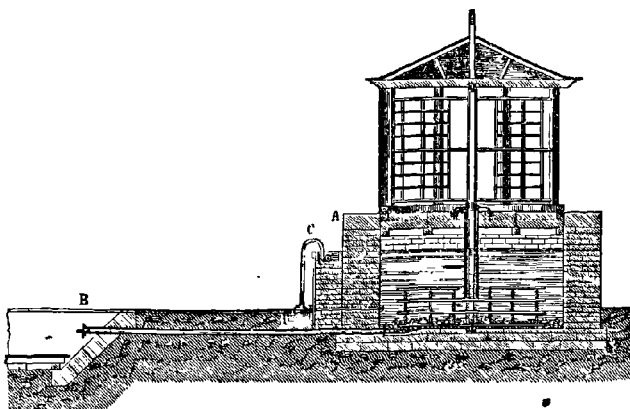


Fig. 407.

Nous ne citons, du reste, ces faits qu'à titre de renseignements. Chaque propriétaire emploie les matières dont il peut disposer, en tenant compte des résultats qu'elles doivent produire et de leur prix de revient.

La formation des prairies au moyen du gazonnement consiste tout simplement à appliquer à la surface des ados, ou des plans inclinés, des plaques de gazons enlevées sur le bord des chemins ou dans des prairies naturelles. Les gazons ont, en général, 0^m,45 à 0^m,30 de côté. Ils sont ordinairement disposés par lignes parallèles espacées de 0^m,40, ou bien séparés les uns des autres, en tous les sens, par une distance double de leur largeur. La transplantation des gazons, dans des circonstances favorables, coûte de 30 à 50 francs par hectare. On les bat pour les appliquer sur le sol et favoriser le tallement de l'herbe. On arrose immédiatement après l'application des gazons. Habituellement la surface est entièrement herbée en moins d'un an. Cette méthode donne des résultats qui paraissent, en général, inférieurs à ceux que fournissent les semis.

Exécution des travaux d'irrigation. Quel que soit le système d'irrigation adopté, le mode d'exécution des travaux et les études préalables qu'ils nécessitent sont toujours à peu près les mêmes. Bien qu'une grande habitude donne à certains ouvriers un coup d'œil d'une sûreté remarquable pour apprécier les pentes d'un terrain et les hauteurs de ses différents points, il convient toujours de faire précéder toute entreprise d'irrigation, même peu importante, d'un nivellement de la surface à arroser, rapporté sur un plan, comme nous l'avons indiqué en parlant des plans de drainage. Ce plan topographique permet de tracer de la manière la plus convenable les rigoles d'alimentation, et de déterminer avec certitude les dispositions de la surface qui nécessiteront le moins de terrassements. Les nivellements sur le terrain, la vérification de la pente des rigoles, etc., peuvent se faire au niveau de maçon, comme nous l'avons déjà dit. Quant aux instruments nécessaires aux terrassements d'irrigation, ils sont très simples et se rapprochent beaucoup de ceux qui sont habituellement employés dans les exploitations rurales; nous allons indiquer les principaux.

On emploie, pour tracer les rigoles dans les sols herbés et pour couper les gazons, la hache représentée par la fig. 408, ou celle dont il a été question ci-dessus (fig. 44 et 404). Ces instruments sont bien préférables, pour cet usage, à la bêche qui les remplace quelquefois. On a proposé, dans le même but, un instrument formé

Nos d'ordre.	SURFACES des parcelles.			COMPOSITION de l'engrais par hectare.			DÉPENSE par hectare.	
	h.	a.	c.	Boue de ville.	Noir animal.	Cendres de Hollande.	fr.	c.
1	7	75	50	500	500	500	306	60
2	7	75	40	4000	250	250	289	95
3	3	84	25	40	500	250	250	87
4	4	75	25	500	500	250	472	22
5	4	45	60	50	500	250	315	22
6	3	65	50	50	500	250	265	50
7	7	22	50	40	500	250	210	22
8	13	43	75	50 ¹	400	400	266	53
9	4	20	50 ²	500	500	250	280	87
40	80	35 ³	500	500	250	202	69	
44	4	75	35 ⁴	400	400	400	490	26
42	30	2000	2000	2000	2000	476	40	

¹ Compost formé de parties égales de boue de ville et de terre du Ruppel. — ² Compost précédant avec un 20^me de chaux. — ³ 45 mètres du compost, mélange de 7 mètres cubes de boue de ville et de 43 mètres cubes de terre du Ruppel. — ⁴ 43 mètres cubes du compost et 20 mètres cubes de terre du Ruppel.

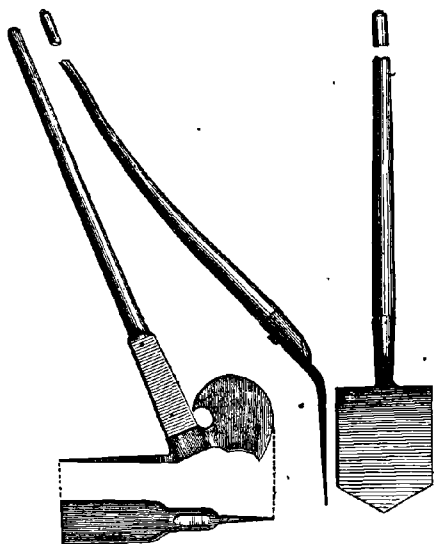


Fig. 408 (0,05).

Fig. 409 (0,05).

d'une roulette en tôle aiguisée à sa circonférence et placée à l'extrémité d'un manche. Il ne paraît pas que cet outil se soit beaucoup répandu. On emploie aussi une espèce de couteau (fig. 440), tiré par un homme à l'aide d'une corde passée dans l'anneau.

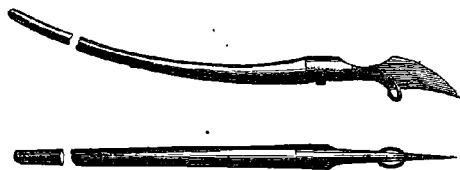


Fig. 440 (0,05).

Les bêches à lever le gazon ont l'une des formes indiquées par les fig. 402 (ci-dessus) ou 409. Elles le soulèvent en plaques bien régulières quand il a été d'avance coupé avec netteté. En France, on enlève le gazon par plaques rectangulaires de 0^m,45 à 0^m,20 de largeur, sur 0^m,30 ou 0^m,40 de longueur. Dans d'autres pays, et notamment en Allemagne, on le détache du sol par bandes plus ou moins longues, et on enroule ces bandes, qui ont jusqu'à 20 mètres, l'herbe en dedans, sur des bâtons assez longs pour que deux hommes puissent en saisir les extrémités et porter ces rouleaux de gazons aux points où ils doivent être appliqués, et où on les déroule comme un tapis. Ces rouleaux peuvent être abandonnés à eux-mêmes pendant un certain temps, pour faire périr les mousses, qui résistent moins longtemps que l'herbe à cette privation d'air et d'humidité.

L'ouverture des rigoles est l'opération qui se présente le plus souvent dans les travaux d'irrigation. On exécute entièrement ce travail avec des bêches ordinaires, ou bien on le commence à la charrue et on le termine à la main. On construit également, pour ouvrir les rigoles, de petites charrues à soc concave, garnies d'un versoir qui rejette la terre sur le côté. Ces instruments, connus sous le nom de *rigoleurs*, ont reçu des formes assez variées, que nous croyons inutile de décrire, parce que jusqu'à présent leur usage est peu ré-

pandu, et que les résultats qu'ils fournissent sont assez peu satisfaisants.

Les travaux de terrassements généraux pour le nivellement du sol s'exécutent à la pelle et à la pioche, ou à la bêche, et les transports se font à la brouette, ou au tombereau, quand les distances sont considérables. Mais dans des terrains convenables une étude attentive peut presque toujours éviter l'emploi de ce dernier moyen, qui augmente beaucoup les frais d'établissement des ouvrages.

Les billons se font généralement à la bêche, en creusant un peu l'intervalle entre les ailes et en rejetant le produit de cette fouille sur le sommet des planches. Ce travail préparatoire, dans les terrains assez réguliers, peut se faire en grande partie à la charrue, manœuvrée comme on le fait pour former les planches bombées ordinaires. Les rigoles d'arrosage des planches, le réglage et l'achèvement des terrassements se font toujours à la bêche.

Pratique des irrigations. Le mode d'emploi de l'eau sur les terres arrosées varie d'une culture à l'autre, et même pour chaque culture d'une contrée à l'autre. Nous aurons occasion, en parlant des cultures irriguées, d'indiquer le mode d'emploi de l'eau qui convient le mieux à chacune d'elles. Nous dirons seulement ici, pour ne pas y revenir, quelques mots sur l'irrigation des jardins.

Jardins nages. Les cultures maraîchères exigent, en général, beaucoup d'eau. L'irrigation permet de leur donner, dans certaines localités, un développement vraiment extraordinaire. Aux environs de Paris on tire l'eau des puits au moyen de manèges. Le haut prix des légumes permet aux jardiniers de supporter ce mode coûteux d'arrosage. L'eau, versée dans des tonneaux enfouis dans le sol, est répandue sur le terrain avec des arrosoirs, à raison de 36 litres par mètre carré et par arrosage. Dans le Midi et en Espagne on obtient l'eau au moyen de norias. Mais, quand les localités le permettent, on a recours à de véritables irrigations, comme on peut l'observer sur une très grande échelle à Cavailon, Château-Renard, dans le Midi, aux environs de Clermont-Ferrand et dans les célèbres hortillons d'Amiens. À Cavailon, la culture des melons, des artichauts et des légumes a pris une grande extension. Les produits de cette contrée sont exportés dans un cercle de plus en plus étendu et commencent déjà à venir à Paris comme primeurs. À Cavailon, le terrain est divisé en planches de 4^m,75 à 4^m,80 de largeur, entre lesquelles on ménage des rigoles de 0^m,28 de largeur. Les arrosages ont lieu tous les cinq jours pendant la saison, qui est de deux cents jours. Ces quarante arrosages consomment chacun environ 4,000 mètres cubes d'eau par hectare, ce qui fait 40,000 mètres cubes par saison, ou un débit de 2 litres 4/2 par seconde environ. Quand la capillarité du sol ne suffit pas pour humecter assez les plantes, on les arrose en projetant sur elles l'eau des rigoles avec des espèces d'écoques très plates.

Quantités d'eau nécessaires aux irrigations. Cette question est une des plus controversées et des plus difficiles à résoudre. Disons d'abord que la réponse varie dans chaque cas particulier et qu'il serait absurde de prétendre arriver à fixer un chiffre unique. Les expériences manquent malheureusement d'une manière à peu près complète sur ce sujet, et on ne possède que des résultats généraux dans lesquels il est fort difficile de distinguer l'influence de chaque élément de la question sur l'ensemble des phénomènes.

L'eau employée aux irrigations agit de plusieurs manières, qu'il est nécessaire d'analyser pour se rendre compte des principes qui peuvent guider dans l'étude qui nous occupe. L'analyse suivante, quelque imparfaite qu'elle soit, aura l'avantage d'appeler l'attention sur certains points particuliers de recherches et d'in-

diquer les éléments scientifiques de cette discussion.

Quand on veut exclusivement limonner un terrain, le résultat obtenu est évidemment proportionnel à la quantité d'eau que l'on peut faire reposer sur le terrain. Mais ce cas particulier écarté, dans les arrosages proprement dits l'eau peut se partager par la pensée, en plusieurs parties principales, savoir :

(a) L'eau absorbée par imbibition dans le sol pour l'entretenir à l'état de fraîcheur nécessaire à la végétation.

(b) Les pertes par infiltration à travers les sous-sols perméables, quand la disposition des lieux le permet.

(c) Les pertes par évaporation, soit que l'eau se trouve en nappes plus ou moins épaisses, soit qu'elle mouille seulement les végétaux et le sol qui les supporte.

(d) L'eau fixée par les végétaux.

(e) L'eau qui ne fait que passer sur le sol et retomber dans les rigoles d'égouttement, après avoir abandonné aux plantes l'oxygène et les autres gaz qu'elle tenait en dissolution.

Ecartons, pour un moment, les pertes par infiltration, qui sont souvent nulles, et prenons, au contraire, dans quelques circonstances, une valeur devant laquelle s'effacent toutes les autres causes de consommation d'eau ; laissons aussi de côté l'eau fixée par les végétaux, qui ne forme jamais qu'une faible fraction de la dépense totale, et bornons-nous à examiner les autres éléments de consommation d'eau.

Si on se reporte à ce qui a été dit ci-dessus des propriétés physiques des terres (chap. II), on pourra se rendre compte, jusqu'à un certain point, de la quantité d'eau nécessaire à l'imbibition, ou, au moins, des recherches à faire, dans chaque cas particulier, pour la déterminer. On a vu que l'on appelle terre fraîche celle qui contient plus des 0,40, et moins des 0,23 de son poids d'eau. Ces proportions répondent à des volumes de liquides qui varient avec le poids du mètre cube de terre, et qu'il est toujours facile de calculer quand l'expérience a fourni cette donnée. Cela posé, il est clair que si l'arrosage commence quand la terre ne renferme plus que 0,40 de son poids d'eau, et qu'il soit suspendu quand elle en contient 0,23, il sera facile d'apprécier le volume d'eau nécessaire à l'imbibition d'une couche d'une épaisseur donnée pour chaque arrosage et dans chaque cas particulier.

Les pertes par évaporation sont beaucoup plus difficiles à évaluer ; elles dépendent du climat, de circonstances locales, de la constitution du sol, de la nature des plantes, etc. On a fait connaître ci-dessus (DÉSÈCHÈMENTS) quelques-uns des faits relatifs à ce phénomène ; mais ils ne sont malheureusement pas rigoureusement applicables aux terres irriguées.

L'abondance des pluies, pendant la saison des arrosages, exerce d'autant plus d'influence sur la quantité d'eau qu'ils exigent, que ces arrosages, toutes choses égales d'ailleurs, sont moins fréquents, comme on le voit facilement en traduisant, en chiffres les explications précédentes.

Reste, enfin, à évaluer la quantité de liquide qui ne doit que passer sur le sol, celle qui sert à entretenir la vitesse d'écoulement et à abandonner aux plantes les gaz et autres éléments dissous que les eaux peuvent renfermer. On regarde une couche d'une épaisseur moyenne de 0^m,003, animée d'une vitesse de 0^m,005 par seconde, comme la plus petite quantité qu'il soit possible d'employer. Dans ces circonstances le débit est de 0^m,045 par seconde et par mètre courant. Il est clair que l'épaisseur de la couche d'eau varie, pour un même débit, avec la vitesse, c'est-à-dire avec l'inclinaison des pentes des surfaces arrosées. Mais, en admettant que le débit soit constant sur chaque unité de surface, on voit que la consommation totale d'eau devra varier avec la configuration des surfaces mouillées,

c'est-à-dire avec le rapport de la longueur à la largeur des planches.

Les observations précédentes permettent de se rendre compte des principales causes qui déterminent le volume d'eau nécessaire à une irrigation, et de se diriger dans quelques-unes des expériences qui permettront de fixer plus tard, avec connaissance de cause, cette quantité. Arrivons maintenant à quelques faits pratiques et à des conclusions numériques.

On estime de différentes manières la quantité d'eau nécessaire aux irrigations : les uns l'expriment par un écoulement permanent, en litres, par seconde ; d'autres par l'épaisseur de la couche liquide qui serait répandue sur le sol si toute l'eau employée s'y trouvait réunie au même instant ; d'autres, enfin, par le nombre absolu de mètres cubes d'eau employés par hectare et par saison d'arrosage. Il est facile de passer de l'une à l'autre de ces unités différentes. Il suffit, en effet, de multiplier le débit régulier, en litres, par seconde et par hectare, par le nombre 45,552 pour obtenir le volume total, en mètres cubes, dépensé par hectare en six mois, et par 4^m,5552 pour obtenir l'épaisseur, en mètres, de la couche d'eau correspondante ; et, réciproquement, de diviser le volume employé par hectare par 10,000 pour avoir l'épaisseur de la couche d'eau, ou, enfin, ce même volume par 4,5552 pour avoir le débit permanent, par seconde, correspondant, en litres. La quantité d'eau nécessaire à l'irrigation d'un hectare, pendant l'année, est égale au produit du nombre des arrosages par le volume d'eau donné à chaque arrosage. Ce volume et ce nombre d'arrosages sont donc les deux éléments essentiels de la question qui nous occupe. La durée de la saison des arrosages est très variable. Dans le Midi elle dure du 4^{er} avril au 30 septembre. Elle se réduirait sans doute à cinq mois dans le centre. Dans certaines contrées on arrose presque toute l'année.

M. de Gasparin admet, en termes généraux, que, dans le Midi, il faut donner un arrosage tous les quinze jours à la terre contenant 20 p. 100 de sable ; un tous les onze jours à celle en contenant 40 ; un tous les six jours à celle en contenant 60 ; un tous les trois jours à celle en contenant 80, et que chaque arrosage exige une couche d'eau de 0^m,08 à 0^m,40, ou 800 à 4,000 mètres cubes par hectare, ce qui répondrait, en adoptant le second nombre, aux consommations d'eau suivantes, par hectare, pour une période de 490 jours d'arrosage :

m. c.	lit.	Terres contenant
42,000	ou 0,77	par 4 ^m avec 20 p. 100 de sable.
46,000	4,03	— 40 —
30,000	1,92	— 60 —
60,000	3,83	— 80 —

Ces chiffres sont probablement des résultats d'expériences, mais ils sont certainement de beaucoup supérieurs aux besoins réels. On sait, en effet, que dans le Midi on gaspille généralement les eaux et que l'on n'emploie pas les colatures, qui sont toujours très abondantes. Avec des eaux de bonne qualité, un sol fécond ou convenablement fumé, et des travaux d'irrigation bien exécutés, c'est-à-dire permettant à l'eau de se répandre uniformément sur le sol, on peut admettre qu'une couche d'eau de 0^m,025 à 0^m,040 d'épaisseur, par arrosage, suffit dans tous les cas habituels. Comme on l'a déjà dit, l'eau employée aux irrigations peut avoir deux rôles très différents : s'il s'agit d'eaux troubles agissant par les limons qu'elles déposent, l'effet produit augmente continuellement avec la masse employée ; s'il s'agit, au contraire, d'eaux claires, servant seulement à humecter le sol, et que l'on cherche, non pas ce que l'on peut, mais ce que l'on doit dépenser, on reconnaîtra que la limite précédente est parfaite-

ment suffisante. Si l'on remarque, en effet, qu'une pluie de 0^m,01 suffit pour imbibber largement le sol à la profondeur où doivent pénétrer les arrosages, on verra que nous tenons compte des irrégularités de l'irrigation, en doublant ou quadruplant l'épaisseur de la couche d'eau nécessaire pour obtenir, artificiellement, le même résultat que celui produit par la pluie. Les irrigations en Italie fournissent, du reste, des chiffres peu différents de ceux auxquels nous arrivons, si l'on remarque que les colatures, soigneusement recueillies, servent une seconde et quelquefois une troisième fois à l'arrosage.

M. Puvis, après avoir cité plusieurs exemples, conclut qu'il faut donner au moins 0^m,40 d'épaisseur d'eau aux prairies par vingt-quatre heures, 0^m,30 au maximum et 0^m,20 en moyenne, et que le nombre de jours

sement des vannes, etc., on voit que l'on peut généralement admettre qu'un débit permanent de 0lit,50 par seconde et par hectare est, en moyenne, parfaitement suffisant, quand on considère l'ensemble d'une grande entreprise d'irrigation, où les trois genres de culture dont on vient de parler se trouvent réunis dans leurs rapports habituels. Il serait certainement préférable de pouvoir disposer d'un volume d'eau plus considérable, d'un litre par seconde, par exemple; mais cette abondance de richesse n'est nullement indispensable aux succès des opérations bien dirigées.

Nous avons d'ailleurs résumé dans le tableau suivant un certain nombre de données relatives aux arrosages. La plupart sont supérieures aux chiffres que nous venons de poser, soit parce qu'on perd les colatures, soit parce qu'il s'agit d'irrigations limonantes :

DÉSIGNATION des CULTURES.	LOCALITÉS.	DURÉE de la saison d'arrosage.	NOMBRE de d'arrosages par saison.	ÉPAISSEUR de la couche d'eau à chaque arrosage.	VOLUME d'eau employée par saison et par hectare.	ÉCOULEMENT continu correspondant par seconde et par hectare.
		Jours.		m.	m.	lit.
Prairies. . .	Haute-Garonne.	460	46	0,05	8,000	0,58
—	Bouches-du-Rhône, La Crau.	480	46	0,08	42,800	0,44
—	—	480	48	»	5,330	4,00
—	Hautes-Alpes.	90	40	0,053	»	0,68
—	Piémont, province d'Ivrée..	480	20	0,077	»	4,00
—	Milan ¹	480	20	»	»	4,00
—	Pavie ²	480	20	»	»	0,75
—	Arcachon ³	»	»	»	»	0,50
—	Canal d'Ain ⁴	»	»	»	»	0,83
—	Canaux du Tech ⁵	»	»	»	»	0,65
—	Cavaillon ⁶	»	»	0,06	»	4,00
—	Le Pontet ⁷	»	»	0,05	»	4,45
—	Avignon ⁸	»	»	0,10	»	0,965
—	La Médecine ⁹	»	»	0,04	»	0,077
Luzerne. . .	Cavaillon ¹⁰	»	»	0,06	»	4,003
—	Avignon ¹¹	»	»	0,08	»	0,9
—	Entraignes, etc. ¹²	»	»	0,10	»	0,5
Jardins. . .	Cavaillon ¹³	»	»	0,407	»	2,5
Haricots. . .	— — — — — ¹⁴	»	»	0,05	»	»

¹ Moyennes. — ² Ibid. — ³ Projet des ingénieurs. — ⁴ Ibid. — ⁵ Projet de M. Longeon. — ⁶ Un arrosage tous les sept jours. — ⁷ Un arrosage tous les cinq jours. — ⁸ Un arrosage tous les douze jours. — ⁹ Un arrosage tous les 7 jours. — ¹⁰ Ibid. — ¹¹ Arrosage tous les dix à douze jours. — ¹² Arrosage après chaque coupe seulement. — ¹³ Arrosage tous les cinq jours au moyen de rigoles entre les planches. — ¹⁴ Arrosage tous les cinq jours.

d'arrosage par an peut s'élever à vingt-cinq ou trente, et même beaucoup plus. Cette évaluation, en prenant le chiffre moyen de 0^m,20 et vingt-cinq jours d'arrosage, répond à une dépense d'eau de 50,000 mètres cubes par an, ou bien à un écoulement permanent de 3lit,21 par seconde et par hectare prolongé pendant six mois. Ce chiffre n'étonnera aucun de ceux qui ont visité quelques-unes des prairies au moyen desquelles il paraît avoir été établi: l'eau y coule en quantités énormes et les colatures sont entièrement perdues.

En résumé, nous pensons qu'il suffit de pouvoir disposer, par an, de 5,000 à 8,000 mètres cubes d'eau par saison d'arrosage et par hectare de prairie, d'une quantité triple pour les jardins et de la moitié pour l'arrosage des céréales et de la plupart des plantes cultivées. Ces volumes d'eau répondent à des débits permanents de 0lit,32 à 0lit,54 par seconde pour les prairies, de 0lit,96 à 4lit,53 pour les jardins et de 0lit,20 environ pour les céréales. En ajoutant à ces nombres les pertes dues aux filtrations dans les canaux d'aménées, aux fausses manœuvres, au mauvais établis-

IV. EXEMPLES DE GRANDES OPÉRATIONS D'IRRIGATION.

Après avoir décrit en détail les procédés d'irrigation, il ne sera pas inutile, pour montrer l'importance des travaux de cette espèce au point de vue de l'intérêt général et la part que l'Etat peut prendre à leur exécution, de citer quelques exemples d'irrigations exécutées, en cours d'exécution, ou seulement projetées.

Parmi les entreprises de cette espèce, nous ne pouvons nous empêcher de mentionner l'arrosage de toute la basse Égypte, au moyen du barrage situé à la pointe du Delta, près du Caire. Ce vaste projet, conçu par Méhémet-Ali, dressé et en partie exécuté par un ingénieur français, n'est pas moins digne de fixer l'attention que les travaux gigantesques du même genre attribués aux anciens Égyptiens.

Ce projet consiste (fig. 414) dans l'établissement de deux ponts enclavés à l'extrémité du Delta, sur les deux branches de Rosette et de Damiette. Le premier a 452^m,3 de longueur et se compose de cinquante-neuf

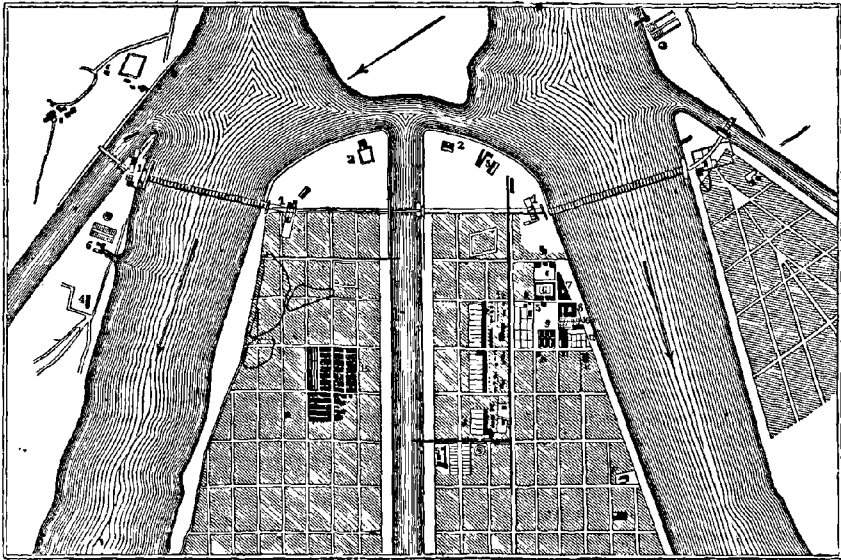


Fig. 411 (0,00004).

arches; le second a 522^m,20 de longueur et soixante-onze arches. Ces arches sont ogives et ont chacune (fig. 412) 5 mètres d'ouverture. Elles seront fermées au

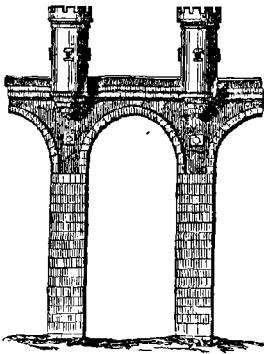


Fig. 412

moyen de poutrelles appliquées contre la tête d'amont. La sur-élévation des eaux produite par le barrage sera de 5 mètres, en général, et s'élèvera quelquefois à 6^m,60. Au milieu de chaque pont éclusé, on a ménagé une arche marinière de 45 mètres, avec volée mobile et un bateau-porte pour fermeture. Des écluses de 47 mètres de longueur, près des rives, permettront aux bateaux de passer en tout temps d'un côté à l'autre du barrage. Des portiques monumentaux, ménagés sur les culées, serviront de magasins et de corps-de-garde.

La construction du barrage a nécessité l'établissement d'un immense chantier, dont le plan ci-dessus indique les dispositions générales. En 1, 4, 4 sont établis les manèges à mortier et à béton, avec machines à vapeur de la force de douze chevaux. Les ateliers provisoires de cette espèce étaient en 2, 2. Les fours à chaux, 3, et les moulins à pouzzolane, 4, conduits par une machine de vingt-cinq chevaux, fournissent les matières premières de la fabrication précédente. La

briqueterie mécanique, 5, est mue par une machine de dix chevaux. Deux magasins généraux sont établis aux points 6, 6. L'arsenal, les forges et l'atelier de réparation sont réunis dans le bâtiment 8, voisin du logement, 9, des officiers du régiment campé dans la caserne 14. En 9 et 10 se trouvent un moulin à farine et les fours à pains. Le vice-roi et sa suite, pendant leur séjour sur les travaux, occupent le kiosque et ses dépendances, 11, 11. L'ingénieur-directeur est logé dans le bâtiment 12, le chef de la comptabilité et les employés dans les maisons 13 et 16. La grande construction 15 est un bazar, et enfin l'hôpital est au point 7.

Les lignes noires fortes et pleines représentent les chemins de fer de service, et les rectangles couverts de hachures l'emplacement d'une ville projetée.

Le barrage fera refluer les eaux jusqu'au Caire, permettra de compléter le réseau navigable de l'Égypte et d'arroser plus de 84,000 hectares de la basse Égypte, qui produiront trois récoltes par an, au lieu d'une seule qu'on obtient actuellement, et où l'on pourra cultiver alors la canne à sucre, l'indigo, le cotonnier, etc. L'arrosage de cette immense surface aura lieu au moyen de trois canaux débouchant en amont du barrage, et servant à la fois à l'irrigation et à la navigation. Le premier se dirige vers la rive droite du Nil, à travers la province du Charکیe; le second, au centre même du Delta; et le troisième, vers Alexandrie, à travers la province du Bahéré. Les deux premiers auront 400 mètres de largeur et le dernier 60 mètres. Leur tirant d'eau variera de 4^m,50 à 3 mètres.

Les travaux exécutés par le gouvernement belge, en Campine, par l'analogie de climat, de mœurs et d'administration qui existe entre ce pays et le nôtre, méritent également de fixer l'attention. C'est l'exemple le plus propre à encourager notre gouvernement à mettre à exécution les travaux analogues projetés dans différentes parties de la France, en Solagne, dans les Pyrénées, etc.

La Campine fait aujourd'hui partie des provinces d'Anvers et du Limbourg; comprise entre la Meuse et l'Escaut, dans l'un des points où ces deux fleuves

sont le plus rapprochés, elle est bornée au nord par la frontière hollandaise et au sud par la Dyle et le Demer. Cette vaste contrée, à peine peuplée il y a quelques années, renferme 450 à 200,000 hectares de terrains à peu près improductifs. Le gouvernement belge n'a pas craint d'entreprendre l'amélioration de ce pays tout entier. Les plus heureux résultats ont déjà couronné ses efforts, et l'on peut affirmer, dès à présent, qu'un succès complet ne tardera pas à couronner une entreprise que le parti rétrograde des Chambres s'était efforcé de repousser, en le signalant comme ruineux et du plus mauvais effet moral.

Un grand canal, devant servir à la fois à la navigation et à l'irrigation, porte les eaux de la Meuse sur une partie du pays. Ce canal, les rigoles principales d'alimentation et les chemins d'exploitation sont exécutés par l'Etat; ils constituent ce que l'on appelle les travaux préparatoires. Les billonnages, les rigoles secondaires et la mise en culture sont laissés aux particuliers, sous la direction et la surveillance des agents du gouvernement. On estime que les bienfaits de l'irrigation pourront s'étendre à 25,000 hectares, au plus bas mot. On verra, du reste, plus loin, quels sont les résultats de cette immense entreprise, au double point de vue de l'intérêt public et privé.

Les irrigations alimentées par les petits cours d'eau commencent à être assez répandues en France; on en rencontre de beaux exemples, dans les Ardennes, les Vosges, la Meurthe, la Moselle, les Pyrénées, la Loire, le Puy-de-Dôme, le Doubs, Saône-et-Loire, etc., etc. Cependant elles sont loin d'atteindre le développement que l'heureuse disposition de nos vallées permettrait de leur donner. Les irrigations au moyen de grands canaux d'arrosage sont, au contraire, assez rares; elles ne se rencontrent que dans certains départements du Midi, et les quelques grands canaux que nous possédons sont, pour la plupart, d'une construction fort ancienne. Il existe cependant de vastes projets, qu'il serait on ne peut plus désirable de voir exécuter, pour l'irrigation et l'aménagement des eaux de parties considérables de notre territoire, telles que la Dombes, la Brenne, la Sologne, la vallée du Guéridaudan, une partie des Landes, etc. Parmi ces projets, nous devons particulièrement citer celui relatif à la distribution et à l'aménagement des eaux de la région des Pyrénées. Ce projet, qu'il serait trop long de décrire ici avec détails, est un des plus importants étudiés jusqu'à présent, et l'un de ceux qu'il serait le plus désirable de voir mettre prochainement à exécution.

Résultats financiers des irrigations. Il nous reste enfin à signaler quelques faits qui permettront d'apprécier les résultats que l'on peut attendre des irrigations, soit au point de vue de la spéculation privée, dans les petites entreprises, soit au point de vue de l'intérêt général, lorsque les grandes opérations que l'Etat dirigera intéresseront à la fois le commerce, l'agriculture et l'industrie, toutes les branches, en un mot, de la richesse publique.

Pour abrégé, nous choisissons au hasard parmi les faits innombrables que nous pourrions citer.

Dans les arrondissements de Semur et d'Avallon, les terres se louent, dans les terrains granitiques, de 42 à 30 fr., et dans ceux du lias de 30 à 70 fr. Les mêmes terres, arrosées, acquièrent une valeur de 45 à 400 fr. pour les premières, et de 75 à 480 fr. pour les secondes. Les frais d'établissement des travaux d'irrigation sont évalués, en moyenne, à 300 fr. par hectare.

Dans les environs d'Autun, des terrains, qui ne valaient que 900 fr. l'hectare, ont monté à 5,000 fr. en cinq années. En Bretagne, des landes que l'on vendait 300 fr. valent 3,000 fr.

M. d'Angeville, à Lauprès (Ain), a fait des irriga-

tions dans des conditions tout à fait exceptionnelles, et des plus désavantageuses, puisque ses travaux ont coûté plus de 800 fr. par hectare. Néanmoins, l'argent employé est placé à plus de 40 p. 100. La dépense, en effet, a été de 33,480 fr., savoir :

Construction de réservoirs.	49,200 fr.
Autres travaux.	4,280
	33,480 fr.

La surface irriguée est de 40 hectares; elle rapportait, avant les travaux.	4,440 fr.
Elle produit aujourd'hui.	5,280

Augmentation 3,840 fr.

Les grèves de la Moselle, qui sont sans valeur avant l'irrigation, arrivent, en peu d'années, à valoir 5,000 fr. l'hectare. Les dépenses d'irrigation s'élèvent à peu près à 4,200 fr. par hectare.

Un canal, construit en Auvergne par M. Herbeys, pour dériver une partie des eaux de la Severaisse, arrose environ 4,800 sétérées de terre (16^{ares}, 76). La sétérée de terre se vendait, avant l'établissement du canal, 40 fr. Elle vaut maintenant 800 fr. Ce canal, de 28 kil. de longueur, n'a pas coûté plus de 400,000 fr., et a permis de créer une valeur de 4,368,000 fr., différence entre la valeur passée et la valeur présente de la terre arrosée.

Dans différents travaux d'irrigation, exécutés en Touraine par M. Pareto, on a dépensé 465^f,66 par hectare; l'augmentation moyenne du revenu net, par hectare, a été de 66^f,25. Ce résultat a été régulièrement constaté. C'est un placement fait à près de 42 p. 100.

M. Puvis, dans l'Ain, a irrigué 92^{hect.} 43 d'anciens prés. La dépense s'est élevée à 49,000 fr.; l'augmentation de produit a été de 207,000 kilogr. de foin de meilleure qualité que celui que l'on recueillait avant l'irrigation. Quelque bas que l'on fixe le prix du foin, l'opération de M. Puvis est toujours excellente. Le même agronome a créé 38^{hect.} 59 de prés, avec une dépense de 20,450 fr. Il en obtient 217,500 kilogr. d'excellent foin. La terre où on a établi ces prairies était presque sans valeur.

En Sologne, les prés non arrosés donnent de 4,600 à 2,000 kilogr. de foin par hectare; les prés arrosés en fournissent de 4,500 à 8,000 kilogr.

Terminons enfin par un exemple de travaux exécutés sur une grande échelle, et où l'irrigation se développe avec tous les caractères d'une vaste entreprise d'utilité publique: c'est dans la Campine belge, dont nous avons déjà parlé.

Les travaux préparatoires à l'irrigation, comprenant, comme on l'a déjà dit, les chemins d'exploitation et les rigoles principales d'irrigation et d'égouttement, sont aujourd'hui terminés sur une étendue de plus de 4,500 hectares, et déjà plus de 4,000 hectares sont en pleine culture. Les données fournies par une aussi vaste expérience peuvent être regardées comme parfaitement établies, et servir de base aux calculs les plus positifs.

La dépense d'établissement des travaux préparatoires à l'irrigation s'élève, en moyenne, à 430 francs environ par hectare. Il n'est pas encore possible de fixer d'une manière absolue le prix des travaux laissés aux soins des acquéreurs qui les ont exécutés de mille manières. Mais nous pouvons dire ici d'une manière générale que les travaux de la mise en culture, convenablement dirigés, s'élèvent au plus à 6 ou 700 fr. par hectare, et quelquefois à beaucoup moins, de sorte que le prix de revient d'un hectare de prairie, y compris l'achat du terrain, ne dépasse pas aujourd'hui 4,000 à 4,200 fr. Le revenu net de l'hectare de prairie irriguée, dans les plus mauvaises conditions, ne s'élève pas, à

partir de la seconde année, à moins de 430 à 450 fr. Les capitaux placés dans les opérations agricoles de la Campine rapportent par conséquent de 40 à 45 p. 400 par an. Les évaluations précédentes sont plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité.

La mise en culture des terrains préparés à l'irrigation et vendus aux enchères par le gouvernement, s'exécute par les soins de grands propriétaires, ou par les agents de compagnies formées à cet effet. Les avantages certains des opérations de cette nature considérées en elles-mêmes, et l'espoir de réaliser des bénéfices considérables en revendant en détail, après un certain temps, les terrains transformés en prairies, ont donné naissance à plusieurs compagnies d'irrigation établies à Maëstricht, à Anvers et à Bruxelles. Ce sont des exemples remarquables de l'application à l'agriculture de compagnies industrielles. Il serait vivement à désirer de voir les grands capitaux s'engager en France dans la même voie. Nous ne doutons pas du succès des entreprises de cette espèce, sagement et honnêtement dirigées.

Les faits particuliers que nous venons de citer établissent clairement les avantages pécuniaires, et, pour ainsi dire, individuels, des travaux agricoles dirigés par le gouvernement belge; mais ils ne donnent qu'une idée très incomplète de leurs résultats généraux, des immenses bienfaits qu'ils répandent dans la classe ouvrière et des ressources nouvelles qu'ils sont appelés à créer en Belgique. Quelques chiffres suffiront pour faire apprécier l'importance de cette grande entreprise.

L'œuvre du défrichement en Campine, dit M. Kümmer, dans son rapport annexé à la loi du 25 mars 1847, peut s'étendre sur une surface de 450,000 hectares. Une étendue de 400,000 hectares est irrigable et peut être convenablement transformée en prairies. Mais pour se tenir dans les limites d'une extrême modération, et pour que les résultats soient de beaucoup au-dessus des avantages prévus, on ne doit compter que sur la conversion en prairies de 25,000 hectares. C'est ce dernier nombre qui a généralement été pris pour base des différents calculs faits sur ce sujet.

Les bruyères de la Campine se vendaient, en 1830 ou 1835, de 45 à 20 fr. l'hectare. Ce prix s'éleva, en 1840, dans la prévision de la prochaine exécution des travaux, à 40 fr. Aujourd'hui, le prix de l'hectare varie de 250 à 400 fr., déduction faite des sommes avancées par l'Etat pour les travaux préparatoires. Le prix des terrains incultes s'est donc accru de plus de 200 fr. par hectare, grâce aux travaux préparatoires, ce qui donne, pour les 25,000 hectares dont nous avons parlé, une augmentation de valeur vénale de plus de 5 millions. Cette augmentation dépasserait de beaucoup 20 millions, si les prix de ventes s'élevaient assez pour réduire à 5 p. 400 l'intérêt des fonds placés en bruyères irrigables, qui rapportent maintenant, comme nous l'avons déjà dit, au moins 40 p. 400 par an.

Cette augmentation de la valeur vénale des terrains ne donne, du reste, qu'une mesure tout à fait insuffisante des résultats des travaux d'irrigation. Pour arriver à une estimation exacte de leur importance, il faut évaluer les produits qu'ils permettront de créer annuellement. En supposant, ce qui est assurément fort au-dessous de la vérité, que chaque hectare de prairie ne nourrisse qu'une tête de gros bétail, la formation, en Campine, de 25,000 hectares de prairies suffirait pour augmenter la production de viande en Belgique d'une quantité supérieure au chiffre considérable de l'importation actuelle de cette denrée. Mais ce n'est pas tout encore : les fumiers des animaux nourris au moyen des nouvelles prairies exerceront, sur la culture des terres labourées environnantes, une influence dont chacun appréciera la valeur, sans qu'il soit nécessaire de rappeler les chiffres que les agro-

nomes admettent à cet égard. De sorte que, non-seulement les 25,000 hectares de prairies que nous prenons pour base de nos calculs nourriront 25,000 têtes de gros bétail, mais encore augmenteraient, dans une énorme proportion, le produit annuel en céréales des terres voisines. En ajoutant la valeur de ces deux productions naturelles on arrive à la véritable estimation de l'accroissement de la richesse publique produit par les travaux d'irrigation de la Campine. Cette dernière remarque est d'ailleurs tout à fait générale, et s'applique à tous les cas dont nous avons parlé, de sorte que l'accroissement direct de revenu que nous avons seul pu faire entrer en ligne de compte, doit être augmenté dans une forte proportion pour tenir compte de l'accroissement indirect dû à l'amélioration des cultures voisines.

CHAPITRE IV.

OPÉRATIONS MÉCANIQUES DE CULTURE. MACHINES AGRICOLES.

Les descriptions d'un certain nombre de machines agricoles insérées dans la première édition du *Dictionnaire* seront reproduites dans l'édition actuelle. On se bornera donc à signaler ici quelques appareils qui ne se trouvent point indiqués dans le reste de l'ouvrage, et à renvoyer pour les autres aux articles spéciaux qui leur sont consacrés.

La classification méthodique d'appareils aussi nombreux et aussi variés, dans leurs buts et dans leurs formes, que ceux qui constituent le matériel de l'industrie agricole, présente de très grandes difficultés qu'il n'eût pas été utile d'essayer de surmonter dans un travail aussi abrégé que celui-ci. On a donc seulement cherché à rendre, pour le lecteur, les recherches aussi faciles que possible, en rapprochant les uns des autres les instruments destinés à des usages analogues, et en procédant, dans chaque groupe, des appareils les plus élémentaires aux plus perfectionnés. On étudiera successivement dans ce qui suit :

Les instruments destinés à la préparation mécanique du sol;

Les semoirs;

Les machines à recueillir les récoltes et à leur faire subir les préparations qui s'exécutent ordinairement dans les fermes;

Enfin les instruments de transport.

Première section. — Instruments destinés à la préparation du sol.

Cette classe d'instruments est la plus nombreuse et la plus importante. Les façons diverses données à la terre pour l'aérer et l'ameublir sont sans contredit la base de toute agriculture avancée. On a expliqué, d'une manière générale, dans le chapitre II, l'influence de la division du sol sur le développement des plantes. On ne reviendra point maintenant sur ce sujet.

Instruments à bras d'homme. L'homme employé à diviser, ou bien à ameublir le sol, procède de deux manières différentes. Tantôt il fait pénétrer l'instrument dont il se sert en agissant sur lui par son poids, tantôt il l'élève à une certaine hauteur et l'abaisse, en ajoutant ses efforts à l'action de la pesanteur pour le faire pénétrer profondément dans le terrain. A ces deux modes principaux d'action répondent deux classes principales d'instruments à bras pour travailler les terres, dans lesquelles viennent se ranger toutes les variétés d'outils de cette espèce. La bêche forme le type de la première classe et la pioche celui de la seconde.

La bêche en fer est un instrument que tout le monde connaît. Sa forme, son poids et le mode de réunion de la partie en fer avec le manche varient d'un pays à l'autre, en raison de la nature et de la résistance du sol. Les pelles en fer sont des espèces de bêches plus légères, qui ne sont employées que dans les terrains extrêmement meubles, ou pour remuer les terres préalablement fouillées à la pioche ou autrement. Quand on possédera un nombre suffisant de données sur la cohésion, l'adhérence, la densité des terres, etc. (voyez chapitre II), on pourra calculer, d'avance, l'effort nécessaire au travail à la bêche d'une terre donnée. Quelques calculs établis ainsi concordent remarquablement bien avec les résultats de l'expérience.

On a donné ci-dessus les dessins des bêches d'une forme particulière, destinées à certains usages spéciaux. Il serait inutile de réunir les croquis des formes nombreuses adoptées dans les différentes parties de la France pour les bêches et les pelles. En général, il convient d'adopter les outils du pays où l'on doit opérer; il est rare que l'on trouve un avantage immédiat à changer, sous ce rapport, les habitudes des ter rassiers.

Dans les terrains très compactes ou pierreux, on

muer des terrains légers, d'enlever des gazons, etc., on emploie l'*écobue*, large pioche, à manche plus ou moins long. S'il s'agit de travaux exigeant moins de force encore, de binages, des arclages et autres ouvrages de même espèce, la houe se transforme en *binette*, en *serfouette*, etc., instruments dont la forme varie avec les usages de chaque localité.

Instruments mis en mouvement par les animaux. La substitution de la force des animaux à la force de l'homme est un des plus grands progrès de l'humanité. Aussi tous les peuples ont-ils glorifié, comme des divinités, les premiers inventeurs des machines propres à remplir ce but. Parmi les instruments destinés à remuer la terre, le plus généralement répandu, celui qui réunit tous les éléments des autres appareils analogues, est la charrue (voyez ce mot). Nous n'avons pas à revenir avec détail sur cet instrument, qui forme l'objet d'un article spécial suffisamment développé. Nous ajouterons seulement quelques mots au sujet de certaines charrues particulières et du mode d'emploi de cet instrument, dont nous supposons les détails connus de nos lecteurs.

La fig. 413 donne le croquis de la charrue du Brabant, et la fig. 414 celui de charrues employées dans

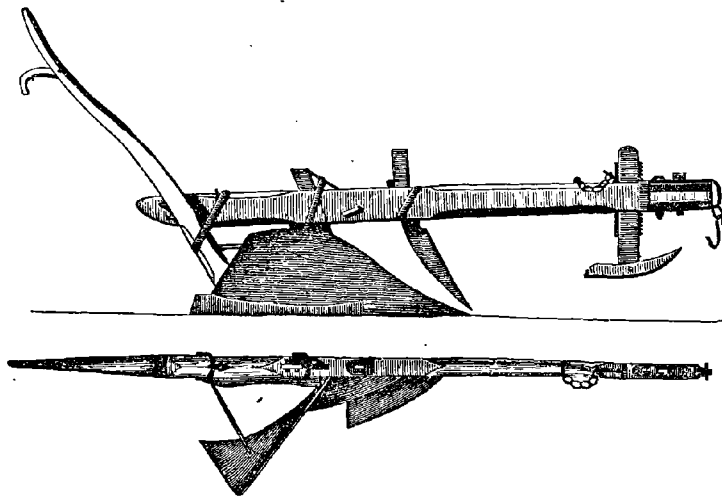


Fig. 413.

remplace la bêche, pour les défoncements, par une fourche à deux ou trois dents. Cet instrument donne de très bons résultats.

D'après M. de Gasparin, un homme peut bêcher un hectare en cinquante-et-un jours dans un terrain de résistance moyenne. A Blois, on emploie pour le même travail quatre-vingt-huit journées environ; dans le Puy-de-Dôme, soixante-douze; dans des terrains très compactes, avec sol mélangé de racines, nous avons vu employer pour le même travail, jusqu'à cent vingt et cent trente jours.

La classe des instruments appartenant au second mode d'action dont nous avons parlé comprend un très grand nombre d'outils. Dans les terrains remplis de pierres on emploie le pic; dans les terres fort dures, on se sert de la pioche proprement dite, qui présente non plus une seule pointe comme le pic, mais un tranchant plus ou moins long, ou bien une pioche à deux dents. Dans les terres mélangées, on se sert d'un instrument nommé *tournée* ou *pie-montoise*, formant pioche d'un côté et pique de l'autre. S'il s'agit de re-

les Flandres. Ces deux instruments n'ont rien de bien particulier. Ils sont l'un et l'autre adoptés à l'Institut de Hohenheim, et ont été souvent cités et décrits en France.

On a souvent décrit avec éloges des charrues à plusieurs socs. Le plus perfectionné des instruments de cette espèce paraît être la charrue polysocs de M. Goddefroy. La marche de cette charrue est régulière et réduit sensiblement le nombre d'hommes nécessaires au labourage. Néanmoins, son poids considérable, l'effort de traction qu'elle exige et son prix élevé, ne permettent son application que dans les très grandes exploitations, où elle ne s'est même presque pas répandue. Nous croyons donc inutile d'en donner une description détaillée.

Les défoncements à la charrue nécessitent l'emploi de machines spéciales et d'une grande solidité. Nous allons citer quelques-uns des appareils destinés à cet usage.

La charrue Rosé, assez analogue à celle de Dombasle, peut fonctionner avec ou sans avant-train; elle

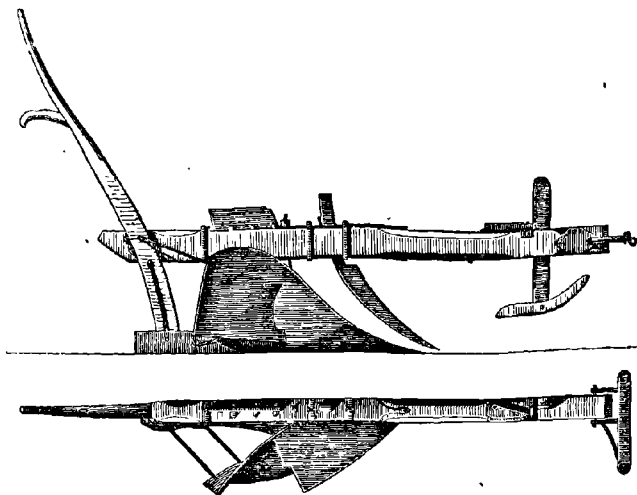


Fig. 414. -

est très solide et d'un prix modéré. Le plus grand modèle ne coûte qu'une centaine de francs.

Quand on veut atteindre une grande profondeur, on se sert quelquefois d'une charrue à deux socs, placés à des hauteurs différentes, de sorte que le premier ouvre le sillon et que le second achève de l'approfondir. Les charrues ainsi construites laissent beaucoup à désirer jusqu'à présent; de sorte que l'on préfère, en général, effectuer le défoncement à l'aide de deux charrues différentes; la première ouvre le sillon que la seconde approfondit. La charrue de Bonnet est spécialement appropriée à cette seconde opération. Son versoir présente d'abord un plan incliné, qui élève la terre assez haut pour que la surface du versoir, proprement dit, puisse la jeter sur la bande de terre soulevée par la première charrue.

Dans ce qui précède, on a supposé que le défoncement avait pour but, non-seulement de remuer le sous-sol, mais encore de le ramener à la surface et de le mélanger avec le sol arable. Quand on ne veut pas effectuer ce mélange et qu'il s'agit seulement de briser et d'ameublir la couche inférieure, il faut procéder d'une manière différente. On commence par faire passer une charrue ordinaire, et ensuite on emploie un instrument désigné sous le nom de charrue *sous-sol*. C'est une charrue très forte, mais sans versoir; de sorte que la terre qu'elle remue au fond des raies n'est point ramenée à la surface.

Le versoir étant fixe dans toutes les charrues dont on vient de parler, renverse toujours la terre du même côté, par rapport au sens de leur mouvement, de sorte qu'elle se trouve retournée à droite, quand la charrue marche dans un sens, et à gauche, quand elle revient sur elle-même pour former la raie suivante. Cette disposition présente un grand inconvénient dans un certain nombre de circonstances, et, pour y remédier, on a imaginé un assez grand nombre d'instruments différents. Dans les uns, tels que la charrue *tourne-soc-oreille* de Rosé, une pièce mobile, formant à la fois contre-soc et versoir, peut tourner autour d'un axe dirigé dans le sens de l'âge, et venir à volonté se placer à droite ou à gauche de la machine, de manière à verser le sol fouillé toujours du même côté, quelle que soit la direction du mouvement. Dans d'autres appareils, tels que la charrue à double soc de M. Dufour, on a réuni deux versoirs, deux coutres et deux socs dirigés en sens opposé. Cet assemblage peut tourner au-

tour d'un axe vertical de manière à mettre en avant le soc et le versoir propres à rejeter la terre du côté voulu, indépendamment du sens de la marche de la charrue. Le mécanisme est d'ailleurs disposé de manière à relever le soc placé en arrière et à faire mordre au contraire celui qui se trouve en avant. M. de Valcourt avait imaginé une charrue analogue à la précédente; mais le système des versoirs et des socs était fixe de sorte qu'il fallait atteler les chevaux tantôt à une extrémité de la machine, tantôt à l'autre, pour faire fonctionner successivement les deux socs.

On a souvent essayé d'employer à la mise en jeu de charrues très puissantes des treuils ou cabestans mus par des hommes ou des animaux; mais la complication de ces appareils, les pertes de temps résultant des changements de directions et leur prix élevé les ont

empêchés de se généraliser jusqu'à présent. Il serait trop long de développer notre opinion à cet égard; mais nous croyons pouvoir avancer que l'application de treuils et autres engins analogues au mouvement des charrues ne peut conduire qu'à d'assez mauvais résultats. Nous avons déjà dit que les charrues-taupes, ainsi employées jusqu'à présent, n'avaient pu complètement réussir.

L'application de la vapeur au labourage a préoccupé un grand nombre de mécaniciens. On a beaucoup parlé, il y a quelques années, de machines à défricher, dans lesquelles la vapeur mettait en mouvement un grand nombre de pioches, en imitant, d'une manière assez ingénieuse, comme transformations de mouvement, le travail de l'homme. Cette machine, on devait s'y attendre, ne s'est point répandue. Le moteur et l'instrument qui exécutent un certain travail sont faits l'un pour l'autre, et constituent un système plus ou moins parfait. Quand on change le moteur, il faut changer l'outil, et réciproquement. L'auteur de l'instrument dont nous parlons s'était donc engagé dans une voie fautive, en cherchant à faire travailler une machine à vapeur avec des instruments appropriés au service de l'homme.

On n'a pas mieux réussi en essayant de substituer la vapeur aux chevaux ou aux bœufs, en faisant remorquer par une locomotive, ou tirer par un treuil à vapeur, des charrues plus ou moins puissantes, mais construites sur les principes ordinaires. Le seul essai, à notre connaissance, qui paraisse dirigé dans un sens convenable, et dont on puisse attendre des résultats avantageux, est celui de M. Usher. La fig. 415 fera comprendre la disposition générale de cette machine. La partie essentielle de l'appareil consiste en cinq disques montés sur un même arbre horizontal *a*. Chacun de ces disques est garni, comme celui que l'on aperçoit sur la figure, de trois coutres *b*, suivis d'un soc et d'un versoir circulaires *d*. L'arbre *a*, qui porte ce système, reçoit son mouvement, par l'intermédiaire d'engrenages, du pignon de l'arbre coudé sur lequel agit la bielle du piston du cylindre à vapeur *f*, placé, comme de coutume, sur le côté de la chaudière. On règle l'entree des coutres et des socs en soulevant plus ou moins, au moyen de la crémaillère *g*, le levier *h*. La roue motrice, quand la charrue travaille, reçoit son mouvement du même engrenage que l'arbre *a*, de sorte que la machine

avance précisément avec la même vitesse que le labourage lui-même. Les roues de devant sont d'ailleurs montées sur une espèce d'avant-train qui permet de

La charrue, comme on l'a déjà dit, coupe la terre par bandes verticales au moyen du coutre, détache ces bandes avec le soc, et les retourne à l'aide du

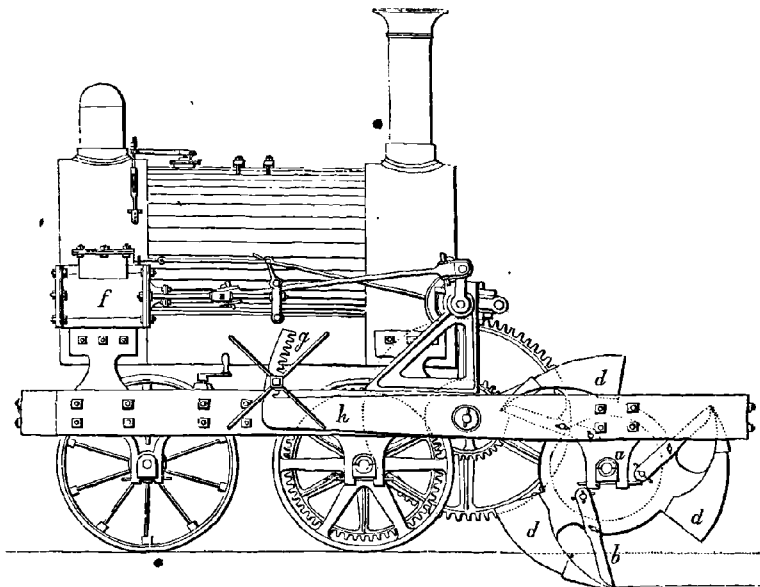


Fig. 415.

les placer obliquement, et de faire tourner la machine sur elle-même, comme une voiture ordinaire.

Formes et direction des labours. La forme donnée au terrain par le labour et la direction des raies ont une grande influence sur les résultats de la culture, et doivent faire l'objet d'un examen attentif dans chaque localité donnée. On laboure en *billons*, en *planches*, ou à *plat*.

Trois labours, au moins, sont nécessaires pour donner au sol la forme bombée des billons. Ce mode de labour, qui est très répandu, présente cependant de nombreux et graves inconvénients qui devraient le faire proscrire dans un très grand nombre de cas : le sommet des billons est trop sec en général, et le fond des rigoles qui les séparent souffre, presque toujours, d'un excès d'humidité; les semences et les fumiers y sont mal répartis; l'emploi de beaucoup d'instruments perfectionnés y est impossible; enfin, les travaux de culture et de récoltes y sont fort difficiles. Toutefois, dans les sols peu profonds, ce mode de labour augmente, par places, la profondeur de la terre végétale, et permet les cultures sarclées, et dans les sols très humides il assure un égouttement assez complet; il peut donc, exceptionnellement, rendre des services.

Le labour en *planches* consiste à partager le champ en bandes plus ou moins larges, à surface unie, séparées par des rigoles moins profondes que celles établies entre des billons.

Le labour à *plat* consiste à amener toute la surface du sol à être parfaitement unie. Ce labour exige que la terre soit toujours rejetée du même côté, et nécessite, par conséquent, l'emploi des charrues tourne-oreille, ou double soc. Les deux autres espèces de labour peuvent s'exécuter avec les charrues ordinaires.

Nous ne décrivons pas la marche à suivre pour former des billons ou des planches avec la charrue. Un instant d'observation en apprendra plus à cet égard qu'une longue explication.

Plusieurs autres instruments, employés en agriculture, sont formés de parties agissant seulement par le principe de l'un des organes de la charrue. Nous allons indiquer les principaux d'entre eux.

Les *scarificateurs* ou *griffons* sont des instruments essentiellement composés de plusieurs coutres réunis. La forme des coutres et leur mode d'ajustement varient beaucoup d'un instrument à l'autre. Ces appareils conviennent pour donner des labours légers, se débarrasser des mauvaises herbes, etc.; ils divisent assez bien le sol, à une petite profondeur, mais ils ne le retournent pas, et dès lors concourent très peu à l'aérer.

Le scarificateur le plus répandu en Angleterre est celui de Biddle, que l'inspection seule de la fig. 416 suffit pour faire comprendre. L'entrure est réglée au moyen de leviers. La fig. 417 indique le détail de la forme et de l'ajustage d'un coutre. Cet instrument, tout en fer, coûte 450 à 525 fr. en Angleterre. Son prix élevé réduit malheureusement beaucoup son emploi dans notre pays.

Dans le Midi, on emploie un instrument nommé griffon; c'est une forte herse à trois ou à cinq coutres, conduite par un homme et un ou deux chevaux; il est très convenable pour les seconds labours.

Le scarificateur le plus simple est formé d'un triangle en bois dans lequel sont montés trois ou un plus grand nombre de coutres. La petite base du triangle porte deux mancherons comme ceux d'une charrue, et le sommet opposé est garni d'une petite roue que l'on élève plus ou moins pour régler l'entrure.

La fig. 418 représente le griffon ou cultivateur d'Uley, et la fig. 419 le détail de l'un des coutres. Cet instrument offre une bonne disposition générale, et paraîtrait susceptible de se répandre beaucoup en France, si les constructeurs parvenaient, par des simplifications convenables, à le livrer à un prix moins élevé.

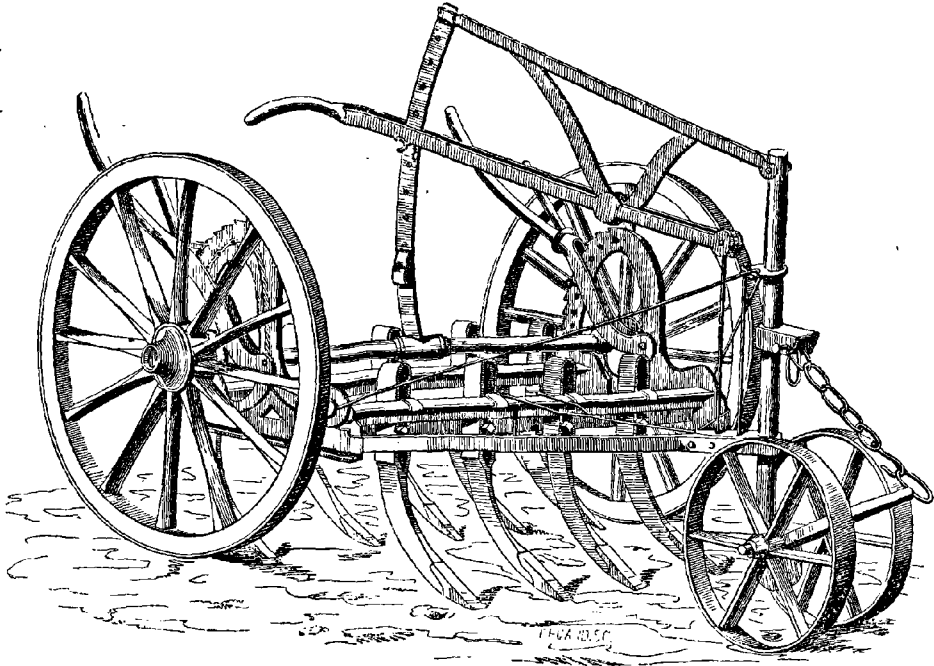


Fig. 416.

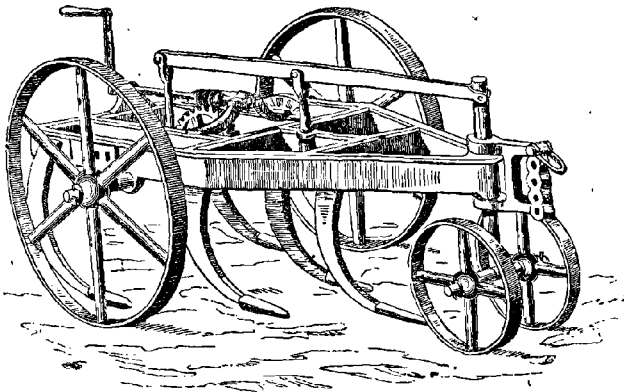


Fig. 418.

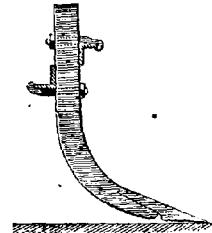


Fig. 447.

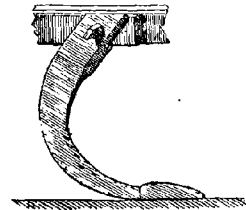


Fig. 449.

Extirpateurs. Ces instruments sont formés par la réunion d'un plus ou moins grand nombre de petits socs. Leur usage doit se borner à mélanger les particules du terrain, et à donner les dernières façons avant les semailles. La disposition de cet instrument a varié de mille manières. Tous les constructeurs d'instruments agricoles ont donné leur nom à leur extirpateur, ou à leur houe à cheval. Nous signalerons seulement les suivants, qui suffiront pour faire comprendre tous les instruments analogues.

L'extirpateur de Valcourt, analogue à celui de Grignon, est garni de cinq socs (fig. 420) montés sur un bâti solide. L'entrure se règle à l'aide d'une roulette mobile et d'un régulateur ordinaire.

L'extirpateur de Roville est plus simple que le précédent; il se compose d'un bâti trapézoïdal, qui peut recevoir trois ou cinq socs, selon la résistance du terrain. Ce bâti porte deux mancherons et un âge terminé par un régulateur, et garni d'une roulette qui facilite le mouvement.

La houe à cheval est une espèce d'extirpateur à deux socs. La fig. 421 indique une des dispositions les plus ordinaires de cet instrument.

Buttoirs. Le buttoir se compose, en principe, de deux versoirs accolés, montés sur un âge. Quelquefois on met en avant des versoirs un ou plusieurs petits socs. C'est alors une charrue à deux versoirs, ou une combinaison de l'extirpateur et du buttoir. Le buttoir de Dombasle et celui de Rozé portent, à leur partie antérieure, une roue pour régler l'entrure, et un régulateur à crochet. Leur monture est d'ailleurs celle d'une charrue légère.

Le buttoir d'Hohenheim (fig. 422) ne diffère pas notablement des précédents. Le dessin en fera suffisamment comprendre la construction.

Le buttage avec les machines n'est évidemment applicable qu'aux cultures en lignes espacées de plus de 0^m,50; pour les autres, on opère avec la houe à main.

Herses. Les herses ont différentes formes, mais elles se composent toujours d'une série de dents, ordinairement en fer, et quelquefois en bois.

Le châssis qui porte les dents est triangulaire ou quadrangulaire. Une des herses les plus perfectionnées est celle de M. de Valcourt (fig. 423), formée de cinq traverses, garnies de dents en fer, et réunies par des pièces de bois solidement assemblées. En changeant le point d'attache du moteur, on fait varier l'obliquité du châssis, et, par suite, l'écartement des lignes parcourues par les dents.

On estime que chaque dent donne, en moyenne, 4 kilogr. de tirage au cheval qui

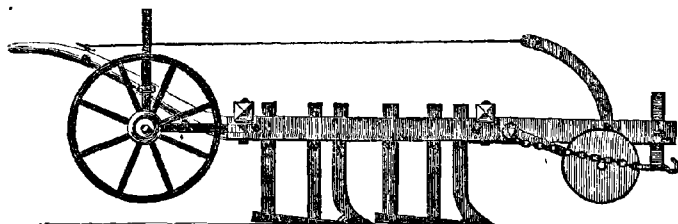


Fig. 420.

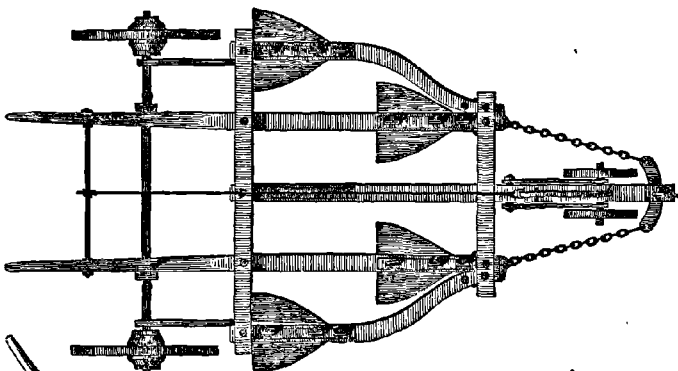


Fig. 421

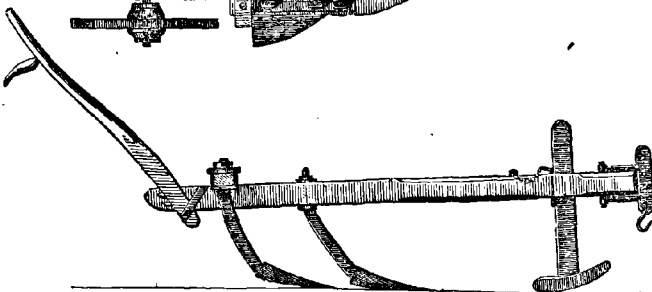
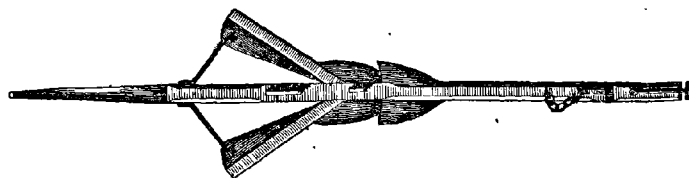
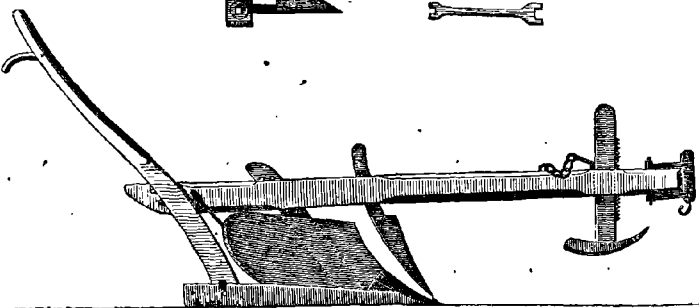
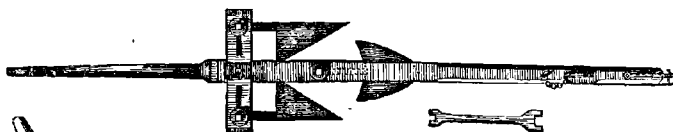


Fig. 422.



met la herse en mouvement. Cette évaluation, du reste, n'a rien d'absolu.

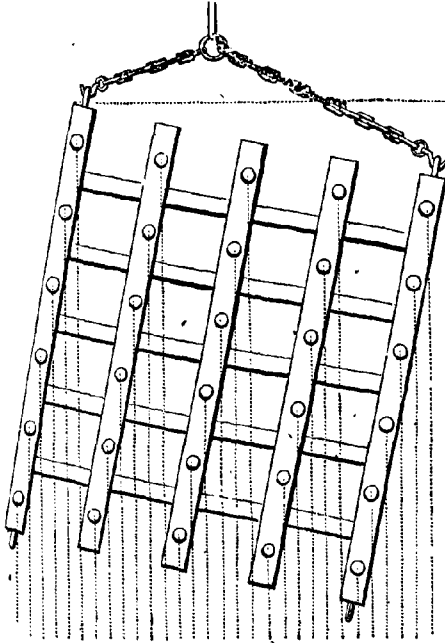


Fig. 423.

On désigne sous le nom de *peigne* une espèce de herse, à dents très fortes, montée sur quatre roulettes, dont on peut changer la hauteur pour varier l'entrure. Il convient particulièrement pour arracher les mousses des prairies; il est, du reste, rarement employé.

Rouleaux. La terre, bêchée ou labourée, est divisée en mottes plus ou moins grosses et irrégulières, laissant entre elles des vides considérables; cette disposition facilite l'aération du sol, mais serait très défavorable

plioie des rouleaux d'un poids proportionné à la dureté et au volume des mottes à briser.

Les rouleaux sont en général en bois; ils ont 2 mètres de longueur, 0^m,30 à 0^m,45 de diamètre. Les terres fortes et les mottes un peu grosses résistent à la pression de ces instruments trop légers pour les briser. On emploie quelquefois des rouleaux en pierre de 4^m,20 à 4^m,40 de longueur, et de 0,80 à 4 mètre de diamètre. Mais les rouleaux en fonte, qui commencent à se répandre en France, et qui sont depuis longtemps très employés en Angleterre, sont beaucoup plus énergiques, et paraissent préférables, quand leur prix n'est pas trop élevé. Il est inutile de donner le dessin des rouleaux en bois ou en pierre, leur forme est généralement connue. La fig. 424 représente un rouleau uni en fonte, composé de trois tambours montés sur un même arbre. Cette disposition facilite le retournement de l'appareil, elle ne le complique pas, et serait applicable aux rouleaux en pierre.

Les rouleaux unis, à moins de leur donner un poids considérable qui les rendrait très coûteux et difficiles à tirer, sont souvent sans action sur les terres argileuses très compactes. On est donc obligé de les remplacer par des rouleaux présentant des aspérités, ou des parties tranchantes, qui brisent les mottes. Plusieurs dispositions ont été proposées pour atteindre ce but. On a armé de fortes pointes, plus ou moins nombruses, les rouleaux ordinaires en fonte ou en bois; mais ces pointes, ou dents, sont sujettes à se briser et exigent un entretien continu. M. de Dombasle a fait exécuter des rouleaux formés de quatorze ou quinze disques en fonte, un peu tranchants, et séparés par des rondelles d'un diamètre moins considérable. Les disques et les rondelles sont en fonte, montés et fixés sur un même arbre en fer. Cet arbre est terminé par des tourillons engagés dans le cadre en charpente, auquel on attelle les chevaux. Ce rouleau, appelé *rouleau-squelette*, donne de bons résultats; il coûte de 460 à 480 fr.

Parmi les rouleaux en fonte garnis d'aspérités pour les terres fortes, on doit citer, comme l'un des meilleurs, celui de Croskil (fig. 425), formé par la réunion de disques dentés fixés sur un axe. Il faut deux à trois chevaux pour le traîner. Ce rouleau est, malheureusement en France, d'un prix trop élevé pour que son

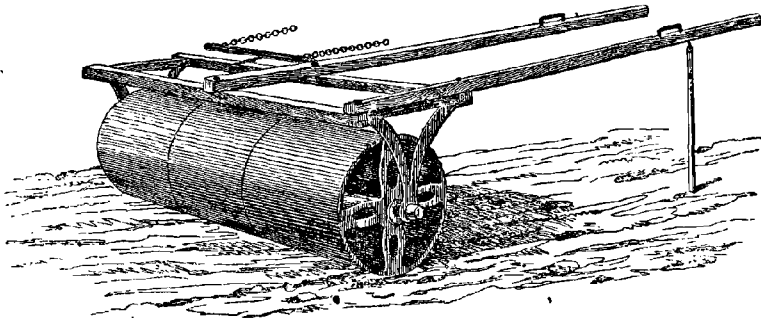


Fig. 424.

aux semences. Certains terrains se soulèvent, par l'action de la gelée, en fragments solides. Dans ces différents cas, il faut écraser et aplanir la terre pour la rendre propre à recevoir les semences et les hersages. Dans la petite culture, on écrase les mottes, ou les boursoufflures dont nous venons de parler, au moyen de masses en bois. Dans la grande culture, on em-

usage puisse se répandre parmi les cultivateurs peu aisés; il coûte de 5 à 600 fr.

Le roulage des terres labourées en billons est assez difficile avec les rouleaux ordinaires. On peut les remplacer, dans ce cas, par un appareil formé de troncs de cône en pierre, montés sur un même axe en fer, formant, par leur réunion, deux troncs de cône réunis

par leur petite base, et s'appliquant à la convexité du billon. La longueur du rouleau doit être égale à la largeur des billons.

surface duquel sont ménagées des entailles proportionnées à la grosseur de la semence. Les graines se logent dans ces entailles, sortent ainsi de la trémie quand

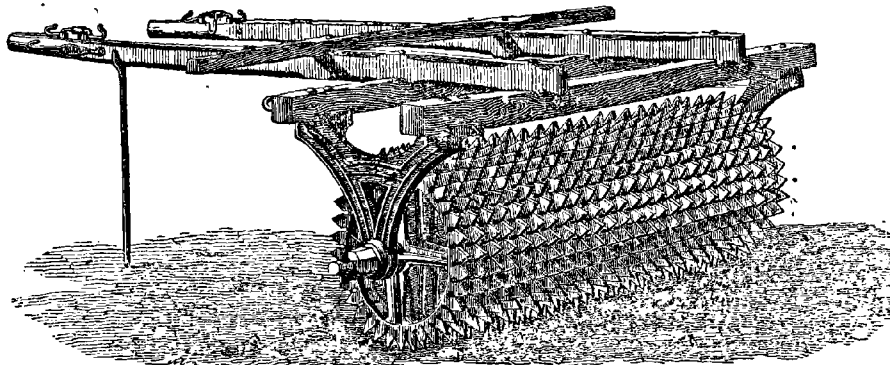


Fig. 425.

Il faut éviter de rouler les terres argileuses quand elles sont humides : l'opération ne servirait alors qu'à augmenter leur ténacité et la compacité de la couche supérieure du sol.

Deuxième section. — Semoirs.

Les semoirs sont des instruments destinés à répandre avec régularité, dans la terre convenablement préparée, les graines, et les engrais pulvérulents que l'on juge convenable de leur associer. En traitant des cultures, on fera connaître les avantages que présentent les semis en lignes, les circonstances où ils conviennent le mieux, et les inconvénients qu'ils présentent quelquefois. Nous n'avons maintenant à nous occuper que des appareils en eux-mêmes. Les formes des semoirs ont varié de mille manières ; mais jusqu'à présent, il faut bien le reconnaître, leur complication et leur prix élevé ont empêché leur usage de se répandre en France autant que l'on pourrait le désirer. Il existe des semoirs qu'un seul homme peut porter et manœuvrer ; d'autres sont montés sur un train de brouette ; d'autres, enfin, sont d'une plus grande dimension, et ne peuvent être mis en mouvement que par des chevaux. Tous ces instruments sont fondés sur un petit nombre de dispositions mécaniques différentes qui peuvent se ramener à l'une des divisions suivantes.

Semoirs à cuillères. Dans les appareils de cette espèce, les graines sont saisies par des cuillères montées sur un arbre tournant, qui les jettent dans les tubes qui les conduisent à terre. Un assez grand nombre de semoirs anglais sont basés sur l'emploi de cette disposition, adoptée aussi par Mathieu de Dombasle, et appliquée par lui à un semoir à brouette, spécialement disposé pour semer le maïs. La fig. 426 représente la partie essentielle de cet instrument. La graine placée dans la trémie A s'en échappe peu à peu ; elle est saisie par les cuillères b, qui viennent la jeter dans le tube C, qui la conduit au sol. Les cuillères b sont portées sur un arbre horizontal qui reçoit un mouvement régulier de rotation, d'une corde sans fin passant sur une poulie montée sur l'arbre de la roue de la brouette.

Semoirs à entailles. Les trémies de ces instruments sont formées par un cylindre métallique plein, à la

on fait tourner le cylindre, et tombent de l'entaille sur le sol.

Le semoir Hugues appartient à cette catégorie ; c'est un des meilleurs instruments de cette espèce. Il serait impossible d'en faire comprendre les détails sans un nombre assez considérable de figures à grande échelle, que l'espace ne nous permet pas de reproduire. Nous nous bornerons à faire comprendre le principe de cette machine, trop compliquée d'ailleurs pour être exécutée par les ouvriers agricoles. L'appareil est porté sur trois roues. Celle de devant transmet, au moyen de deux bielles, un mouvement convenable de rotation aux cylindres distributeurs. La graine, et les engrais pulvérulents à répandre avec elle, sont placés dans deux compartiments distincts de la grande trémie en bois. Chacun de ces compartiments est fermé, à sa partie inférieure, par les cylindres distributeurs qui constituent la partie essentielle de la machine. Ces deux cylindres sont peu différents : nous décrirons seulement celui qui reçoit les graines. Ce cylindre

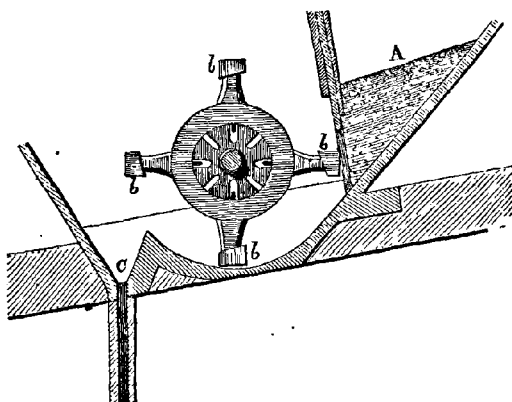


Fig. 426.

porte sur sa surface une série d'alvéoles, de grandeurs variables, propres à recevoir les graines de différentes grosseurs. Les alvéoles de chaque grosseur sont disposées sur une même ligne circulaire. Chaque cylindre

porte sept ou neuf séries d'alvéoles répondant chacune à un tube qui descend à terre. Quand on veut semer une graine particulière, il faut ne la laisser arriver que dans les alvéoles qui lui sont destinées, et l'empêcher de se perdre dans les autres. Pour atteindre ce but, le cylindre est recouvert d'une feuille mince de cuivre, percée d'autant de trous qu'il y a de séries d'alvéoles. Une seconde plaque de cuivre peut glisser sur la première, et fermer ou ouvrir à volonté les ouvertures correspondant à telle ou telle série d'alvéoles. On conçoit, dès lors, qu'en mettant la machine en mouvement, les graines se logent seulement dans les alvéoles découvertes, qui, en tournant avec le cylindre où elles sont pratiquées, les laissent tomber dans les tubes qui, enfin, les conduisent au sol. Chaque tube semeur est précédé d'un petit soc, pour ouvrir le sol, et suivi d'une petite ratissoire qui recouvre la graine. Le semoir Hugues, à sept tubes, coûte 450 fr. Il peut semer environ 4 hectolitres en un jour. Le grand modèle, à neuf tubes, coûte 500 fr.

Le semoir *Barault* se rapproche à la fois des semoirs à cuillère et des semoirs à alvéoles. Il est fort ingénieusement disposé, et peut se prêter à la semence de toute espèce de graine, par un mécanisme très simple. Il nous paraît supérieur aux autres instruments de même espèce que nous connaissons, bien que nous n'ayons point eu l'occasion de le voir fonctionner en grand.

Semoirs à brosses. Le fond de la trémie de ces semoirs est fermé (fig. 127) par une brosse dure qui re-

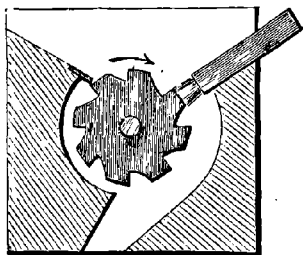


Fig. 127.

tient les graines. Un cylindre garni de pointes ou de cavités tourne au fond de cette même trémie ; chaque pointe ou cavité passe à travers la brosse, et quelques graines, passant en même temps, tombent dans les tubes semeurs. Fellemberg et quelques autres constructeurs ont établi des semoirs sur ce principe ; mais ils sont, comme les autres, un peu trop compliqués.

Semoirs à soupapes. Dans ces appareils, au lieu d'écarter les poils d'une brosse, les dents du cylindre agissent sur des touches, qui font ouvrir de petites soupapes en cuir, placées au fond de la trémie à semence. Cette disposition rappelle celle des cylindres des orgues organisés et autres instruments analogues.

Semoirs à barillet. Ces derniers instruments consistent en un cylindre percé de trous à sa circonférence. En faisant tourner ces cylindres, il sort une ou plusieurs graines par chaque trou arrivant à la partie inférieure du cylindre. Le semoir à turneps des Anglais, et plusieurs autres, sont établis sur ce principe. Leur marche n'est pas en général très régulière.

Troisième section. — Instruments pour recueillir et préparer les récoltes.

Instruments tranchants. Les pailles et les herbes se couvent avec la faucille, la sape ou la faux. On trou-

vera à ce dernier mot des renseignements suffisants au sujet de cet instrument.

On a souvent essayé de construire des machines à faucher. Toutes celles connues jusqu'à ce jour ne donnent que de mauvais résultats, ou sont trop compliquées et trop chères pour entrer dans la pratique agricole.

On indiquera, en parlant des cultures, les procédés de fanage et de séchage, et, dans le chap. VIII, les procédés de conservation des récoltes.

Instruments pour le battage des grains. Le battage des céréales est une opération importante, et qui mérite une étude d'autant plus attentive qu'elle peut s'exécuter facilement, et avec économie, au moyen de machines, dont l'introduction dans les fermes constitue un progrès véritable. Nous allons passer en revue les principaux moyens employés actuellement pour séparer le grain de la paille.

Fléau. Tout le monde connaît cet instrument, formé de deux pièces de bois réunies par des courroies. Un batteur au fléau peut battre par jour de soixante-dix à quatre-vingt-huit gerbes fournissant 2 hectolitres à 2 hect. 50 de grains. On réunit généralement plusieurs batteurs en grange qui frappent en mesure sur le grain. Le rapport du prix du battage à la valeur vénale du grain est assez variable. Il s'élève, en moyenne, à :

3 p.	100	dans le département de la Haute-Vienne ;
5	—	— de Tarn-et-Garonne ;
5 1/2 p.	100	dans le département des Pyrénées-Orientales ;
6 1/2 p.	400	dans le département du Jura et dans celui de la Sarthe ;
6 1/3 p.	100	dans le département du Puy-de-Dôme ;
6 2/3	—	— de la Haute-Vienne ;
8 1/2	—	— de l'Isère.

Dépiquage. Ce mode de séparation du grain et de la paille n'est employé que dans quelques-uns de nos départements méridionaux. Il consiste à faire marcher ou trotter des chevaux ou des mulets sur les gerbes, étendues sur le sol en plein air. Le dépiquage emploie environ un homme par deux chevaux. Chaque cheval, ainsi surveillé, ne produit pas plus de 5 hect. de grains par jour. Les loueurs de chevaux, dans le Midi, prennent 4 p. 100 du grain, et on est obligé de leur fournir la main-d'œuvre. Ce procédé est donc, en général, au moins aussi coûteux que le précédent.

Rouleau à dépiquer. L'emploi de ces machines, comme la méthode précédente, est restreint dans quelques départements du Midi où la disposition des aires à battre, et surtout l'état de parfaite dessiccation des gerbes, rendent leur action aussi facile que possible. Les rouleaux sont cannelés ou unis. Ces derniers paraissent réussir aussi bien, et sont plus simples de construction et plus faciles à manœuvrer. On donne à ces rouleaux la forme d'un tronc de cône, pour qu'ils décrivent plus facilement le cercle ou les spirales qu'ils doivent parcourir. Le poids du rouleau doit être tel, quand on opère sur une couche de gerbes de 0^m,06 d'épaisseur, que chaque tranche de 0^m,04 de ce rouleau pèse 22 kil. au moins. Le rouleau peut s'employer de différentes manières. Sur une aire carrée on peut faire décrire à l'instrument une seule circonférence, et disposer les gerbes sur la bande annulaire qu'il décrit, ou bien couvrir de gerbes toute l'aire, et faire décrire au rouleau une spirale telle qu'il passe successivement sur toutes les gerbes. On obtient facilement ce résultat en attachant à la tête du cheval une longe qui s'enroule autour d'un pieu placé au centre, et qui ramène ainsi peu à peu cet animal en ce point. Enfin, dans une aire rectangulaire, on fait décrire au rouleau une espèce de cycloïde, telle que l'action s'exerce successivement sur toute la surface.

En supposant la journée des hommes occupés au battage fixée à 2 fr. 50 c., M. de Gasparin donne les prix de revient suivants pour les trois méthodes précédentes :

4 hectolitre battu au fléau	4 fr. 30 c.
4 ——— dépiqué par les chevaux	4 14
4 ——— ——— par rouleau	4 15

Machines à battre. On a fait de nombreuses tentatives pour imiter par une machine le mouvement ordinaire des fléaux ; tous ces essais, y compris même une machine d'ailleurs très ingénieusement disposée qui figurait à la dernière exposition de l'industrie, n'ont donné que des résultats défavorables. On y a complètement renoncé. La partie essentielle des machines à battre généralement employées est un cylindre horizontal, armé d'un plus ou moins grand nombre de barres dirigées suivant ces arêtes et animé d'un mouvement rapide de rotation. Les épis reçoivent le choc de ces battants et se dépouillent de leurs grains. On annexe quelquefois aux machines à battre des appareils à vannier et à nettoyer le grain. Ces mécanismes additionnels absorbent beaucoup de force, et paraissent devoir rester séparés de la machine à battre proprement dite. Nous allons décrire d'abord une machine à battre complète et de grande dimension, pour faire connaître tous les éléments que peut présenter un appareil de ce genre, et ensuite nous indiquerons quelques machines plus simples et plus convenables que celle-là, pour le plus grand nombre de nos exploitations agricoles.

Cette machine et les suivantes peuvent être mises en mouvement par une machine à vapeur, un manège ou tout autre moteur.

Les gerbes dans la machine représentée en coupe et en plan par les fig. 428 et 429 sont disposées sur une espèce de table *a*, un peu inclinée et garnie de rebords, et livrées par les ouvriers à l'action des cylindres cannelés *b* qui les entraînent vers le batteur *c*. Ce batteur est formé de deux couronnes en fer sur lesquelles sont fixées quatre barres unies ; il fait 3 ou 400 tours par minute et reçoit son mouvement, à l'aide d'un pignon de 20 dents, de la grande roue *d*, garnie de 420 dents, dont l'arbre communique directement avec le moteur et fait environ soixante tours par minute. Toutes les autres transmissions de mouvement de la machine ont lieu au moyen de chaînes à la Vaucanson *e*. La paille, saisie par le batteur, est lancée avec le grain dans le second compartiment de la machine et sort en glissant sur le plan incliné *g*, après avoir été successivement soumise à l'action des deux faneurs cylindriques armés de dents, *ff*, faisant à peu près trente tours par minute. Le grain passe à travers les vides laissés entre les barres *ii*, tombe dans la trémie *j*, et de là dans le ventilateur *k*, placé au-dessous. Ce ventilateur est formé de quatre ailes, faisant environ 230 tours par minute ; il reçoit son mouvement d'une corde sans fin *l*, passant sur une poulie montée sur l'arbre du batteur. Les grains imparfaitement séparés de leurs enveloppes sont entraînés par le courant d'air et recueillis par les petites hottes de la noria *n*, qui les rejette sur les gerbes pour les soumettre une seconde fois à l'action du batteur et des faneurs. Le grain bien purifié est repris en *m* par une autre petite noria *p*, qui le porte au tarare ordinaire *u, r, t, s*, que l'on voit à droite de la figure, dans lequel s'effectue le dernier nettoyage.

Les fig. 430 et 434 représentent une machine un peu moins compliquée que la précédente, dont elle diffère essentiellement par la disposition du cylindre batteur *c*, qui, au lieu d'être formé de quatre barres unies, comme celui dont on vient de parler, est garni de huit barres armées de fortes dents en fer. La partie in-

férieure de l'enveloppe fixe de ce batteur est également garnie de dents en fer disposées en quinconce, et entre lesquelles passent celles du batteur. Ces deux systèmes de dents ont pour but de soumettre les gerbes à des chocs plus multipliés, et de détacher ainsi plus complètement le grain des épis. Les machines de cette espèce fonctionnent bien, mais elles sont peu répandues en France ; l'expérience démontre d'ailleurs que les barres unies suffisent parfaitement pour atteindre le but proposé. Le second faneur a été supprimé dans la machine qui nous occupe, ainsi que les cylindres cannelés. Le batteur attaque les gerbes de haut en bas et les entraîne facilement dans la rapidité de son mouvement. Le grain, comme dans la première machine, tombe dans la trémie *g*, et passe ensuite dans le tarare placé au niveau du sol.

Les mêmes lettres s'appliquent, dans les dessins précédents, aux pièces analogues, et les flèches indiquent le sens du mouvement de chaque tambour. Les figures expliquent d'ailleurs assez les détails du mécanisme pour qu'il soit inutile de s'y arrêter davantage.

La machine à battre la plus simple est celle que l'on désigne sous le nom de machine de Ransome, (fig. 432). Elle est formée seulement d'un batteur à quatre bras renfermé dans une espèce de caisse rectangulaire en bois. On engage les gerbes en avant du batteur : la paille sort à l'extrémité opposée, et le grain passe à travers les barres du contre-batteur. Cette machine est la plus convenable dans la plupart de nos exploitations.

Dans les machines que l'on vient de décrire, les cylindres batteurs ont de 0^m,40 à 0^m,80 de diamètre : cette dernière dimension paraît un maximum que certains constructeurs ont eu le tort de dépasser. Les machines à battre peuvent, en général, donner à volonté la paille froissée ou entière, suivant que l'on présente les gerbes perpendiculairement ou parallèlement aux batteurs.

Les machines à battre augmentent le rendement en grains, fournissent de la paille bien dégagée de poussière, d'une mastication facile, et par conséquent, quoi qu'on en dise, très convenable pour la nourriture des bestiaux. Elles substituent le travail des moteurs à celui de l'homme, facilitent, par la promptitude de leur action, les affaires commerciales, et rendent, en un mot, de grands services à l'agriculture.

Des expériences faites à l'aide du dynamomètre de Régnier, par une commission de la Société d'agriculture de Seine-et-Oise, sur différentes machines établies dans ce département, ont fourni quelques données que nous extrayons du rapport de M. Pigeon. Les essais de la commission ont porté sur les appareils suivants :

1^o Deux machines de M. Lorient, avec secoueur et tarare. Le manège de la première avait 7 mètres de diamètre. Les chevaux faisaient douze tours en cinq minutes. En supprimant le secoueur et le tarare, la traction tombait de 440 kil. à 75, à vide, et de 210 à 425, en charge.

2^o Une machine de M. Papillon. L'arbre du batteur tournait sur des galets.

3^o Une machine de M. Winter, avec batteur de 0^m,33 de diamètre seulement.

4^o Une machine de M. Cambrai, avec batteur de deux mètres.

5^o Une machine de M. Mothes.

6^o Une machine anglaise du Conservatoire des arts et métiers. Elle était conduite par six chevaux faisant trois ou quatre tours par minute, et donnant au batteur une vitesse de neuf à douze cents tours par minute.

Le tableau suivant résume les principaux faits contenus dans le mémoire dont nous parlons :

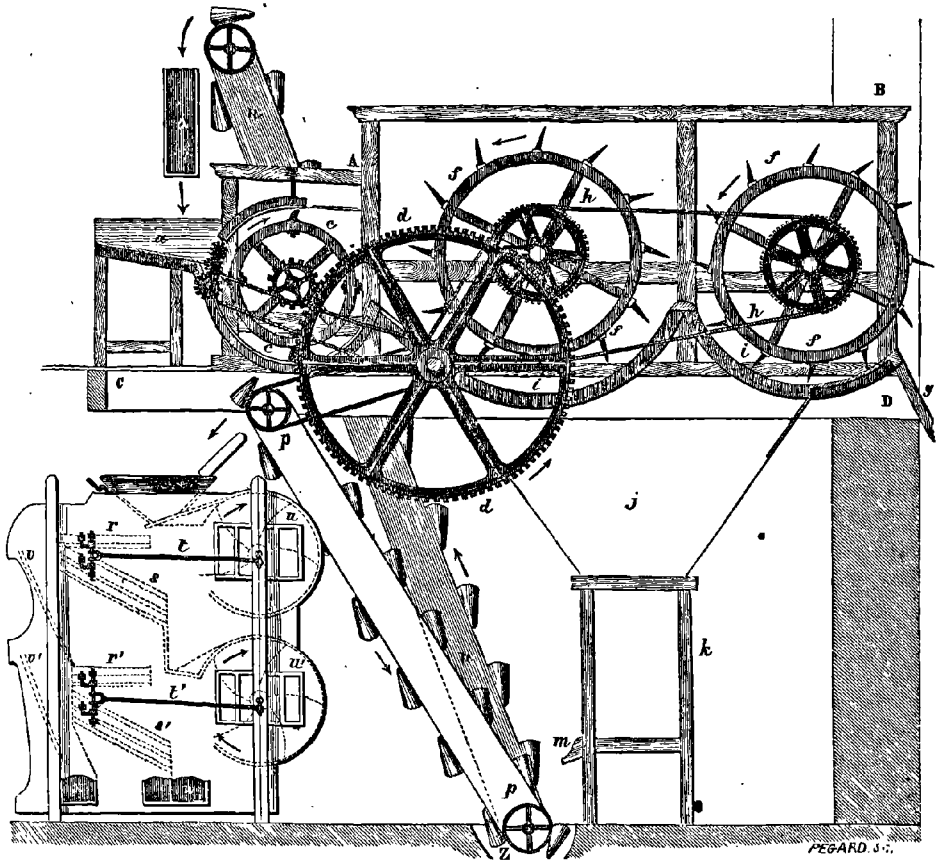


Fig. 128 (0,02).

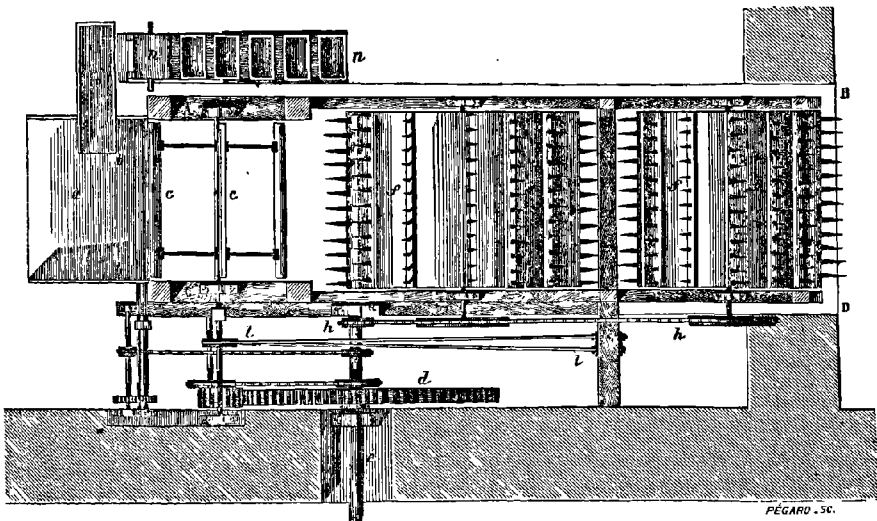


Fig. 129 (0,02).

DÉSIGNATION des MACHINES.	EFFORT de traction.		VITESSE des chevaux.		DIMENSIONS du batteur.		NOMBRE de battants	NOMBRE approximatif de tours par minute.	NOMBRE de gerbes battues par heure.
	à vide.	charge	par heure.	seconde.	diamètre	longueur			
Machine Lorient ¹ .	440	210	3,200	0,89	0,90	4,60	42	300	»
— — ² .	440	220	2,400	0,67	0,90	4,60	42	300	»
Batterie Papillon.	»	200	3,400	0,94	0,80	4,50	42	»	»
— Winter.	»	240	»	»	0,33	4,55	»	»	»
— Cambray.	»	240	3,200	0,89	2,00	0,80	40	»	56 bottes de 5 à 6 kil.
— Mothes.	»	480	3,600	4,00	0,50	0,80	6	»	84 bottes de 5 à 6 kil.
— anglaise.	»	»	»	»	0,50	0,80	4	4,200	»

Le prix de revient de battage est assez variable.

D'après les expériences de la commission de Seine-et-Oise, la machine anglaise, conduite par quatre chevaux, servie par quinze hommes, femmes ou enfants, produit 96 hect. de grain par jour. Si on admet que le loyer de la machine est de 5 fr. par jour, que l'on évalue à 4 fr. 62 c. la journée de cheval, et à 4 fr. 25 c. en moyenne les journées d'hommes et de femmes, on voit que le battage de l'hectolitre de grain revient à 34 c.

La machine de M. de Dombasle, conduite par quatre chevaux et servie par quatre hommes, donne 60 hectolitres en dix heures.

Les machines le plus ordinairement employées dans les fermes fournissent 25 à 30 hectolitres de grains par jour.

Machines à nettoyer les grains. On a donné, à l'article *Moulin*, la description des appareils qui sont soumis au grain, avant sa mouture, un dernier et complet nettoyage; mais avant de le livrer au commerce, il doit être déjà en grande partie débarrassé de la balle et de diverses impuretés qu'il peut renfermer: ce nettoyage s'opère à bras au moyen d'un van, espèce de grand panier plat, à l'aide duquel on agite le grain en le projetant à une certaine hauteur. Les enveloppes

des grains et les matières légères sont entraînées par les courants d'air, et le grain, plus pesant, retombe dans le panier. Ce mode de purification, assez coûteux, est de moins en moins employé. On paye dans le Midi 25 cent. par hectolitre pour le vannage. Les machines appelées ventilateurs ou tarares, qui effectuent maintenant ce travail, peuvent l'exécuter pour le tiers de ce prix: ces ventilateurs (fig. 433) se construisent maintenant partout pour un prix qui ne dépasse pas 400 fr. Quatre ailes en bois mince, animées d'un mouvement rapide de rotation, produisent un courant d'air au milieu duquel on fait passer le grain, qui s'écoule régulièrement d'une trémie supérieure; les pailles s'échappent au dehors, et le grain tombe sous la machine; le grain, en sortant de la trémie, traverse une série de cribles ou de grillages, qui séparent successivement le bon grain des différents corps étrangers qu'il peut renfermer: ces grillages sont plus

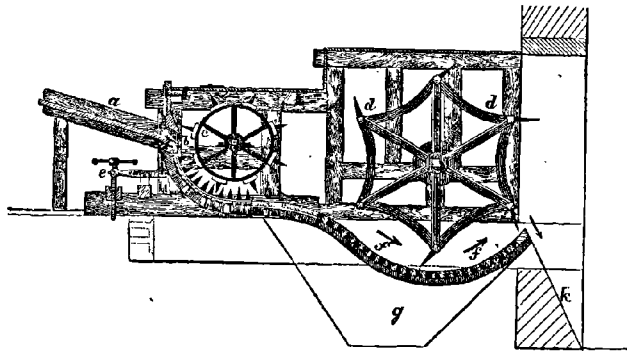


Fig. 430 (0,02).

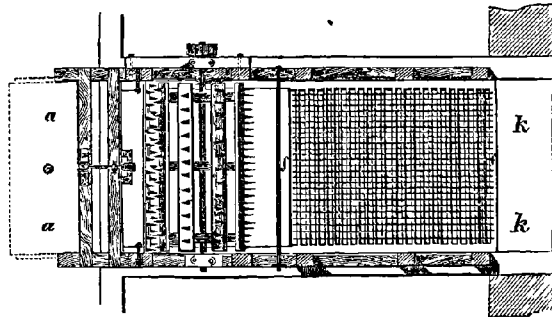


Fig. 431 (0,02).

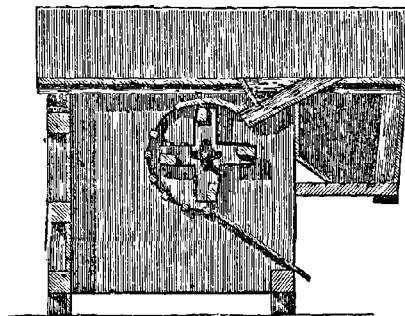


Fig. 432.

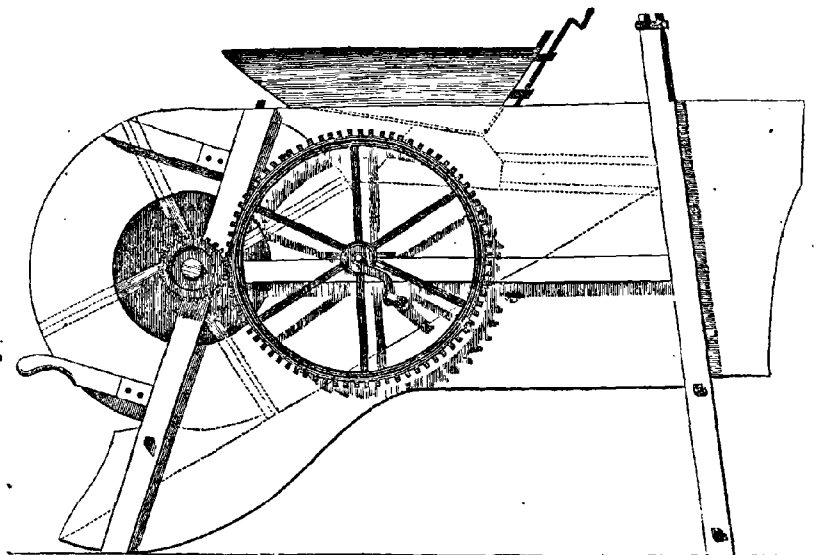


Fig. 433 (0,04).

ou moins nombreux, suivant le degré de nettoyage que l'on veut atteindre. Dans tous les cas, ils reçoivent un mouvement de trépidation d'un excentrique, ou de tout autre mécanisme placé sur l'arbre moteur.

Les ventilateurs ordinaires sont servis par deux hommes, l'un occupé à mettre en jeu la machine et l'autre à charger le grain et à recueillir les différents produits séparés par l'appareil. Ces hommes se relayent de demi-heure en demi-heure, la mise en mouvement nécessitant un assez grand effort. Quand on dispose d'un moteur inanimé on peut l'appliquer au ventilateur, et on réalise ainsi une grande économie.

Il est inutile de décrire les *cribles* ordinaires que tout le monde connaît. M. Vachon a construit un trieur mécanique bien disposé, dont le plus petit modèle est approprié aux besoins de la moyenne culture. La partie essentielle de cet appareil, dont la fig. 434



Fig. 434.

indique la coupe, est une toile métallique percée de trous et fixée sur une seconde feuille de métal qui bouche les ouvertures pratiquées dans la première. Les cavités ainsi formées sont telles qu'un grain de blé bien conformé ne peut s'y loger, tandis que les petits grains et les mauvaises graines s'y arrêtent facilement. En disposant une pareille toile métallique sous une faible inclinaison, et versant sur cette surface une certaine quantité de blé, que l'on fait descendre peu à peu en imprimant au système un mouvement de trépidation, le bon grain roule jusqu'au bas du plan incliné, et les mauvaises graines s'arrêtent dans les cavités de la toile. On s'en débarrasse en renversant et secouant vivement la plaque. Le plus petit modèle du trieur Vachon est d'un prix peu élevé, et facile à transporter. Il peut épurer 40 hectolitres de grains pour semence, en douze heures.

Hache-paille, coupe-racines, machines à écraser les

grats. Les instruments de cette catégorie sont, on le conçoit, extrêmement nombreux; mais ils peuvent se ramener, en principe, à un petit nombre de types dont toutes les dispositions ne sont que des variantes.

Les couteaux dans les hache-paille sont animés d'un mouvement alternatif, comme dans les machines à couper le tabac ou d'un mouvement circulaire continu. La première disposition est rarement employée et ne semble convenir que pour de très petits appareils; la seconde est généralement préférée. Les couteaux, disposés en hélice, sont placés sur un tambour évidé et tournent plus ou moins rapidement, ou bien ils sont fixés sur un disque animé aussi d'un mouvement rapide autour de son centre. Dans tous les cas, la paille est maintenue et poussée vers les couteaux par deux cylindres cannelés qui l'entraînent dans leur mouvement.

La fig. 435 représente l'une des formes de hache-paille les plus satisfaisantes. Elle ne diffère que par quelques détails d'exécution du hache-paille, de Domtasle. Les lames tranchantes sont fixées sur un volant auquel on applique la force motrice. La paille est disposée dans une caisse prismatique et conduite par deux cylindres cannelés, pendant qu'une sorte de mâchoir l'assujettit et la comprime fortement au moment du passage des couteaux. L'arbre coulé que l'on aperçoit sur le côté de la figure transforme en mouvement alternatif, qu'il transmet aux différentes parties de la machine, le mouvement circulaire qu'il reçoit lui-même du volant qui porte les couteaux. Le mécanisme qui imprime aux cylindres cannelés conducteurs de la paille le mouvement circulaire périodique dont ils ont besoin, est placé du côté opposé à celui que montre la figure. Ce mécanisme est représenté isolé et à une plus grande échelle par la fig. 436. L'amplitude du mouvement des cylindres cannelés est réglée par la position du point d'attache de la pièce fendue, que l'on voit au bout du dessin, et de la petite bielle qui transmet le mouvement aux griffes conductrices de la roue à rocher, montées sur l'arbre du cylindre inférieur. Quand le volant du hache-paille ne porte qu'un seul couteau, on peut supprimer l'une des griffes indiquées sur la figure.

L'effort moyen exercé sur la manivelle, de 0^m,35 de longueur, d'un hache paille de Dombasle, marchant à vide avec une vitesse de trente-trois tours par minute, a été trouvé de 4^k,879, et de 8^k,248 quand la machine marchait à charge, avec une vitesse de trente-cinq à quarante tours, et coupait la paille par bouts de 0^m,01. Dans les mêmes circonstances, le travail dépensé était de 4,233 kilogrammètres par kilogramme de paille hachée. Un homme pourrait donc couper par jour, avec une semblable machine convenablement alimentée, 440 kilog. environ de paille, par journée de travail.

Les coupe racines, comme les machines précédentes, sont à mouvement alternatif ou continu. Parmi ces derniers, nous citerons seulement le coupe-racine de Valcourt, que l'on peut faire exécuter dans toutes les campagnes, à cause de sa simplicité, et dont nous avons pu observer les bons résultats. Cet instrument (fig. 437) se compose d'un disque

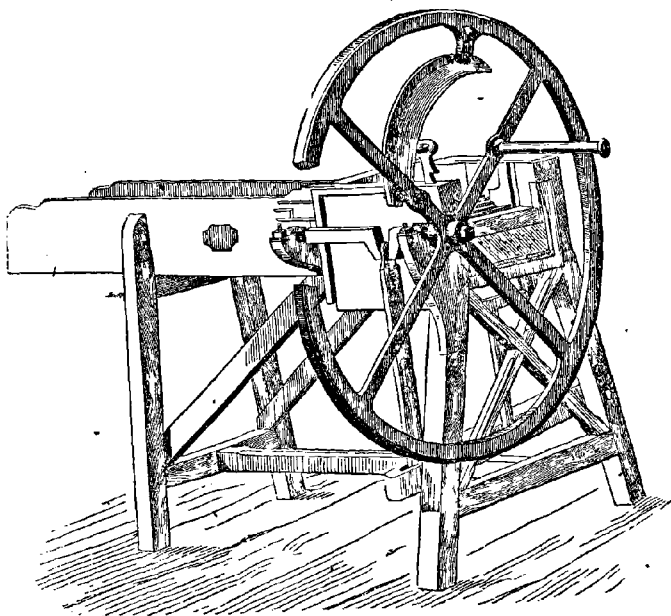


Fig. 435.

Les machines à écraser les haricots, les fèves et autres grains destinés à l'alimentation du bétail, se composent, en général, de deux ou d'un plus grand nombre de cylindres cannelés, tournant sur leurs axes, et entre lesquels on fait passer la graine contenue dans une trémie placée au-dessus d'eux. Quelquefois les cylindres cannelés sont remplacés par une noix conique et striée, tournant dans un gîte de même forme. L'appareil ressemble alors beaucoup à un moulin à café de grande dimension.

Ces appareils, fort utiles d'ailleurs, sont encore assez peu répandus en France, bien que nos constructeurs en établissent de fort bons à des prix modérés.

Machines à vapeur locomobiles. Les machines à battre, les hache-paille, les coupe-racines, etc., peuvent être mis en mouvement à l'aide d'un moteur quelconque, manèges à chevaux ou à bœufs, moulins à vent ou à eau, et machines à vapeur. L'emploi de ce dernier moteur, que les agriculteurs hésitent à introduire dans leurs exploitations, peut cependant rendre beaucoup de services. Déjà, dans le département de Saône-et-Loire, et dans quelques autres contrées, on voit des machines à battre portatives, mises en mouvement par une machine à vapeur placée sur le même chariot, se transporter de ferme en ferme, et effectuer le battage à prix convenu entre le fermier et le propriétaire de la machine. Mais cet usage est encore peu répandu, et un bien petit nombre de fermes en France possèdent une machine à vapeur. En Angleterre, au contraire, la plupart des grandes exploitations sont pourvues aujourd'hui de ce puissant auxiliaire, que l'on emploie à une foule d'usages : à battre, à écraser les graines, à hacher la paille, à couper les racines, à scier le bois, à élever l'eau, à envoyer les engrais liquides sur les terres, etc. Ces machines sont généralement montées sur quatre roues; on les transporte d'un lieu à l'autre, suivant le besoin. La fig. 438 représente l'ensemble d'une machine de cette espèce construite par un fabricant qui, à lui seul, en a maintenant livré près de cent à l'industrie agricole. Nous n'ignorons pas les

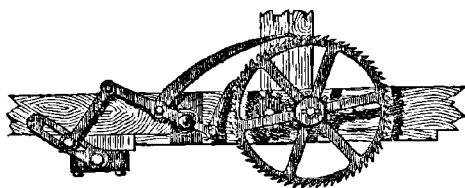


Fig. 436.

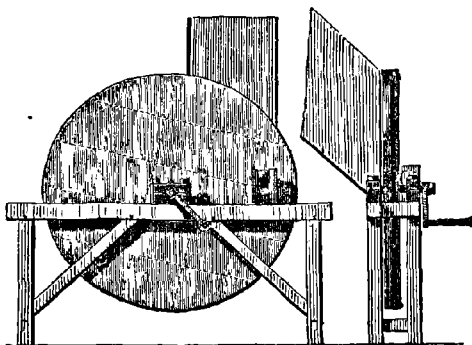


Fig. 437 (0,02).

en bois formant volant, sur lequel sont fixés deux couteaux. L'épaisseur des tranches obtenues varie avec la hauteur des tasseaux qui séparent le disque des couteaux. La roulette fixée derrière le volant l'empêche de céder à la poussée des racines de la trémie et de s'écarter du plan dans lequel il doit tourner.

difficultés que présente chez nous l'introduction de la vapeur dans les établissements agricoles; mais, quand on pense au bas prix relatif de cette force, on reste

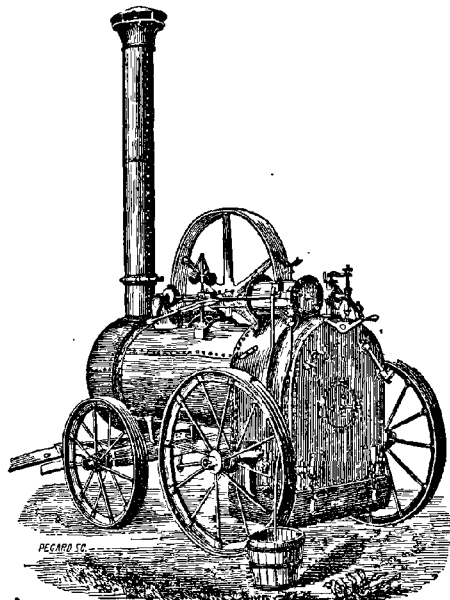


Fig. 138.

convaincu que dans certaines localités elle pourrait être employée avec avantage, et que c'est à tort que les grandes exploitations rejettent systématiquement son usage.

Nous ne dirons ici rien de particulier des instruments de transport. On trouvera plus loin quelques renseignements sur ceux qui servent à transporter certains engrais et quelques récoltes. Les autres sont trop généralement connus pour qu'il soit nécessaire de s'y arrêter.

CHAPITRE V.

ALIMENTATION VÉGÉTALE; ENGRAIS ET AMÉNDEMENTS.

Nous ne conservons en quelque sorte ce chapitre que pour mémoire, l'étendue de l'article ENGRAIS nous dispensant de revenir avec détails sur cette importante question. Nous nous bornerons, par conséquent, à placer ici quelques notes détachées, que le lecteur voudra bien rapprocher des passages correspondants de l'article que nous venons de rappeler.

Marne. La marne est un mélange de carbonate de chaux, d'argile plus ou moins sablonneuse, d'oxyde de fer et de quelques autres substances en proportions relativement assez faibles. La marne de bonne qualité se délite entièrement par l'action de l'air et de l'humidité, et se réduit en poudre impalpable. Les marnes de qualités inférieures contiennent du sable ou des noyaux calcaires sans action chimique immédiate sur le sol; elles sont, comme amendement chimique, d'autant plus précieuses, toutes choses égales d'ailleurs, que la

quantité de ces matières inertes est moins considérable, et que le carbonate de chaux contenu dans la partie susceptible de se déliter est au contraire plus abondant. En d'autres termes, on peut dire, d'une manière générale, à moins que des circonstances spéciales ne modifient cette règle, que la valeur d'une marne est en raison inverse de la quantité de matières inertes qu'elle renferme, et en raison directe du carbonate de chaux de ses parties susceptibles de se déliter à l'air.

L'analyse chimique des marnes s'exécute comme celle des calcaires à chaux hydraulique (voy. MORTIER). Dans les opérations faites avec soin, on recherche toujours si la marne contient des phosphates, qui jouent un rôle important dans l'alimentation végétale. Il convient aussi de faire bouillir quelques grammes de marne pendant une heure au moins avec de la potasse, et de déterminer les proportions de silice et d'alumine dissoutes dans ce réactif. Les marnes qui abandonnent une quantité considérable de ces substances à la potasse peuvent être extrêmement précieuses dans les terrains pauvres en silice, et pour la culture des plantes qui absorbent beaucoup de ce corps pour la formation de leurs tissus. Certaines marnes, enfin, renferment quelques millièmes d'azote dont on détermine la proportion au moyen d'une analyse organique (voy. chapitre II).

La détermination de la quantité de sable et de noyaux inertes contenus dans la marne se fait par lévigation, comme on va l'indiquer.

On place dans un grand bocal de verre, ou dans un vase en terre de forme convenable, un kilog. au moins de la marne à essayer, avec une certaine quantité d'eau, et on laisse reposer le mélange pendant une heure. Après ce temps, on agite vivement, on laisse reposer quelques secondes, et on décante le liquide. On répète cinq ou six fois ce traitement, jusqu'à ce que l'eau sorte claire. Les parties fines de la marne sont entraînées, les noyaux et les parties inertes restent au fond du vase, on les sèche et on les pèse. Les eaux de lavage, abandonnées à elles-mêmes, laissent complètement déposer en quelques heures, à l'état d'une boue très claire et très fine, les parties entraînées. On les recueille sur un filtre ou autrement, si l'on veut les examiner séparément ou en faire l'analyse.

Dans les terrains argileux la marne produit des effets vraiment merveilleux. On l'emploie à doses très variables en raison de sa composition, de la nature du sol, et de la profondeur de la couche arable avec laquelle on la mélange. On admet, en général, qu'il convient d'ajouter au sol une dose de marne telle que la proportion de calcaire, dans la couche arable, soit de 3 p. 400 environ. Cette règle, toutefois, n'a rien d'absolu, et on s'en écarte souvent beaucoup dans la pratique. En Sologne, où nous avons eu particulièrement l'occasion d'étudier les effets de la marne, on peut admettre, comme résultat moyen, que le produit net de l'hectare s'élève, par le marnage, de 6 fr. à 32 fr. 90 c. On emploie dans ce pays de 25 à 33 mètres cubes de marne par hectare. Cette opération doit être renouvelée tous les vingt ou vingt-cinq ans environ.

Guano. Le guano est un engrais des plus précieux; malheureusement les variations de sa qualité, et surtout, il faut le dire, les sophistications sans nombre que les marchands lui font subir l'ont tellement déprécié aux yeux des agriculteurs, que sa consommation va sans cesse en diminuant. Ainsi, après avoir augmenté rapidement, l'importation du guano, dans le Royaume-Uni, décroît avec la même régularité, et semble devoir se réduire avant peu à ce qu'elle était dans les premières années de son emploi, comme l'indiquent les chiffres suivants.

AGRICULTURE.

Importation du guano dans le Royaume-Uni.

Années.	Quantités importées.
1841.	2,927 tonneaux.
1842.	20,724 —
1843.	3,050 —
1844.	405,919 —
1845.	287,832 —
1846.	90,630 —
1847.	83,740 —
1848.	72,556 —
1849.	84,773 —

Il convient donc de ne jamais faire d'achats importants de guano, sans en essayer chimiquement un échantillon. La marche la plus simple à suivre pour cet objet consiste à doser l'ammoniaque, les autres matières volatiles et les phosphates contenus dans l'échantillon. En comparant les résultats trouvés avec ceux obtenus de l'essai d'un guano d'une qualité bien connue, on peut apprécier la valeur de celui que l'on examine, puisqu'elle dépend principalement de la quantité d'ammoniaque et de phosphates. Le dosage de l'azote contenu dans le guano s'exécute comme on l'a indiqué ci-dessus (voy. chap. II, *Dosage de l'azote*). On calcine ensuite 2 grammes de la matière, et la perte fait connaître la proportion totale des matières volatiles. Le résidu est repris par l'acide chlorhydrique faible à une douce chaleur. La partie insoluble dans cet acide est formée de terre ou de sable que l'on recueille, et que l'on pèse. Enfin, on dose dans la liqueur le phosphate de chaux par l'une des méthodes ordinaires.

Voici les résultats de quelques essais de guano exécutés comme on vient de le dire.

Provenance des guanos.	Eau.	Matières organiques et sels ammoniacaux.		Phosphates.	
		p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
Pérou.	7 à 40	56 à 66	16 à 23		
Bolivie.	5 7	56 64	25 29		
Ichaboe.	18 26	36 44	24 29		
Baie de Saldanha.	17 34	44 22	45 56		

Engrais concentrés. Dans ces derniers temps, on a désigné sous ce nom générique, suivi de différentes épithètes, des mélanges salins et organiques plus ou moins complexes. Nous devons en dire ici quelques mots, pour mettre nos lecteurs à même de juger sainement la question, et d'apprécier, comme elles le méritent, les bruyantes réclames de certains industriels.

La fabrication des engrais artificiels pourrait rendre à l'agriculture de très grands services. Il serait vivement à désirer qu'un plus grand nombre de fabricants s'en occupassent sérieusement. Ils pourraient réaliser de beaux bénéfices en utilisant une foule de substances aujourd'hui perdues, et leurs travaux, dirigés d'une manière scientifique, concourraient efficacement aux progrès agricoles. Nous sommes donc loin de condamner en elle-même l'industrie des engrais artificiels; ce que nous repoussons avec mépris, c'est le charlatanisme qui, à force de publicité et de promesses fallacieuses, est parvenu à abuser de la crédulité publique, et à prélever sur les malheureux cultivateurs des bénéfices scandaleux.

Les deux engrais dont on a fait le plus de bruit, depuis deux ans, sont ceux de Bickès et de Dusseau.

L'engrais Bickès, liquide, aux termes du brevet, contient :

Colle forte.	4 kil.
Azotate de potasse (salpêtre).	0,250
Chlorure de sodium (sel marin).	0,150
Eau.	40 lit.

Au lieu d'eau pure, on emploie une décoction de ta-

AGRICULTURE.

bac, ou une dissolution de mélasse, pour les engrais destinés à la culture du tabac ou de la betterave.

Un échantillon de poudre Bickès, pour les céréales, analysé par M. Barral, contenait :

Carbonate de chaux.	56,71
Phosphate de chaux.	4,53
Silice.	5,28
Azotate de potasse.	3,63
Chlorure de sodium.	2,45
Gélatine.	27,40
	<hr/>
	400,00

L'emploi d'un pareil mélange, à la dose homœopathique de 5 kilog. par hectare, est certainement illusoire, et personne n'en promettra de bonne foi les résultats énoncés dans les prospectus.

Quant à l'engrais Dusseau, voici, d'après le brevet, son mode de fabrication : on fait macérer, avec 45 lit. d'eau, pendant deux jours, et chauffer à 40°, 2 kilog. de guano, 2 kilog. de colombine, 4 kilog. de poudrette, 2 kilog. de suie et 2 kilog. de rognures de peau. On filtre et on exprime le résidu. Ce liquide sert à la préparation de tous les autres engrais. Voici les formules de deux d'entre eux :

	Pour les	
	pommes de terre.	céréales.
	kil.	kil.
Azotate de potasse.	4,00	2,00
Sulfate d'ammoniaque.	0,75	0,50
Chlorure de sodium.	0,75	1,00
Urins humaine acidifiée par 2 centilitres d'acide sulfurique.	0;00	3 lit.
Sulfate de fer.	0,00	0,40
Liquide précédent.	2 lit.	45 lit.

On chauffe le tout à 65° pour opérer la dissolution. Il suffit, d'après les prospectus, d'employer, pour préparer la semence d'un hectare, 45 lit. d'engrais pour les céréales, et 2 lit. pour les pommes de terre. Il paraît même que les engrais vendus n'étaient pas composés conformément aux brevets, comme l'indiquent les analyses suivantes de M. Barral :

	Pour les	
	céréales.	pour les pommes de terre.
Eau.	84,524	93,474
Azotate de potasse.	2,149	4,124
Chlorure de sodium.	4,325	0,989
Sulfate d'ammoniaque.	1,432	4,432
Phosphates alcalins.	0,529	0,439
Sulfate de fer.	0,548	0,112
Matières insolubles.	5,326	4,113
Matières gélatineuses azotées.	4,767	2,217

De son côté, M. Girardin de Rouen a trouvé, dans deux autres échantillons d'engrais Dusseau :

	Echantillons.	
	N° 1.	N° 2.
Eau.	788,900	803,600
Azotate de potasse.	52,170	73,524
Chlorure de sodium.	30,554	53,686
Sulfate de fer.	46,370	» »
Sulfate de cuivre.	» »	18,000
Sulfate d'ammoniaque.	4,000	5,720
Phosphates alcalins ou terreux.	6,000	» »
Gélatine.	2,300	0,350
Autres matières organiques azotées et non azotées.	94,716	» »
Idem, avec phosphates.	» »	45,420
Matières insolubles.	8,000	» »
	<hr/>	
	4,000	4,000

L'expérience, d'accord avec la théorie, est venue démentir les promesses des prospectus de ces divers engrais. Ces mélanges, bien que brevetés, ne sauraient assurément constituer une invention. Tout le monde a le droit d'en composer, et de s'en servir au besoin.

Os et autres engrais phosphatés. Les récoltes enlèvent au sol une forte proportion d'acide phosphorique nécessaire à leur constitution et à leur complet développement. La plus grande partie de cet acide ne se retrouve pas dans les fumiers de l'exploitation, puisque les phosphates se concentrent principalement dans les produits exportés, c'est-à-dire dans les grains, le laitage et les animaux. Il est donc indispensable de restituer ou de fournir à la terre les phosphates essentiels à sa fertilité. La valeur des os, comme engrais et comme amendement, n'est pas assez connue dans la plus grande partie de la France; tandis que nous laissons perdre ou exporter des quantités énormes d'os, nos voisins, comprenant mieux leurs intérêts, les recueillent avec soin, les font venir à grands frais, et enrichissent leurs terres arables de tous les phosphates dont les nôtres s'appauvrissent. Les agriculteurs pourraient facilement réaliser, dans beaucoup de localités, des bénéfices importants, en faisant recueillir les os dans leur voisinage, et en les employant à fumer leurs terres.

Les os entiers ou en gros fragments ne se décomposent qu'avec une extrême lenteur. Il convient donc de les réduire en poudre avant de les employer. Quand on n'opère que sur de petites quantités, on peut les pulvériser sur une pierre, ou un bloc de bois garni de clous à têtes pointues, avec un fort maillet de bois dur cerclé en fer et garni de clous, ou d'une plaque de fonte dure taillée en pointes de diamant. Mais si on opère un peu en grand, ce procédé serait trop dispendieux, et il devient nécessaire de recourir aux machines. Il a été proposé un assez grand nombre d'appareils pour écraser les os. Le plus simple consiste en une paire de meules verticales, en fonte ou en pierre dure, disposées comme celles des huileries. En Auvergne, où l'engrais d'os est assez employé, on se sert, pour les écraser, d'un appareil fort simple, composé d'une espèce de râpe circulaire, mise en mouvement par une roue hydraulique, et sur laquelle on appuie fortement les os placés dans une trémie, au moyen d'un levier en bois. En Angleterre, et dans une ou deux fabriques françaises, le moulin à broyer les os se compose de trois ou quatre paires de cylindres cannelés en fonte de plus en plus rapprochés, et entre lesquels les os sont obligés de passer. On broie, par heure, et par force de cheval, de 100 à 150 kilog. d'os.

Depuis quelques années on emploie avec succès, sous le nom de *superphosphate de chaux*, un mélange d'os calcinés ou naturels, avec le tiers ou la moitié de leur poids d'acide sulfurique ordinaire. Pour préparer ce mélange, on humecte légèrement la poudre d'os, et on la met dans des cuiviers, puis on ajoute peu à peu, et en remuant sans cesse, la quantité voulue d'acide sulfurique. Le superphosphate de chaux des fabriques anglaises, quand il n'est pas sophistiqué, contient, en moyenne :

Phosphate de chaux	35 à 40
Sulfate de chaux	20 25
Eau	20
Matière animale	20

On a proposé de remplacer l'acide sulfurique par les acides chlorhydrique ou acétique impurs; mais il est évident que l'acide sulfurique est, en général, de beaucoup préférable.

Les os ne sont pas la seule source de phosphates dont puisse disposer l'agriculture. Nous avons trouvé une certaine proportion de ces sels dans plusieurs sables

de mer que nous avons eu l'occasion d'examiner, et qui sont employés par les cultivateurs du littoral de la Manche. Les excellents effets bien constatés de cette espèce d'amendement sont probablement dus, en partie, à la présence de ce composé. On a découvert, depuis deux ans, en Angleterre, des marnes phosphatées; elles paraissent produire d'excellents résultats. Tout me porte à croire qu'il existe en France beaucoup de marnes analogues; leur recherche serait assurément une des études les plus utiles à entreprendre. Enfin, il existe, dans certaines contrées, et notamment en Espagne, des dépôts considérables de phosphate de chaux, que les minéralogistes désignent sous le nom d'*apatite*. Il serait à désirer que l'on connût beaucoup de gisements de cette roche. Il suffirait de la réduire en poudre, et au besoin de la traiter par l'acide sulfurique, pour obtenir un excellent amendement qui pourrait rendre la fertilité à bien des terres dépourvues d'acide phosphorique.

La quantité de phosphates employée par hectare varie de 40 à 40 hectolitres. En général, il suffit d'une fumure tous les trois ou quatre ans.

Pour donner une idée de l'importance du commerce des os en Angleterre, nous nous bornerons à citer les chiffres officiels de l'importation, pendant une période de cinq années :

	Poids importés.
1843.	42,036 tonneaux.
1844.	33,958 —
1845.	37,411 —
1846.	34,050 —
1847.	29,646 —

Transport des engrais. On a déjà donné, en parlant des irrigations, quelques renseignements sur le répandage économique des engrais liquides plus ou moins étendus; mais dans le Nord on les emploie beaucoup plus concentrés, et on les transporte dans les champs au moyen de tonneaux montés sur deux roues, ou simplement placés sur un haquet. En Allemagne, on se

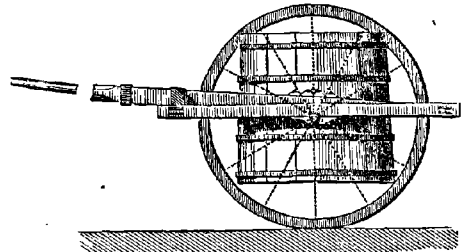


Fig. 439 (0,02)

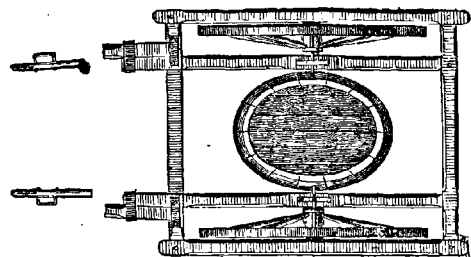


Fig. 440 (0,02).

sert pour ce transport d'une cuve, montée comme l'indiquent les fig. 439 et 440. Cette disposition est très simple,

rend la manipulation très facile, et méritait, par conséquent, d'être signalée.

En Angleterre, on répand les engrais au moyen d'une voiture prismatique en tôle ou en bois (fig. 441),

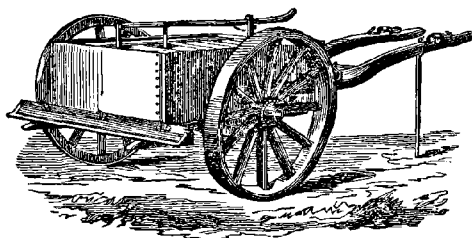


Fig. 441.

garnie d'un tuyau criblé de trous par lequel le liquide sort en pluie. Le conducteur, assis sur le devant, ouvre ou ferme de sa place, au moyen d'un renvoi de mouvement, la communication de la caisse avec le tube distributeur. Ces voitures ne diffèrent, d'ailleurs, de celles qui sont employées à l'arrosage des chaussées de Londres, que par leur construction un peu plus grossière, et la largeur des jantes, qui est très considérable, pour ne pas couper les terres labourées.

Nous ne voulons pas insister ici sur l'importance que présente pour l'agriculture l'utilisation des matières fécales; nous dirons seulement que c'est un des progrès les plus urgents à réaliser, et que nous ne saurions assez engager les agriculteurs des environs des villes à imiter les habitants de la Flandre. Ils y trouveront un avantage considérable, qui compensera lar-

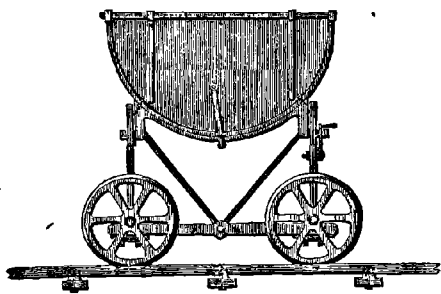


Fig. 142 (0,025).

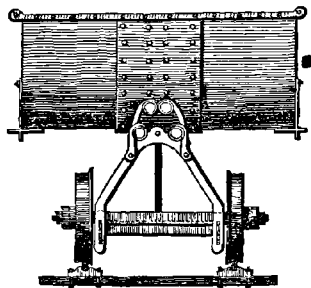


Fig. 443 (0,025).

gement les résistances et les difficultés que la routine pourra leur opposer au commencement de leurs essais.

Nous devons, avant d'abandonner le sujet qui nous occupe, faire connaître une application remarquable à l'agriculture de moyens de transport plus perfectionnés que ceux qu'elle emploie habituellement. Le procédé que nous allons indiquer n'est pas susceptible d'être employé d'une manière générale; mais les circonstances où il serait applicable sont peut-être moins rares qu'on ne le supposerait, et les avantages qu'il a procurés méritent d'être cités.

L'une des compagnies qui s'occupent de la mise en culture des bruyères de la Campine a fait construire un petit chemin de fer, de 1,500 mètres environ de longueur, pour transporter les engrais du canal sur son terrain, d'une étendue de 209 hect. La voie était formée de bandes de fer de 0^m,055 de hauteur, placées de champ; elle se déplaçait facilement toutes les fois que les besoins du service l'exigeaient. Les wagons, d'un mètre cube de capacité, sont au nombre de six; ils ont coûté 4,800 fr.; ils sont en tôle, et présentent la disposition indiquée par les fig. 142 et 143. Le chemin de fer, non compris les wagons, a coûté 6,059 fr. Deux chevaux et deux domestiques ont suffi au service des wagons. Le mètre cube de matière, transporté à 4,000 mètres, n'a coûté que 0^f,25, y compris le chargement, le déchargement et les faux frais.

CHAPITRE VI.

CULTURES, ASSOLEMENTS.

On a fait connaître, dans les deux chapitres précédents, les faits généraux qui intéressent à la fois toutes les cultures. On étudiera, en particulier, dans celui-ci, les principales plantes agricoles de notre climat, et les soins spéciaux que chacune d'elles exige pour atteindre tout son développement.

Ce chapitre sera divisé en six sections, comprenant l'étude des céréales, des légumineuses cultivées pour leurs semences, des plantes fourragères, des plantes à racines alimentaires, des plantes industrielles, et enfin de la théorie des assolements. Cette division, très incomplète au point de vue scientifique, suffira pour le but pratique que nous poursuivons.

Première section. — Céréales.

La classe des céréales comprend un certain nombre de plantes de la famille des graminées et le sarrasin, cultivées principalement pour leur grain, facile à transformer en farine par l'action de la meule. Les graines des céréales présentent, pour la nourriture de l'homme, un grand nombre de qualités précieuses qui les ont fait rechercher pour cet usage depuis la plus haute antiquité, et qui donnent à leur culture une importance supérieure à celle de toutes les autres plantes. On va passer en revue les espèces les plus importantes de cette grande classe de végétaux.

I. FROMENT.

On désigne sous ce nom les espèces du genre botanique de Linné, *triticum*, qui se dépouillent de leurs balles par le battage.

Le froment est de toutes les céréales la plus riche en principes nutritifs. Sa culture se répand tous les jours davantage dans les pays où l'agriculture est en progrès. Les faits principaux relatifs à la production annuelle moyenne du froment dans quelques États de l'Europe sont réunis dans le tableau suivant :

	Produit. hectol.	Étendus cultivés. hectares.	Multiplication de la semence.
Angleterre.	27,000,000	560,000	9 p. 4
Ecosse.	1,540,000		8 —
Irlande.	40,600,000	103,000	8 —
Suède.	239,450		4,50 —
Pologne.	4,000,000	228,400	—
Prusse.	7,400,000		6 —
Autriche.	29,430,000		—
Hollande et Bel- gique.	3,426,000	286,000	—
France.	70,000,000		6,67 —
Espagne.	17,861,000		—
— provinces de Murcie, parties arrosées.			36 —

Variétés du froment. Il existe un très grand nombre de variétés de froment et on en annonce tous les jours de nouvelles. Les essais d'acclimatation du froment doivent être tentés avec beaucoup de réserve; car il est rare qu'une variété donnée conserve, dans une contrée nouvelle, les qualités qu'elle possédait dans le climat où elle s'était primitivement développée. La classification la plus pratique des diverses variétés de froment est celle adoptée par M. Vilmorin, que nous reproduisons ici :

1° Grains tendres.

(a) **TOUSSELLES**, épis sans barbes ou à barbes très courtes et peu nombreuses; paille creuse. Les principales variétés sont les suivantes :

Blé d'hiver commun. Cette variété est la plus répandue dans le centre et le nord de la France. L'épi (fig. 444) est jaunâtre, pyramidal; le grain est roussette et long.

Le blé dit anglais, ou froment rouge, se rapproche beaucoup de celui-ci; les épis, de forme quadrangulaire, sont plus forts et plus longs.

Blé de mars commun. C'est le trémou du nord et du centre de la France. Le grain est presque dur, l'épi est plus court que celui du précédent.

Blé blanc de Flandre, connu sous le nom de blé blanc-zéé, blé blazé de Lille, blé de Fellenberg, etc. Cette variété est une des plus productives; elle convient surtout aux terres de bonne qualité et un peu fraîches.

Blé de Hongrie, appelé blé anglais, aux environs de Blois. L'épi est blanc, ramassé, presque carré. Son poids est supérieur à celui du précédent; sa paille est moins longue.

Tousselle blanche de Provence. Épi très blanc, à épillets écartés; grain blanc jaunâtre, très long. Il convient parfaitement dans le midi de la France; le climat du Nord et même de l'Ouest est trop rigoureux pour lui.

Blé richelle blanche de Naples. Épi blanc, quelques arêtes courtes. Cette variété est très belle, mais elle craint le froid.

Blé d'Odessa, tousselle rousse de Provence, blé meunier du Comtat. Cette variété redoute un peu le froid; mais elle résiste bien à la sécheresse, et vient même dans les terres à seigle. L'épi est rougeâtre ou cuivré, un peu irrégulier; épillets inégaux. Le grain est plus étroit que celui de la richelle.

Blé de Saumur. Gros grain bien plein, paille très blanche; redoute l'humidité.

Blé des haies. Épi carré, épais, régulier, couvert



Fig. 444.

d'un duvet blanc velouté; grain court blanc jaunâtre; très précoce.

Blé Lama. Épi rouge clair ou doré; grain petit, de très bonne qualité. Cette variété s'accommode de tous les terrains, mais redoute les hivers rigoureux. On doit la recueillir un peu avant la maturité, parce qu'elle est sujette à s'égréner.

Blé du Caucase. Épi d'un rouge obscur, long, à épillets écartés, grain allongé, rougeâtre, assez dur et pesant. Sa paille est faible et sujette à verser. Il craint les hivers du nord de la France. Il y a une sous variété à épis blanchâtres.

Blé carré de Sicile. C'est un blé de mars, épi rouge brun, court, carré, à grains rayés, presque dur, de bonne qualité. Variété hâtive, paille assez haute, et grosse dans la partie supérieure.

(b) **SÉISSETTES.** Épis barbus, paille creuse, plus ferme que celle des tousselles, et moins recherchée pour la nourriture des bestiaux. Plusieurs variétés tendent à disparaître de nos cultures; les principales sont les suivantes :

Blé barbu de printemps. Épi blanchâtre, à barbes très développées (fig. 445), grain gros, demi-tendre, de couleur grisâtre.

Séissette de Provence. Cette variété craint le froid du nord de la France; elle est assez répandue dans le midi.

On distingue encore le *blé barbu d'hiver*, presque entièrement abandonné; le *blé à chapel de Toscane*, sous-variété appauvrie du blé barbu de printemps; le *blé Victoria* et le *blé hérisson*, garni de barbes divariquées, à grain court, petit, rougeâtre; espèce très productive, qu'il convient de semer au printemps.

(c) **POTLARDS.** Épis barbus, carrés, paille pleine vers le sommet, et peu estimée à cause de sa dureté. Cette espèce se développe dans les sols humides et riches en matières organiques, où toutes les autres verseraient ou se rouilleraient. Elle produit beaucoup dans les terres qui lui conviennent; mais le grain est toujours moins cher que celui des autres natures de blé. On distingue principalement les variétés suivantes :

Le *poulard carré velu*, désigné aussi sous le nom de gros blé du Midi, gros turquet, etc.

Ce blé est très répandu dans le Midi, dans l'Ouest, en Espagne, etc.; son épi est blanc ou rougeâtre. Il supporte bien l'hiver, mais mûrit un peu lentement (figure 446).

Poulard carré à barbes noires, ou *garagnon du Languedoc.* Épi blanc, lisse, barbes blanches ou noires. Les arêtes tombent à la maturité; paille forte.

Blé miracle. Épi rameux, très productif dans les terres riches. Sa farine est grossière; sa paille est très dure. Il est sujet à dégénérer.

2° Grains durs

(d) **AUBAINES.** Épis à barbes longues et raides;



Fig. 445.

grain long et glacé. La paille, pleine vers le sommet, est très ferme, et verse difficilement; la farine est riche en gluten, et convient pour la fabrication des pâtes d'Italie. Les aubaines sont sensibles au froid, et mûrissent difficilement; leur culture ne s'étend pas avec avantage au-delà de la région des oliviers.

Aubaine de Tangu-rock. Épi allongé, lâche, à quatre faces égales. Les sous-variétés ont les barbes noires, rousses ou blanches.

Aubaine à épi comprimé. Les articles de l'épi sont très courts, l'épi, aplati, très large et lancéolé, est couvert de gros poils nombreux.

(e) **BLÉ DE POLOGNE.** Il a bien réussi dans le midi de la France; mais son grain, très allongé, très dur, et son aspect particulier l'ayant fait repousser des marchés, on a abandonné sa culture.

Culture du froment. La partie moyenne de la zone tempérée est le climat où le blé vient le mieux; cependant il s'étend au-delà de cette limite, et on le rencontre dans presque tous les points du globe où l'homme a pu s'établir sans de trop grandes difficultés.

Le froment redoute également un excès de sécheresse ou d'humidité. Toutes les terres qui renferment plus de 20 p. 400 d'eau, ou qui, quinze jours avant la moisson, n'en contiennent plus 40 p. 400 à 0^m,33 de profondeur, sont incapables de fournir de bonnes récoltes de cette plante. On conçoit dès lors pourquoi, dans les pays très humides, les terres argileuses sont impropres à la culture du froment, tandis que ce sont celles que l'on recherche pour cet objet dans les pays chauds. Dans la plus grande partie de la France, ce sont les terrains de consistance moyenne qui conviennent le mieux au blé.

Pour déterminer la nature et la proportion des engrais ou des amendements que nécessite la culture du blé, il faut comparer la composition de cette récolte à celle du sol. Or, d'après M. Boussingault, les 200 parties de paille et les 400 parties de grain qui composent une récolte de froment supposée sèche, contiennent :

	Grain.	Paille.	Total.
Carbone	46,40	96,96	143,06
Oxygène	5,80	40,68	46,48
Hydrogène	43,40	76,58	119,98
Azote	2,29	0,70	2,99
Acide sulfurique	0,02	0,14	0,16
Acide phosphorique	1,44	0,44	1,58
Chlore	traces	0,08	0,08
Chaux	0,07	1,18	1,25
Magnésie	1,39	0,68	1,07

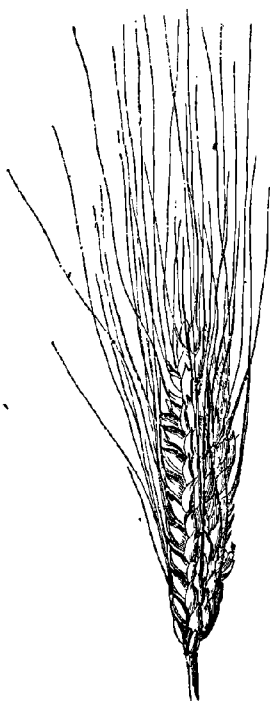


Fig. 446.

Potasse	0,72	4,28	2,00
Soude	traces	0,04	0,04
Silice	0,03	9,42	9,45
Fer et alumine	"	0,14	0,14
Perte	"	"	1,72
			<u>300,00</u>

On voit que les principes minéraux les plus abondants sont les silicates et les phosphates alcalins et terreux. Le fumier de ferme renferme tous les éléments nécessaires, mais quelques-uns en trop faible quantité, notamment les phosphates, qui sont exportés du domaine avec les grains et le laitage, ou se concentrent particulièrement les sels de cette espèce. On conçoit, par conséquent, la nécessité d'ajouter aux engrais des os, du guano ou autres matières riches en phosphates, si le sol n'en contient pas naturellement une forte proportion. Les céréales entraînent aussi une notable quantité de chaux, qu'il faut restituer aux sols, qui n'en renferment pas assez.

La nature de l'engrais exerce sur la composition du grain une influence très marquée : plus il est riche en azote, et plus le grain contient de gluten. Ainsi, tandis que du grain venu sur une terre non fumée renfermait 9,2 de gluten et 66,7 d'amidon, celui obtenu sur un sol fumé avec de l'urine d'homme contenait 35,4 de gluten et 39,3 d'amidon.

La quantité d'engrais à employer varie avec la richesse acquise du sol, et la nature même de l'engrais. L'analyse exacte du terrain, de la récolte à obtenir et du fumier dont on dispose peut seule conduire à une conclusion logique à cet égard. La question est trop complexe pour qu'il soit possible d'arriver, sans le secours de l'analyse, à une appréciation positive. On peut admettre, comme résultat moyen, que le froment s'assimile de 0,20 à 0,35 de la quantité d'azote existant dans le sol et dans les fumiers qu'on y ajoute. On peut, d'après cette donnée, calculer approximativement la quantité d'un engrais donné qu'il faut ajouter à un terrain d'une fertilité connue, pour obtenir une récolte déterminée de grain et de paille de froment.

La préparation mécanique à donner à la terre qui doit recevoir du blé dépend, en grande partie, de la récolte à laquelle il succède. Dans tous les cas, il faut que le sol ait été ameubli à une profondeur de 0^m,20 au moins; mais il convient de laisser à la terre le temps de se raffermir avant les semailles, qui ne doivent être précédées que d'un labour très superficiel. On ne doit pas trop pulvériser la surface du sol, surtout pour les blés d'hiver. Il est bon qu'il reste un assez grand nombre de petites mottes de 0^m,05 à 0^m,07 de diamètre, qui, en se délitant au printemps, recouvrent les tiges des jeunes plantes.

Les terrains qui doivent être ensemencés en blé, au printemps, reçoivent, à la fin de l'été, après l'enlèvement des récoltes, un labour et un hersage; puis un labour profond avant l'hiver, et enfin, au moment de l'ensemencement, un labour superficiel suivi d'un roulage et d'un hersage.

Lorsque le sol a été bien ameubli par une récolte de féverolles, de maïs ou de pommes de terre, biné et fumé, il suffit de le herser fortement pour l'égaliser, de le labourer, puis de herser de nouveau; on fait ensuite passer le rouleau, on sème le blé et on l'enfouit à la herse.

Après l'enlèvement des fourrages verts annuels, quand on doit semer du blé, on donne un labour profond. On nettoie la terre de temps à autre avec le scarificateur. Enfin, au moment des semailles, on donne au sol une dernière façon avec le même instrument; on herse et on roule.

La préparation, pour recevoir du blé, d'un sol cultivé en luzerne, et même en sainfoin ou en trèfle, quand

ces dernières plantes ont duré un peu longtemps, est plus compliquée que dans les cas précédents. Aussitôt après la première coupe on donne un labour superficiel. Quand les gazons sont desséchés, on herse en travers pour enlever les racines des plantes nuisibles. Pendant l'été, il faut donner deux nouveaux labours profonds suivis de hersages. Enfin, au moment des semailles, on donne un dernier labour au scarificateur.

Les grains employés comme semences doivent être choisis avec soin. Leur volume ne paraît pas très important; mais il faut qu'ils soient parfaitement bien conformés, qu'ils aient été récoltés très mûrs, qu'ils soient autant que possible de l'année précédente, et enfin parfaitement triés et débarrassés de grains et autres matières étrangères, par un passage réitéré au van, au crible, ou mieux au trieur Vachou. Le renouvellement des grains, au moyen d'espèces amenées de pays plus ou moins éloignés, ne paraît utile qu'autant que la variété de blé que l'on veut conserver dégénère dans le pays où l'on se trouve.

Le chaulage de la semence est une opération qui a pour but de préserver plus tard les plantes de la carie. Il convient toujours de prendre cette précaution, qui est fort peu coûteuse, et qui ne peut en aucun cas produire de mauvais résultats. Beaucoup de substances peuvent servir à atteindre le but proposé, soit seules, soit mélangées. Le sulfate de cuivre seul ou mélangé de sel marin est un des plus puissants préservatifs de la carie; mais ce sel, comme le vert-de-gris, comme l'arsenic, etc., est très vénéneux, et puisqu'il est possible de le remplacer très convenablement par un mélange de sulfate de soude et de chaux vive, nous ne conseillerons que cette dernière recette, dont nous allons indiquer le mode d'application.

Il convient d'abord de laver le grain à l'eau pure à deux ou trois reprises et de le bien égoutter. On procède ensuite au chaulage, ou plutôt au sulfatage. A cet effet on dissout, pour chaque hectolitre de grain, 640 gr. de sulfate de soude dans 9 kil. d'eau, et on étend par immersion, pour les réduire en poudre, 2 kil. de chaux vive en fragments. On met le grain dans un grand baquet, et pendant qu'un ouvrier le remue en tous sens, une autre personne l'arrose avec la dissolution de sulfate de soude. Quand on voit l'eau paraître un peu en excès, on saupoudre la chaux sur la masse en remuant toujours, jusqu'à ce que tous les grains soient bien recouverts de chaux. On retire le grain du baquet et on le dépose dans un coin jusqu'au moment de l'emploi. Il se dessèche généralement assez vite; cependant il convient de le remuer de temps en temps pour l'empêcher de s'échauffer.

L'ensemencement du froment consomme en France annuellement 44,444,780 hectolit., soit, en moyenne, 2 hectol. 05 par hectare, Mais tandis que dans la Manche on emploie jusqu'à 2 hectol. 65 de semence par hectare, on n'en consomme que 1 hectol. 32 dans la Charente. On voit, par ces deux chiffres, combien le mode de culture, la nature du sol, le climat, etc., peuvent influer sur la consommation de semence, et, par suite, l'attention que mérite cette partie de la culture. Les blés de printemps doivent, en général, être plus serrés que ceux d'hiver, qui tallent davantage.

On répand les semences, soit à l'aide de semoirs, soit à la volée.

Les semoirs présentent plusieurs avantages: ils économisent près du tiers de la semence, la répartissent d'une manière plus uniforme, et placent tous les grains à la même profondeur et à la même distance les uns des autres. La régularité des lignes permet l'emploi de binages presque toujours favorables, et favorise ainsi beaucoup le développement des pieds. Mais en revanche les

semoirs sont d'un prix assez élevé, et n'opèrent d'une manière satisfaisante que dans les terrains très soigneusement préparés; ils ne conviennent donc que dans les pays riches et où l'agriculture est fort avancée. Ils rendent en Angleterre de grands services; mais on doit reconnaître que de nombreux progrès sont encore nécessaires pour que leur usage devienne général dans notre pays.

Le semis à la volée est le procédé le plus généralement employé en France. Il exige des ouvriers adroits et attentifs, pour que la semence soit distribuée en quantité convenable, et d'une manière bien égale. On sème avec les deux mains à la fois, ou bien avec une seule main. Le semeur, suivant qu'il suit l'une ou l'autre de ces méthodes, porte la semence dans une corbeille suspendue à son cou par une courroie, ou bien dans une sorte de tablier formant sac. La largeur que le semeur peut embrasser dans chaque jet est de 9 mètres quand il sème d'une main, et de 6 mètres seulement quand il emploie les deux mains. Un bon ouvrier peut ensemençer par jour 4 à 5 hectares de terrain.

Les moyens employés pour enterrer la semence répandue sur le sol dépendent de l'épaisseur de terre dont on veut la recouvrir. Dans le Midi et dans les terres sèches, on enfouit le grain à 0^m,07 ou 0^m,08 de profondeur, en faisant passer une dernière fois la charrue sur le terrain ensemençé. On arrive plus rapidement avec un scarificateur. Quelquefois le semeur suit la charrue, et dépose, dans le sillon qui vient d'être ouvert, le grain, qui se trouve recouvert par le sillon suivant. Ce procédé est fort long, ce qui est un inconvénient sérieux, en raison du peu de beaux jours sur lesquels on peut généralement compter à l'époque des semailles. Dans les terrains humides, on enfouit le grain à 0^m,02 seulement de profondeur; à cet effet, on sème après le dernier labour et l'on donne enfin un coup de herse. Le grain, dans ce procédé, s'accumule au fond des raies et se trouve très inégalement réparti et recouvert. Il vaut mieux, en général, herser après le dernier labour, pour égaliser le sol, semer et herser de nouveau, pour recouvrir la semence.

Les blés d'hiver se sèment vers le commencement d'octobre dans le centre et le nord de la France, et seulement en novembre dans le midi. L'époque des semailles de printemps varie de la fin de février au milieu de mars, et se prolonge même jusqu'en avril dans les terrains très humides. La nature de la terre et le plus ou moins grande sécheresse de la saison déterminent d'ailleurs, dans chaque cas particulier, le moment le plus favorable à adopter.

Le blé, pendant sa période de végétation, exige plusieurs opérations qui dépendent, en grande partie des variations météorologiques. En général, on donne un hersage aux blés d'hiver, vers le mois de mars, pour ameublir le sol durci pendant l'hiver. Le hersage, pour les blés semés en ligne, est avantageusement remplacé par un ou deux binages. Dans les sols légers tourmentés par les gelées et les dégels, un roulage énergique produit, en mars ou en avril, un très bon résultat. Le sarclage à la main en avril, quand le blé a déjà 0^m,20 à 0^m,25, est une des opérations les plus utiles, et ne doit jamais être négligé dans les exploitations bien tenues.

Il arrive quelquefois, après les hivers doux, que le blé pousse avec une vigueur qui l'exposerait à verser après la floraison. Il convient, dans ce cas, de le faire pâturer par quelques moutons ou faucher, de manière à couper environ le tiers supérieur des feuilles.

La production moyenne du froment est de 9 à 40 hectolitres par hectare en France; mais cette production atteint dans des circonstances extrêmement favorables jusqu'à 40 hectolitres, et même 40 hecto-

litres dans les terres arrosées du département de Vaucluse. Dans les bons terrains convenablement traités, elle varie de 20 à 30 hectolitres. Le poids de l'hectolitre de froment varie de 75 à 85 kil. On adopte habituellement 77 ou 80 kil. pour le poids moyen. Un hectolitre contient 1 million environ de gros grains, et jusqu'à 4 million 700,000 grains de petit blé. D'après un grand nombre d'expériences, 400 parties de récolte de froment se décomposent de la manière suivante :

Grain.	22,8
Balle.	4,0
Paille.	57,7
Chaume.	15,5
	100,0

Du reste, le rapport du poids de la paille à celui du grain est extrêmement variable. Ainsi, à Béchelbronn, le poids de la paille étant 400, celui du grain a été 24, en 1840 et 1841; en 1842, il s'est élevé à 90. Voici, d'après différents auteurs, le poids du grain, répondant ou moyenne à 400 de paille :

Boussingault.	38
Thaër.	50
Fadewils.	35
Barger.	44
Block.	33
Schwartz.	44

Quant aux dépenses de production du froment, il serait difficile d'en faire un compte moyen exact; mais on peut sans peine, dans chaque localité, évaluer séparément les divers travaux et les matières premières nécessaires à cette production, et en estimer ainsi le montant total.

II. ÉPEAUTRES.

On désigne sous ce nom les espèces de blé dont le grain reste adhérent à la balle après la maturité, et dont l'axe se désarticule à chaque article. On distingue le grand et le petit épeautre. Le premier a un épi long, grêle, à barbes peu développées; les épillets sont écartés, et laissent l'axe à nu dans leurs intervalles. Il est peu cultivé en France. Le petit épeautre présente un épi barbu très aplati, composé de deux rangs d'épillets très écartés et à un seul grain. On cultive cette variété dans le Berri et le Gâtinais, comme semence d'automne; elle est très peu productive; mais elle peut se développer dans les terres les plus pauvres, ce qui lui donne un certain intérêt.

III. SEIGLE.

La culture du seigle n'est point aussi ancienne que celle du froment. On n'en trouve pas dans les tombeaux d'Égypte, et il n'en est pas question dans les auteurs d'une haute antiquité. On le cultivait en grand dans l'Auvergne et le Forez dès le quinzième siècle.

Le seigle d'hiver (fig. 447) est la variété la plus généralement cultivée. Le seigle de printemps a le grain plus petit, et produit beaucoup moins. Le seigle d'hiver se sème à l'automne ou



Fig 447.

à la fin de juin. Dans ce dernier cas, on peut obtenir une récolte de fourrage vert à l'automne et une récolte de grain l'année suivante. Le seigle est moins sensible au froid que le froment; il mûrit plus vite, et prospère dans des sols légers et secs où le blé ne viendrait pas bien. Enfin, on peut obtenir du seigle plusieurs années de suite du même terrain sans l'épuiser. Les préparations à donner au sol pour le seigle sont à peu près les mêmes que pour le froment. Le seigle se sème toujours à la volée. Il doit être enfoui à une profondeur moitié moins considérable que celle qui convient pour le froment. On emploie 2^{hect.} 82 de semence par hectare dans le Doubs, et 1^{hect.} 45 seulement dans la Gironde. L'en semencement du seigle consomme annuellement, en France, 5,139,422 hectolitres de cette espèce de grain.

L'hectolitre de seigle pèse, en moyenne, 72 kilog. On obtient, en général, une partie de grain pour deux parties de paille. Dans de bonnes conditions, l'hectare fournit 48 à 25 hectolitres de seigle.

On admet qu'il faut dépenser environ 200 kilog. de fumier pour 400 kilog. de grain et de paille produits.

IV. ORGE.

La culture de l'orge remonte à la plus haute antiquité. On en trouve dans les tombeaux égyptiens, et les plus anciens auteurs chinois en font mention. La croissance rapide et la vigueur de cette céréale permettent de la cultiver dans les climats les plus opposés, au nord et au midi; on la rencontre, en Suisse, à près de 2,000 mètres de hauteur au-dessus du niveau de la mer. L'orge ne produit que du pain de mauvaise qualité; mais elle fournit dans le Nord le principal élément de la bière, et constitue, sous différentes formes, une excellente nourriture pour les bestiaux. Les espèces et variétés d'orge cultivées sont extrêmement nombreuses. Nous mentionnerons seulement les plus répandues.

Orge commune. Les grains sont distribués sur six rangs irréguliers, et restent couverts de leurs balles; l'épi est long et aigu. Cette variété talle beaucoup; mais elle exige une forte fumure, et ne peut être semée qu'au printemps (fig. 448).

L'orge escourgeon est la variété la plus répandue en France, comme orge d'hiver; l'épi est court, régulier, et s'égrène facilement.

L'orge à deux rangs mûrit très vite! On le sème au printemps; l'épi est long, comprimé, à arêtes parallèles; elle demande des terres fertiles, mais fournit du grain de bonne qualité (fig. 449).

On cite encore *l'orge écartail* (fig. 450), *l'orge céleste*, *l'orge trifurquée*, etc. Les trois figures qui représentent les variétés d'orge que l'on vient de citer sont à peu près à l'échelle d'un tiers, et dessinées d'après des échantillons ayant le même degré de développement, ce qui permet de les comparer les unes aux autres.

L'orge peut végéter à peu près dans tous les terrains, pourvu qu'ils ne soient pas trop humides; cependant les terres de consistance moyenne lui conviennent particulièrement. Elle demande un sol parfaitement ameubli et très soigneusement préparé. Les semailles se font généralement à la volée; mais on pourrait parfaite-

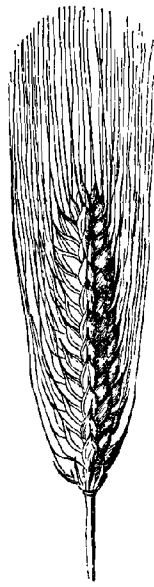


Fig. 448.



Fig. 149.



Fig. 450.

seulement dans le département de Vaucluse. Cette dernière quantité paraît beaucoup trop faible. L'orge doit être un peu plus enfoncée que le blé.

La proportion de la paille au grain varie beaucoup. Cependant, en moyenne, on récolte 2 parties de l'une pour 1 partie de l'autre. L'hectare, en orge d'hiver, produit moyennement 35 à 40 hectolitres de grain, et 24 à 30 hectolitres en orge de printemps. L'hectolitre ne pèse que 64 kilog. environ.

Le grain d'orge séché à l'air contient encore 40 à 47 p. 100 d'eau, et 44 p. 100 en moyenne. Voici sa composition d'après Fresenius :

	Séché à l'air.	Desséché.
Gluten.	12,88	14,96
Albumine.	0,30	0,35
Fécule.	48,06	55,80
Gomme.	3,87	4,50
Sucre.	3,75	4,36
Matières grasses.	0,34	0,40
Ligneux.	13,34	15,50
Cendres.	3,56	4,43
Eau.	43,90	»
	400,00	400,00

Les cendres contiennent, en moyenne :

	Grain.	Paille.
Potasse.	15,61	22,47
Soude.	5,03	0,84
Chaux.	3,06	7,59
Magnésie.	8,04	3,55
Oxyde de fer et perte.	1,94	4,35
Acide phosphorique.	35,68	3,22
Acide sulfurique.	4,22	2,61
Silice.	28,97	16,30
Chlorure de sodium.	0,45	9,37
	400,00	400,00

L'orge enlève donc au sol une forte proportion de potasse, de chaux et d'acide phosphorique. On es-

time que cette récolte consomme 220 kilog. de fumier par 100 kilog. de paille et de grain, soit 40 à 42.000 kilog. de fumier par hectare pour une récolte ordinaire. Les engrais riches en phosphates et en sels alcalins conviennent parfaitement à cette plante. On se trouve très bien d'un mélange formé, par hectare, de :

Guano du Pérou.	423 kil.
Nitrate soude.	63 —
Sulfate de magnésie.	63 —
Chlorure de sodium.	250 —

On répand le guano en même temps que la semence et les sels quand la plante est sortie de terre.

Le méteil est un mélange en proportions différentes de seigle et de froment, et quelquefois d'orge et de froment. Il faut choisir un blé hâtif pour qu'il soit à peu près mûr au moment où il convient de couper le seigle ou l'orge. À l'automne, on sème les mélanges de seigle et de froment, et au printemps ceux d'orge et de froment. La culture du méteil offre certains avantages ; mais ce produit se vend désavantageusement sur les marchés ; il convient dès lors de le consommer sur place.

V. AVOINE.

Dans le nord et le centre de l'Europe, l'avoine sert principalement à la nourriture des animaux domestiques ; elle n'est employée à l'état de gruau, pour la nourriture de l'homme, que dans un petit nombre de localités. Il existe un très grand nombre d'espèces et de variétés d'avoine. On ne cultive en grand, pour leurs graines, que les suivantes.

Avoine commune. Les fleurs de cette variété (fig. 451) sont disposées en panicules lâches. Les épillets sont ordinairement deux fleurs ; les grains sont lisses, allongés, et de couleur variable. On distingue dans cette espèce : l'avoine d'hiver et celle de printemps. La première résiste mieux au froid que la seconde, et se sème avantageusement au printemps. L'avoine de Sibirie est très précoce ; mais elle a l'écorce très dure. Enfin, l'avoine patate, à grain court, rond, et à écorce très tendre, exige un bon terrain.

L'avoine de Hongrie a le panicule serré, les grains portés sur des pédicules très courts et inclinés du même côté. Il y a une variété à grains blancs et l'autre à grains noirs. Cette dernière est la plus productive. On les sème l'une et l'autre au printemps, dans des terres substantielles.

L'avoine courte et l'avoine nue sont beaucoup moins répandues que les précédentes. La première convient particulièrement aux montagnes élevées, et la seconde fournit des gruaux de bonne qualité.



Fig. 451.

Toutes les espèces de terres conviennent pour ainsi dire à l'avoine, depuis les argiles compactes jusqu'aux sables les plus arides. Elle peut succéder à toutes les

AGRICULTURE.

récoltes ; mais il convient de la placer après les racines, parce qu'elle réussit bien sur les terres profondément remuées et mélangées avec une partie du sous-sol.

Les préparations du sol sont à peu près les mêmes pour l'avoine que pour le froment. On sème en septembre, dans le Midi, pour les avoines d'hiver. Les avoines de printemps se sèment au commencement de mars. On emploie 5 hectolitres de semences par hectare dans les terres très légères, et 3 hectolitres seulement dans les terres très fertiles. On sème à la volée, et on enterre le grain assez profondément.

Les cendres d'avoine contiennent en moyenne :

	Grain.	Paille.
Potasse.	46,76	49,44
Soude.	2,49	9,69
Magnésic.	7,70	3,78
Chaux.	3,92	8,07
Acide phosphorique.	48,49	2,56
Acide sulfurique.	4,29	3,26
Silice.	47,03	48,42
Peroxyde de fer et perte.	0,64	4,83
Chlorure de sodium.	0,20	»
Chlorure de potassium.	0,44	»

Le grain fournit environ 3 p. 400 de cendres, et la paille 5 p. 400. On voit qu'il faut fournir à l'avoine des sels alcalins et calcaires. Le plâtre paraît même lui convenir dans certains cas.

Le poids de l'hectolitre d'avoine est de 42 à 46 kilog. On obtient, dans de très bonnes conditions, 48 à 50 hectolitres par hectare ; 20 hectolitres sont un faible produit. La moyenne, en France, est de 40 hectolitres. Moins de 2 parties de paille répondent à 4 partie de grain. D'après Crud, l'avoine consomme 188 kilog. de fumier par 400 kilog. de grain et de paille, ce qui porte la fumure nécessaire, par hectare, pour une récolte ordinaire, à 8 ou 9,000 kilog.

VI. RIZ.

La culture du riz est une des plus avantageuses comme produit net ; elle n'épuise pas le sol, n'exige quelquefois aucune fumure, et prépare parfaitement la terre pour les autres céréales. Aussi, dans tous les pays où cette culture est possible, les grands propriétaires, habitant loin des rizières, et ne se préoccupant que de leur produit, ne cessent-ils d'exagérer leurs avantages généraux, et d'atténuer, on même de nier complètement leurs inconvénients et leur insalubrité, pour lutter contre les lois et ordonnances que tous les gouvernements n'ont cessé de rendre dans le but de limiter l'extension de cette industrie, et de diminuer autant que possible les dangers qu'elle présente. Telle est l'origine de certaines publications dans lesquelles on a prétendu démontrer l'innocuité des rizières, dont aucune personne de bonne foi ne peut s'empêcher de reconnaître les dangers. Les environs des rizières sont extrêmement insalubres ; cette funeste influence s'étend à de grandes distances ; les arbres eux-mêmes en sont affectés et arrêtés dans leur développement. Depuis quelques années cette culture tend à se répandre dans le midi de la France, et notamment en Camargue. Il peut être nécessaire de l'autoriser pour dessaler certains marais, ou comme prime, en quelque sorte, de la mise en valeur de terrains abandonnés. Mais cette autorisation ne doit être que temporaire, et toujours assez restreinte pour que le mal ne devienne pas irrémédiable.

On cultive en Europe deux variétés de riz : le riz commun (fig. 452), dont le grain décortiqué est parfaitement blanc, et le riz sans barbe, plus hâtif et plus fécond que le premier, mais dont le grain grisâtre est moins recherché du commerce. La première variété exige

AGRICULTURE.



Fig. 452.

pour arriver à maturité 3,600 à 3,700° de chaleur solaire, et dans le climat d'Italie 2,700° environ de chaleur moyenne à l'ombre. La seconde variété n'exige, dans les mêmes circonstances, que 2,000° de chaleur moyenne. Le riz ne peut donc prospérer que dans les pays chauds ; il ne réussit en France, à moins de circonstances particulières, que dans les départements les plus méridionaux. Tous les terrains conviennent à la culture du riz, pourvu qu'on y amène en quantité suffisante des eaux de bonne qualité ; car il ne peut se développer que dans l'eau, ou sur les sols extrêmement humides.

Quand le terrain est naturellement sec, on peut établir la rizière temporairement, et la faire alterner avec d'autres cultures. Dans les terrains marécageux, on fait des rizières permanentes. Dans tous les cas, il faut disposer le terrain comme nous l'avons indiqué ci-dessus pour les irrigations par submersion, et donner aux petites digues de séparation des différents compartiments une hauteur telle que l'on puisse retenir jusqu'à 0^m,46 de hauteur d'eau sur la terre. Le terrain est d'ailleurs soigneusement labouré, soit à la charrue, s'il est assez solide pour porter les animaux, soit à la bêche, dans le cas contraire.

On sème les rizières en avril si le sol est bien échauffé, et en mai seulement dans les anciennes rizières où le terrain a été refroidi par une inondation prolongée. Le semeur entre dans le champ couvert d'eau, et répand la graine à la volée ; il est précédé d'un cheval qui traîne une planche destinée à unir le sol et à mettre en suspension dans l'eau une certaine quantité de vase et de terre qui recouvre la graine en se déposant de nouveau. On emploie 2 hect. à 2^{hect.} 3 par hectare. Il convient, avant de semer, de faire tremper les sacs de riz dans l'eau pendant huit ou dix heures.

Deux ou trois jours après les semailles, on retire presque complètement l'eau de la rizière pour échauffer le sol et favoriser le premier développement des jeunes plantes. Quand les premières feuilles paraissent, on introduit l'eau de nouveau, et on en augmente peu à peu la quantité jusqu'à ce qu'elle atteigne la profondeur de

0^m,40 à 0^m,45. Si les insectes attaquaient la rizière, on la mettrait à sec pour les détruire. Pendant les grands vents on abaisse le niveau pour que les vagues ne déracinent pas les jeunes plants de riz. Quand on ne peut pas disposer d'un courant d'eau continu, on maintient l'eau le mieux possible dans la rizière, et on en met de nouvelle seulement tous les sept ou huit jours. Les rizières peuvent parfaitement prospérer avec des irrigations périodiques, pourvu que le terrain ne reste que quelques jours à sec, entre chaque arrosage. Les mauvaises herbes sont un des plus grands dangers des rizières; il faut faire au moins deux sarclages par saison. Cette opération est pénible et très mal saine.

Le riz n'a besoin que de très peu de fumier. En Italie, on fume tous les trois ans avec 7,600 kilog. de fumier par hectare. La force de cette fumure dépend, du reste, en grande partie, de la qualité du sol, et surtout de celle de l'eau; car la fumure précédente fournirait à peine les 2/3 de la quantité d'azote enlevée par les récoltes. Le rendement moyen des rizières est de 40 hectolitres de riz, pesant chacun 75 kilog., c'est-à-dire de grain garni de sa balle. Par la décortication, le volume se réduit de 39 p. 400 environ, et le poids de moitié. La paille est au grain, au moment de la récolte, dans le rapport de 43 à 40 environ.

L'a-solement des rizières alternes varie beaucoup. On sème en riz trois années de suite, puis on dessèche le terrain, on le fume, et on cultive du maïs, de l'orge et du seigle; ou bien on sème du froment, puis du trèfle, et l'on revient au riz.

Il est difficile d'établir complètement le compte du produit d'une rizière. Les dépenses varient avec les terrassements nécessaires, la valeur de l'eau, etc. Voici les nombres admis par Ferrario, pour les environs de Milan :

	RIZIÈRES :	
	Alterne.	Pérenne.
Labour, trois journées d'hommes et d'un couple de bœufs	fr. c. 45 90	fr. c. " "
Travailler le terrain et briser les mottes	" "	22 50
Construction des digues, deux journées un tiers	3 50	" "
Entretien et réparation des digues	6 85	4 50
Semer	0 50	" "
Semer, sarcler, moissonner, battre, etc.	" "	67 40
Sarcler, journées de femmes à 4 fr. 35 c.	40 25	" "
Sarcler les nénuphars et autres plantes aquatiques	" "	2 25
Moissonner	23 95	" "
Dépiquage, criblage, etc.	26 90	" "
Eaux	76 50	41 50
Semence, à 9 fr. 35 c. l'hectolitre	26 45	26 45
Fumier	75 00	52 00
Risques et périls, 4/9 du produit brut	48 00	32 50
Totaux	343 50	248 80

En comparant ces dépenses au produit que cette culture peut fournir, on reconnaît que le produit net est assez élevé relativement à la nature médiocre des terrains qui conviennent au riz.

VII. SARRASIN.

Le sarrasin n'appartient pas, comme les plantes précédentes, à la famille des graminées; mais son rôle, en agriculture, le rapproche trop des céréales pour que nous ne le plaçons pas à leur suite. Dans les



Fig. 453.

pays pauvres, le sarrasin est employé sous diverses formes à la nourriture de l'homme. Quand il est grossièrement concassé, il convient très bien à l'engraissement des animaux. On cultive aussi le sarrasin pour être enfoui, en vert, au moment de la floraison. La fig. 453 représente un fragment de plante de sarrasin ordinaire. Depuis quelques années, on cultive assez en grand une autre variété connue sous le nom de sarrasin de Tartarie, à fleurs vertes, produisant du grain de moins bonne qualité que le précédent, mais plus vigoureux que lui et plus convenable comme engrais vert.

Le sarrasin est extrêmement sensible aux influences météoriques. Sa réussite n'est un peu assurée que dans certaines contrées dont le climat et le sol présentent des conditions particulières, la Bretagne, par exemple. Il se développe et mûrit très rapidement, de sorte qu'il convient bien, dans beaucoup de localités, comme récolte dérobée. Il faut seulement pouvoir le

récolter avant les gelées blanches, qui lui sont funestes. En Bretagne, on le sème au milieu de juin pour le recueillir à la fin d'août, et dans le Midi, à la fin d'août pour le récolter à la fin d'octobre. Les semailles se font à la volée, on enterrait le grain peu profondément. On emploie, en général, 4 hect. de semence par hectare; quelquefois 0^hect.50 seulement, et, au contraire, jusqu'à 1^hect.50 dans les terres médiocres où on le sème pour être enfoui en vert.

Le sarrasin vient bien dans les terres légères et calcaires; les sols tenaces ou trop riches en fumiers ne lui conviennent pas. Il se débarrasse lui-même des mauvaises herbes, et n'exige aucun soin pendant la durée de sa végétation. On peut le cultiver sur des défrichements de laudes; il donne à la terre le temps de se rasseoir, et profite des premiers fumiers que le froment trouve ensuite bien consommés.

Le grain de sarrasin renferme de 2,20 à 2,56 p. 400 de cendres. Les cendres du grain, analysées par Bichon, et celles de la paille essayées par Sprengel, ont fourni les résultats suivants :

	Grain:	Paille.
Potasse	8,74	40,36
Soude	20,40	"
Chaux	6,66	21,98
Magnésie	40,38	40,34
Alumine	"	0,81
Silice	0,69	4,37
Peroxyde de fer	4,05	0,47
Protoxyde de manganèse	"	4,00
Chlorure de sodium	"	4,90
Acide sulfurique	2,46	6,77
Acide phosphorique	50,07	9,00

Les feuilles abondantes du sarrasin lui permettent d'absorber, dans l'atmosphère, une forte proportion d'azote et de carbone; mais il faut qu'il trouve dans le sol une assez grande quantité de potasse et de sels calcaires et magnésiens; aussi se plat-il dans les sols feldspathiques; il consomme environ 416 kilog. de fu-

mier par 400 kilog. de paille et de grain obtenu. Il épaisse donc beaucoup moins la terre que les plantes précédentes.

Le poids moyen de l'hectolitre de sarrasin est de 57 à 60 kilog. Le poids des fanes sèches est assez variable; il est à peu près égal à celui du grain. Le rendement du sarrasin est on ne peut plus variable. En Bretagne, en moyenne, il est de 45 hectol.; en Flandre, il s'élève quelquefois jusqu'à 50 hectol.

VIII. MAÏS.

La culture du maïs est loin d'être aussi répandue qu'elle devrait l'être. Elle peut dépasser de beaucoup les limites du climat qu'on lui attribuait exclusivement autrefois. Les départements où on rencontre le plus abondamment cette belle céréale appartiennent au midi occidental. Rien ne s'opposerait à ce qu'elle prit le même développement dans le midi oriental.

Il existe un grand nombre d'espèces et de variétés de maïs. Il suffit d'indiquer les suivantes :

Maïs d'été. Grain jaune orangé, épi de douze à quatorze rangées de trente à trente-cinq grains. L'hectolitre pèse 78 kilog. Cent épis produisent de 7 à 9 kilog. de grain. La tige s'élève à 4^m,20 environ.

Maïs d'automne. Grain jaune, plus tardif que le précédent; les épis sont plus forts. La tige s'élève à 2 mètres. Il y a une variété à épis blancs.

Maïs quarantin. Dans le Midi, on le sème vers le 20 juin, pour le récolter à la fin d'octobre. Sa tige n'a que 0^m,60 à 0^m,70 de hauteur. Cent épis ne rendent que 6 à 7 kilog. de grain.

Maïs nain. La tige n'a que 0^m,40 à 0^m,50 de hauteur. Cent épis ne rendent que 3 à 4 kilog. au plus de grain. Il y a des sous-variétés à grain jaune, blanc ou rouge.

Maïs de Pensylvanie. Les grains sont jauné-clair, aplatis et très gros. Cent épis donnent jusqu'à 28 kilog. de grain. La tige s'élève à 2 mètres ou 2^m,50. Cette variété est beaucoup plus tardive que les précédentes, et ne convient qu'à nos départements méridionaux. Le maïs de Virginie est à grains blancs, et se rapproche d'ailleurs de celui-ci.

Maïs à bec. Le grain de cette variété se termine en forme de bec. Il est aussi hâtif que le quarantin, mais plus productif.

Nous renvoyons, pour la description des autres variétés de maïs, et pour leurs figures, à l'ouvrage spécial de M. Bonafous sur ce sujet.

Les nombreuses façons que réclame le maïs pendant sa végétation lui font jouer dans le Midi, comme assolément, le rôle que les racines sarclées jouent dans le Nord. En général, on applique à cette plante la fumure de la rotation, et on la fait précéder les autres récoltes.

Dans les terres fortes, on donne avant l'hiver un labour profond, puis au printemps on fume et on recouvre l'engrais par un labour. Enfin, on nettoie la terre une ou deux fois avec l'extirpateur avant l'ensemencement. Dans les terres légères, il suffit de deux labours au printemps.

Le maïs exige de fortes fumures. Quand on est obligé d'économiser le fumier on le dispose au fond des raies, on le recouvre d'un peu de terre, on sème sur ces lignes et on enterre légèrement la graine. Les semailles se font à la volée ou en lignes. Le premier procédé est tout à fait défectueux; le second s'exécute à la main ou avec un semoir. Les lignes sont espacées de 0^m,60 à 0^m,80 les unes des autres, et les plantes de 0^m,30 à 0^m,50, selon l'espèce de maïs et la qualité du sol. Pour les petites variétés, ces écartements peuvent être réduits de moitié. On emploie de 35 à 45 litres de graine par hectare. Le produit est en moyenne de 45 pour 1 de semence dans les Hautes-Pyrénées, de 68 pour 1 dans la Vendée, ce qui fait environ

60 hectolitres par hectare dans les bons terrains, et 30 à peu près dans ceux qui sont moins propres à cette culture. Cent kilog. de grain répondeur environ à 200 kil. de paille, 26 de spaltes et 48 de rafles.

Le maïs a besoin d'engrais riches en sels alcalins et terreux. On estime que la consommation de fumier est environ de 333 kil. par 100 kil. de paille et de grains recueillis. En Piémont, on donne tous les quatre ans 24,342 kil. de fumier par hectare et l'on sème le maïs sur cette fumure.

On doit donner au maïs, pendant son développement, des façons assez nombreuses. On bine aussitôt que les plantes montrent leur troisième ou quatrième feuille. On arrache les tiges trop rapprochées et l'on resserre, avec une variété un peu plus hâtive que la première, les espaces vides; quinze à vingt jours après on donne un buttage. Lorsque les plantes atteignent 0^m,30 à 0^m,40 de hauteur, on donne un second binage suivi d'un buttage. Au moment de la floraison, on enlève les ramifications qui naissent aux nœuds inférieurs, et, après la fécondation, on peut supprimer les épis mâles, qui forment un très bon fourrage. L'espacement des pieds de maïs permet de donner avec les instruments la plupart des façons dont on vient de parler.

On associe quelquefois au maïs un certain nombre d'autres plantes, telles que le chanvre, la betterave, les haricots sans rames, les citrouilles, etc. Ces mélanges de différentes plantes sur le même terrain entraînent à beaucoup de soins, et ne sont généralement avantageux que dans la petite culture.

IX. MILLET.

On distingue le millet commun et le millet d'Italie. Ces deux variétés exigent à peu près le même climat que le maïs. Les millets demandent, comme les maïs, de nombreuses façons, qui rendent avantageuses les semailles en lignes. L'hectolitre de millet pèse 70 kil. On obtient, par hectare, 32 hectolitres environ de grain et 3,900 kil. de paille.

Nous n'insisterons pas davantage sur la culture du millet, qui n'offre en France qu'un très médiocre intérêt. Nous en dirons autant du *sorgho*, que l'on cultive pour faire des balais, et obtenir une graine propre à la nourriture de la volaille.

X. MALADIES DES CÉRÉALES.

Les céréales sont sujettes à un assez grand nombre de maladies, qui les détruisent quelquefois d'une manière à peu près complète. Certains insectes, les influences météoriques, et surtout diverses plantes parasites qui vivent et se développent aux dépens de ces plantes, sont les causes de ces accidents si funestes aux cultivateurs.

Les pluies trop abondantes, la grêle, les sécheresses extrêmes, les gelées tardives, etc., sont autant de phénomènes des plus nuisibles pour les céréales, et contre lesquels il est à peu près impossible de lutter. Dans le midi, les brouillards qui précèdent des journées très chaudes au moment où le grain va mûrir, produisent un accident connu sous le nom de ventaison, blé échaudé, etc. On préserve les grains de cette cause de perte en secouant les épis, avant le lever du soleil, pour faire tomber l'eau qui les mouille, et les soustraire à l'action nuisible que les rayons solaires exerceraient ensuite sur eux s'ils restaient couverts de rosée. A cet effet, les cultivateurs se réunissent et parcourent les champs en tenant une corde assez raide pour faire courber la tête aux épis, et leur imprimer une légère secousse, qui les débarrasse des perles de rosée. Cette

manœuvre, connue sous le nom de *cordage*, produit toujours de très bons effets.

Parmi les insectes les plus nuisibles aux céréales, on distingue les limaces, les vers de terre, les larves de hanneton, etc. Il n'existe pas de moyens bien assurés de détruire ces divers insectes; l'un des procédés les plus efficaces consiste à les étouffer par un roulage énergique au printemps, quand ils se rapprochent de la surface du sol. Le rouleau de Croskill, dont on a déjà parlé (fig. 125), convient particulièrement à cet usage.

Les maladies produites par les plantes parasites et connues sous les noms de *rouille*, *d'ergot*, *charbon* ou *mielle*, et *carie*, ont été très souvent étudiées. On a minutieusement décrit les diverses variétés de champignons microscopiques qui les produisent. Mais, il faut le dire, ces recherches ont eu, jusqu'à présent, un caractère plutôt scientifique que pratique, et on n'est point parvenu à trouver de moyens préservatifs efficaces, si ce n'est contre la carie, qu'un chaulage, exécuté comme on l'a expliqué ci-dessus, prévient d'une manière presque infailible. Nous ne nous arrêterons donc point à décrire ces différentes maladies : cette étude exigerait de longs développements et un grand nombre de figures que l'espace ne nous permet pas de placer ici.

On a indiqué plus haut (chapitre IV) les instruments destinés à la récolte des céréales, et laissera dans le chapitre VIII l'indication des moyens de conservation et d'emmagasinage des grains ou des pailles.

Deuxième section. — Légumineuses cultivées pour leurs grains.

Les légumineuses, à un petit nombre d'exceptions près, puisent dans l'atmosphère une forte proportion de principes azotés, et laissent au sol, par leurs racines et leur chaume, autant de principes organiques qu'elles lui en ont emprunté; de sorte que leur culture ne consomme pour ainsi dire pas de fumier. D'un autre côté, les graines de cette espèce sont généralement plus riches en azote que celles des céréales; ces plantes offrent ainsi ce double avantage, dans les pays pauvres en bestiaux, de fournir pour l'alimentation de l'homme le supplément d'azote qu'il ne peut trouver dans la viande, et, en même temps, de laisser tout le fumier disponible pour les récoltes épuisantes.

Les légumineuses cultivées en France sur une grande échelle sont assez peu nombreuses; nous allons signaler les plus importantes.

I. HARICOTS.

Cette plante est très répandue en France; elle joue surtout un rôle important dans le sud-est. Les animaux ne mangent cette graine que concassée; les moutons et les bêtes à cornes acceptent sa paille sèche.

On cultive un assez grand nombre de variétés de haricots qui se partagent en deux classes : les *haricots nains* et les *haricots à rames*, dont les tiges ont besoin d'être soutenues. Parmi ces derniers, on distingue les variétés suivantes :

Haricot de Soissons. Graine blanche, plate et grosse, très cultivée dans les départements du Nord.

Haricot sabre. Graine blanche, plate, de grandeur moyenne, gousse plate, contournée. On le mange vert ou sec.

Haricot de Prague. Grain rond, rouge, violet ou panaché; il est très tardif et ne mûrit pas toujours dans le Nord. Il a besoin de rames très hautes.

Haricot de Lima. Grain blanc sale, épais et très gros; gousse large, courte et chagrinée; très productif, mais mûrissant fort tard. Il exige des rames élevées.

Haricot mange-tout. Très cultivé en Normandie; grain blanc arrondi; gousse plate contournée, très bonne à l'état frais. Cette variété dégénère rapidement dans les environs de Paris.

Parmi les *haricots nains* on peut citer les suivants :

Haricot de Soissons nain. Grain semblable au haricot de Soissons ramé.

Haricot nain blanc. Graine blanche, petite, aplatie.

Haricot nain sabre. Ne diffère de la variété ramée que par la forme de sa gousse.

Les deux variétés précédentes ne conviennent pas aux terrains humides.

Haricot nain blanc d'Amérique. Grain petit, blanc, un peu allongé. Variété très productive.

Haricot solitaire. Grain rouge, violet, marbré de blanc, touffe très-forte. Egalement très productif.

Les *haricots suisses* et de *Bagnolet*, à grains marbrés, sont peu estimés.

Les haricots s'accoutument de climats assez différents; cependant on est obligé, dans le Nord, de choisir les variétés les plus hâtives et de les mettre dans les terres sèches et légères; dans le Midi, au contraire, il convient de choisir les sols substantiels et frais.

La culture des haricots exige trois labours. On donne le premier, qui doit être très profond, avant l'hiver; le second, moins profond, au printemps, suivi de deux hersages, et enfin, le troisième, au moment des semailles. On prend, en général, pour semence, des graines de deux ans, aussi bien choisies et conformées que possible. On sème en juin dans le Centre, et beaucoup plus tôt dans le Midi; il faut de 4 à 5 hectol. par hectare, selon le développement des touffes de l'espèce employée. Les lignes sont espacées de 0^m,30 à 0^m,40, et les pieds de 0^m,15 à 0^m,20, dans chaque ligne. L'espace réservé entre les lignes ne permet pas l'usage de la houe à cheval; toutes les façons se donnent à la main. Voici en quoi elles consistent : Quand les plantes atteignent une hauteur de 0^m,06 à 0^m,08, on donne un léger binage; on en donne un second, en buttant un peu, quand les fleurs apparaissent, et trois semaines après on en donne un dernier. On place les rames de mètre en mètre, en les réunissant au sommet aussitôt que les tiges tendent à s'entrelacer.

Dans le Midi, on arrose les haricots par infiltration, en introduisant l'eau dans les rigoles formées par les binages, toutes les fois que le sol est desséché à plus de 0^m,05 de profondeur. La récolte des haricots se fait en arrachant les plantes lorsque la plupart des gousses sont mûres. On laisse sécher quelques jours en javelles, et on engrange ensuite. Le battage se fait ultérieurement au fléau.

Les haricots, parmi les légumineuses que nous examinons, sont les seules plantes qui consomment une forte proportion de fumier. On admet que 400 kilog. de grain et de paille récoltés consomment 367 kilog. d'engrais normal, ce qui ferait 16,000 kilog. par hectare environ. Crud regarde les haricots comme peu épuisants; mais cette opinion manque évidemment de base.

L'hectolitre de haricots pèse 77 kilog. On obtient, en moyenne, 29 hectol. de grain et 2,200 à 2,300 kilog. de paille.

II. FÈVES.

Les fèves présentent deux espèces différentes : la fève de marais et la fève de cheval ou *fève-rolle*. Cette dernière est moins grosse que la première; son écorce est plus dure; mais son produit est plus considérable. La fève est employée comme aliment pour l'homme et pour les animaux; elle est cultivée dans toutes les parties tempérées de l'Europe, et peut réussir dans les

argiles compactes, qui ne conviennent qu'à un très petit nombre de plantes. Les fèves exigent à peu près les mêmes soins que les haricots; seulement, on peut assez espacer les plants, pour donner les façons avec les instruments à cheval. La fig. 454 représente quelques variétés de fèves.

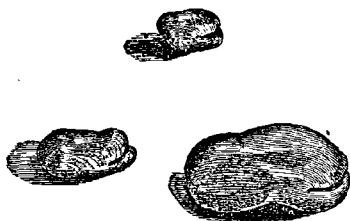


Fig. 454.

La récolte se fait à la faux ou à la faucille. Les amendements les plus convenables pour les fèves doivent contenir une forte proportion de sels alcalins et de phosphates. Les fèves reçoivent habituellement la fumure de la rotation; mais elles ne la consomment pas et augmentent même sa fertilité par les racines et les pailles qu'elles abandonnent. La propriété des fèves, de puiser dans l'atmosphère une forte proportion de produits ammoniacaux, en fait une des plantes les plus utiles à cultiver comme engrais vert.

On recueille, en moyenne, par hectare, 26 hectol. de fèves pesant 88 kilog. chacun, et un poids de fanes à peu près égal à celui du grain.

III. POIS.

La paille et le grain des pois fournissent une nourriture également recherchée par les animaux. On cultive plusieurs espèces de pois; nous distinguerons seulement :

Le *pois de champs* ou *pois gris*. Les fleurs sont roses, violacées; sa graine est grisâtre; elle sert particulièrement à la nourriture des animaux. Il y a des pois gris de printemps et d'hiver; cette dernière variété ne peut être cultivée que dans le Midi.

Le *pois cultivé*. Les fleurs sont généralement blanches; son grain est jaunâtre ou verdâtre; destiné à l'alimentation, ses variétés sont nombreuses. On peut citer, parmi les meilleures espèces, les *pois de Marty*, de *Clamart*, *gros vert normand*, les *pois anglais*, etc.

Le pois doit, en général, être placé à la fin des assolements, et ne jamais se succéder à lui-même; si on le sème après la fumure on obtiendrait, au détriment du grain, un trop grand développement herbacé.

Le nombre de labours nécessaires au sol qui doit fournir des pois varie avec la place de cette récolte dans la rotation. Les pois se plaisent dans un sol profondément ameubli, mais qui ne soit pas trop finement pulvérisé; il convient donc d'éviter, ou de n'employer qu'avec réserve, la herse et le rouleau. Dans le Midi, on sème à l'automne; dans le Nord, on préfère généralement attendre le printemps. Les semis se font à la volée ou en lignes. Quand les pois ont atteint 0^m,05 à 0^m,06 de hauteur, on donne un léger coup de herse pour ameublir la couche superficielle du sol durcie par les eaux. Les pois cultivés exigent un binage et un fort buttage, pour diminuer leur tendance à s'élever, au point d'exiger des rames, qu'on ne peut leur fournir dans la grande culture.

Le rendement des pois est très variable; le rapport du grain à la paille est surtout extrêmement différent d'une année ou d'un terrain à l'autre. En moyenne, on

obtient, par hectare, 43 hectol. de graine pesant 79 kilog. chacun.

IV. VESCES, LENTILLES, etc.

La vesce présente un certain intérêt pour la nourriture des animaux domestiques. On distingue la *vesce noire*, qui se sème en automne, la *vesce blanche*, que l'on sème au printemps; enfin, la *vesce vesue* ou de Russie, introduite depuis un certain nombre d'années dans la grande culture, qui fournit, dans les terrains convenables, un produit abondant. Cette plante est peu difficile, n'exige qu'une préparation très simple du sol, et vient dans le plupart des terrains, pourvu qu'ils ne soient pas trop épuisés.

La vesce produit environ 45 hectol. par hectare, pesant 80 kilog. l'un, et 3,000 kilog. de paille, qui forme un bon fourrage.

La *lentille* forme une bonne nourriture pour l'homme et les animaux. Sa farine, introduite dans le pain en proportion convenable, lui enlève sa blancheur, mais lui communique une saveur agréable. Cette plante prospère dans les terres légères et graveleuses; les terres compactes ne lui conviennent pas; on emploie 4 hectol. à 4 hectol. 1/2 de semence par hectare; le produit varie de 40 à 24 hectol. du poids de 85 kilog.

Le *pois chiche* et la *gesse* sont deux plantes qui se rapprochent des précédentes, mais dont la culture est réservée dans un trop petit nombre de départements méridionaux pour qu'il soit utile de s'en occuper ici.

Troisième section. — Plantes fourragères.

On peut dire, sans paradoxe, que l'état d'un pays dépend du rapport de sa production en plantes fourragères à l'ensemble de ses autres cultures. De ce rapport, en effet, résulte celui de la population au nombre des animaux domestiques, qui fournissent au cultivateur les forces motrices qu'il emploie, et, au commerce, l'un des éléments les plus précieux de l'alimentation publique, ainsi que les matières premières des industries les plus importantes. On développera plus loin cet aperçu, véritable point de départ de l'économie agricole. Pour le moment, on se bornera, comme dans les sections précédentes, à faire connaître les faits pratiques les plus essentiels de chacune des cultures que l'on examinera.

I. PRAIRIES PERMANENTES.

Presque tous les terrains abandonnés à eux-mêmes se recouvrent d'un gazon formé par la réunion d'un plus ou moins grand nombre d'herbes différentes. Cette végétation, pour ainsi dire spontanée, est suspendue dans le Nord par le froid rigoureux des hivers, et ne reprend son activité que pendant le printemps et l'été. Dans le Midi, au contraire, elle se continue pendant l'hiver, et s'arrête seulement pendant les sécheresses des étés brûlants de ces contrées. Enfin, entre ces deux climats extrêmes, sur les côtes occidentales de notre continent, en Hollande, en Normandie, en Irlande, etc., l'humidité constante de l'atmosphère et la douceur des hivers permettent aux herbes de se développer à peu près en toute saison, et de conserver sans cesse leur verdure naturelle. Ce sont les pays d'herbages proprement dits, dont l'art des irrigations et une culture avancée permettent de retrouver les avantages dans des contrées plus favorisées qu'eux sous le rapport de la température.

La nature des plantes qui composent une prairie naturelle dépend du climat, de la nature du sol, des soins qu'on lui donne et du mode d'exploitation. Quelles que soient les herbes existantes à l'origine, la propor-

tion relative des différentes espèces se modifie, d'année en année, en raison des circonstances extérieures, jusqu'à ce qu'elle arrive à un état d'équilibre, en quelque sorte, qui ne se modifie plus, à moins qu'on n'apporte quelques modifications nouvelles à l'état de la prairie par une fumure, par un mode nouveau d'exploitation, ou de toute autre manière.

Les graminées et les légumineuses sont les deux familles prépondérantes dans les prairies; toutes les autres plantes n'ont qu'une utilité secondaire, et pourraient en général en être bannies. Les plantes des prairies sont extrêmement nombreuses. Nous nous bornerons à donner ici l'énumération des meilleures variétés, en empruntant à M. de Gasparin leur classification, l'époque de leur floraison dans le climat de Paris, la perte que chacune d'elles éprouve par la dessiccation, et, enfin, la teneur en azote du foin qu'elle fournit. Ces renseignements suffiront pour aider dans les choix que l'on pourrait avoir à faire, pour la création de prairies, dans des conditions déterminées :

Les fig. 455, 456, 457, 458, 459 et 460 représentent quelques-unes des plantes qui se trouvent le plus ordinairement dans nos prairies.

Lorsqu'il s'agit de former une prairie sur un terrain déjà gazonné, on doit utiliser ce commencement de végétation et se borner à le favoriser, en enlevant les plantes nuisibles, en aplanissant les taupinières, et de plus, surtout dans les bons terrains, en répandant quelques engrais et de la graine des espèces d'herbes qui conviennent le mieux au sol, et qui manquent, ou sont trop peu nombreuses, dans le gazon.

Pour former une prairie sur un terrain non herbé, on procède habituellement par semis. A cet effet, on prépare la terre comme pour un ensemencement de blé; on sème sur le sol, bien fumé et bien ameubli, le mélange de graine qui paraît le plus convenable et on le recouvre avec une herse légère, ou même avec un rateau, quand il s'agit d'ados irrigués. On peut semer avec la graine de gazon du sarrasin, qui, par son feuillage, protège les herbes contre la sécheresse; mais cette précaution

1° PLANTES DES TERRAINS HUMIDES.

	Fleurit à Paris.	L'herbe perd par la fœuail-on.	Azote p. 100 de foin normal.
<i>Poa fluitans</i> . Bord des ruisseaux et des étangs, fourrage tendre et excellent.	20 juillet	0,70	4,95
<i>Poa aquatica</i> . Fourrage assez grossier, très dur si on le coupe tard; racines fortes et traçantes.	20 juillet	0,80	4,27
<i>Phleum pratense</i> . Terres tourbeuses et humides, très répandu dans les prairies humides; beau regain, fourrage excellent.	16 juillet	0,56	4,00
<i>Phalaris arundinacea</i> . Glaise sableuse, près des amas d'eau. Fourrage d'apparence grossière, mais assez bon quand il a été fauché avant la floraison.	16 juillet	0,50	4,49
<i>Alopecurus pratensis</i> . Bonne récolte dans les terrains humides et frais.	20 mai	0,70	0,67
<i>Festuca elatior</i> . — <i>Pratensis</i> . — <i>Gigantea</i> . Il faut choisir la grande variété quand on recueille la graine. Terres riches et humides.	12 juillet	0,60 0,54 0,66	4,53 4,58 4,71
<i>Festuca arundinacea</i> . Fourrage abondant, mais grossier.	10 juillet	0,51	0,54
<i>Agrostis stolonifera</i> . Prairies sablonneuses et humides.	" "	0,55	4,33
<i>Arundo phragmites</i> . Terrains inondés ou humides. Son foin doit être coupé de bonne heure.	10 août	0,50	0,75
<i>Lathyrus pratensis</i> . Excellente plante, fourrage abondant; terrains riches et humides.	15 juin	0,68	2,36

2° PLANTES DES TERRAINS FRAIS.

<i>Festuca elatior</i> . La variété <i>gigantea</i> atteint dans ce terrain son plus grand développement.	12 juillet	0,66	4,71
<i>Avena elatior</i> . Repousse toute l'année; fourrage amer, qu'il ne faut pas donner seul aux bestiaux.	24 juin	0,60	0,85
<i>Lolium perenne</i> . Repousse constamment, aime à être fauché; fourrage médiocre.	4 ^{er} juillet	0,58	0,98
<i>Alopecurus pratensis</i> . Vulpin des prés, précoce; regain abondant.	20 mai	0,70	0,67
<i>Phleum pratense</i> . Pousse constamment; excellente graminée.	16 juillet	0,56	4,02
<i>Dactylis glomerata</i> . Excellente plante.	24 juin	0,59	0,85
<i>Holcus lanatus</i> . Excellente plante. On ne peut pas la semer seule.	14 juillet	0,53	4,92
<i>Poa pratensis</i> . Doit être coupée en fleur; résiste bien à la sécheresse.	30 mai	0,70	4,03
<i>Poa trivialis</i> . Doit être fauchée tard.	13 juin	0,70	4,60
<i>Poa nemoralis</i> . Ne craint pas l'ombre; ne gazonne pas.	28 juin	0,55	1,64
<i>Bromus pratensis</i> . Fourrage abondant, mais médiocre.	" "	0,58	0,58
<i>Trifolium pratense</i> . C'est la base essentielle d'une prairie, dont elle garnit le fond.	" "	0,78	4,54

3° PLANTES DES TERRAINS SECS.

<i>Lolium perenne</i> .	4 ^{er} juillet	"	0,98
<i>Poa trivialis</i> .	13 juin	"	4,60
<i>Festuca glauca</i> .	13 juin	"	0,99
<i>Agrostis vulgaris</i> .	24 juillet	"	4,30
<i>Triticum repens</i> . C'est une des bonnes plantes des prairies sèches, mais elle demande du fumier.	10 août	"	4,53
<i>Holcus mollis</i> . C'est la plante spéciale à ces terrains.	24 juillet	"	2,60
<i>Avena pratensis</i> .	18 juin	"	4,37
<i>Lotus corniculatus</i> .	" "	"	"

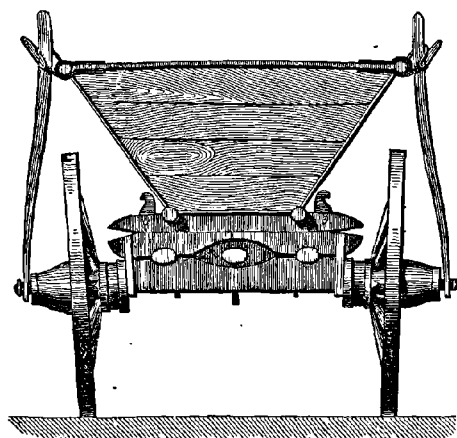


Fig. 462.

II. PRAIRIES TEMPORAIRES.

Les prairies temporaires, ou prairies artificielles, n'ont pris que depuis peu d'années en France le développement considérable qu'elles ont aujourd'hui. Leurs avantages sont très réels dans beaucoup de localités; elles permettent d'augmenter le nombre des bestiaux et de suppléer, jusqu'à un certain point, aux prairies naturelles. Dans les pays où les printemps et les étés secs sont très rares leur succès est à peu près assuré, et leur culture est dès lors fort avantageuse dans les terrains de bonne qualité. Dans le Midi, au contraire, la sécheresse ordinaire du printemps s'oppose souvent au succès des semis, et, alors il convient de n'y consacrer que des terres de peu de valeur, de ne compter sur la récolte que comme supplément, et d'assurer par les prairies arrosées les besoins ordinaires de la ferme.

Les plantes qui composent les prairies temporaires se partagent en deux classes : les unes empruntent à l'atmosphère une forte proportion de principes nutritifs et laissent à la terre plus de matières fertilisantes qu'elle n'en contenait avant leur culture; les autres, au contraire, enlèvent au sol une plus ou moins forte proportion de sa fertilité.

Les plantes de la première catégorie constituent un groupe améliorant, dans lequel se placent la luzerne, les trèfles, les sainfoins, la spergule, les genets et ajoncs, etc. Les plantes de la deuxième catégorie, au contraire, forment un groupe épuisant dans lequel on remarque l'ivraie vivace, l'herbe de Guinée, le seigle, etc.

On va étudier les plus importantes de ces plantes.

Luzerne. Cette plante est très anciennement connue. Elle paraît originaire des pays chauds, et craint, quand elle est jeune, les hivers très rigoureux et les gelées tardives. Elle a besoin d'un sol profond, ou au moins reposant sur un sous-sol perméable. Ses racines, qui peuvent atteindre plusieurs mètres de longueur, puisent dans le sous-sol une partie de leur nourriture. Les terres froides et constamment humides, ou les argiles fortes ne lui conviennent pas du tout; mais elle vient très bien sur ces terrains, quand leurs mauvaises qualités ont été détruites par un drainage énergique.

On sème la luzerne à la volée, à raison de 40 kil. par hectare environ, après un labour aussi profond que possible et une forte fumure. Les semailles se font à l'automne ou au printemps, quelquefois après

celles des céréales. On recouvre légèrement la graine en faisant passer une herse renversée et garnie d'épines. Quand la luzerne sort de terre on donne quelques sarclages, puis des hersages après chaque coupe. On donne aussi à la luzerne, après la dernière coupe et avant qu'elle n'entre en végétation, un léger labour avec le scarificateur.

La durée de la luzerne est extrêmement variable, et peut se prolonger pour ainsi dire indéfiniment dans certaines circonstances exceptionnelles; mais en pratique, dans le plus grand nombre des cas, on ne conserve pas les luzernières plus de cinq à six ans. Quand on sème au printemps, on peut faire deux coupes seulement la première année; si l'on sème à l'automne, la luzerne est en plein rapport dès l'année suivante. La seconde année le produit augmente encore; mais il cesse de croître, et diminue même quelquefois, dès la troisième année, dans les sols peu profonds, où la luzerne ne peut point enfoncer ses racines.

Les amendements calcaires sont indispensables à la luzerne dans les terrains qui ne sont pas riches en substances de cette espèce. Le plâtre surtout exerce sur elle une influence des plus favorables. Les cendres de luzerne, qui s'élèvent jusqu'à 6,8 p. 400 du poids du foin, contiennent une forte proportion de potasse. La lenteur avec laquelle se décomposent les silicates naturels de cette base explique peut-être la nécessité d'interrompre pendant plusieurs années la culture de la luzerne sur un même terrain. Les sels de potasse seraient certainement, dans les terrains pauvres en alcalis, un excellent amendement pour cette plante.

La luzerne est une des plantes fourragères les plus productives. Elle commence à végéter, selon M. de Gasparin, quand la température moyenne de l'air atteint $+8^{\circ}$. On la coupe quand elle est en fleur, c'est-à-dire quand elle a reçu 852° de chaleur totale au-dessus de $+8^{\circ}$. De sorte qu'en divisant par ce nombre la somme totale de chaleur annuelle dans chaque contrée, entre le moment où la chaleur moyenne atteint 8° et celui où elle retombe au-dessous de ce chiffre, on obtient pour quotient le nombre de coupes de luzerne que l'on peut recueillir. A Alger, dans les terrains frais, on fait huit coupes par an; dans le Midi, on en fait cinq ou six; à Paris, on fait quatre coupes les années chaudes et trois dans les autres, en faisant pâturer la quatrième.

Dans une bonne luzernière du Midi, en cinq coupes M. de Gasparin a recueilli 45,300 kil. de foin sec. Aux environs de Paris, dans des conditions analogues, on a obtenu en trois coupes 9,600 kil. de foin sec. Dans les terres sèches, on irrigue la luzerne avec avantage. On donne un arrosage après chaque coupe.

Pour défricher la luzerne on donne un labour profond, quand le sol est un peu humide, puis on cultive en céréales. Quelquefois on donne seulement un labour de 0^m,40 ou 0^m,42 de profondeur; puis on sème de l'avoine ou du blé d'hiver. L'année suivante, après la récolte des céréales, les pieds de luzerne qui ont échappé montent en graine que l'on peut récolter. La même manière de procéder peut se renouveler deux années de suite.

La luzerne est soumise à plusieurs causes de destruction qu'il est utile d'indiquer. Le rhizoctone de la luzerne est un cryptogame qui enveloppe de ses filets rougeâtres la racine de la plante et la fait périr. Quand la maladie se manifeste dans un champ, il faut cerner la place par une tranchée circulaire très profonde. Si le mal continue ses progrès, il ne reste qu'à défricher la luzerne et à attendre plusieurs années avant d'en ressemer à la même place.

La cuscute est une plante grimpante annuelle qui enlace les tiges de luzerne et les fait périr. Le moyen le plus simple de s'en débarrasser est de faire pâturer

toute l'année la luzernière par des moutons, ou de la faucher toutes les fois que les plantes ont 0^m,06 ou 0^m,07 de hauteur. Par ces moyens, la cuscute ne peut monter en graine et ne se reproduit pas l'année suivante. La graine de cuscute ne se sépare point par le criblage de celle de la luzerne; mais, en frottant entre deux toiles rudes le mélange des deux graines et criblant ensuite, celle de cuscute est facilement séparée.

Enfin, un insecte particulier, le *colopsis atra*, dévore quelquefois la luzerne. Il faut, quand cet ennemi attaque un champ, le mettre en fuite en fauchant la luzerne. On peut aussi attendre à l'époque de l'apparition des larves. Il paraît même que ce retard est avantageux.

Trèfle rouge. Le trèfle est pour les climats froids et humides ce qu'est la luzerne pour les contrées plus chaudes. Le trèfle vient évidemment d'autant mieux que la terre est de meilleure qualité; mais il donne encore de bons produits dans des terres médiocres, et réussit presque partout, à moins de conditions tout à fait défavorables.

Il existe plusieurs variétés de trèfle; mais la plus répandue et la plus rustique est le trèfle rouge ordinaire (fig. 463). Il serait cependant utile d'essayer un peu en grand les autres variétés; on en trouverait sans doute quelques-unes de convenables pour certaines conditions déterminées.

On sème le trèfle à la volée, à raison de 45 à 20 kilog. par hectare. La semence a lieu en automne, avec les céréales, ou bien au printemps, soit avec les céréales d'automne, soit avec celles du printemps. La graine ne doit être recouverte que de 0^m,020 à 0^m,025 de terre. Les graines plus profondément enfouies ne lèvent que très difficilement.

On défoncé généralement les trèfles à la fin de leur deuxième ou au plus tard de leur troisième année. Quelquefois même on ne recueille qu'une année de fourrage; mais cette méthode n'est justifiable que dans le cas d'un semis mal réussi; car le produit le plus abondant est celui de la seconde année, et le trèfle étant, éminemment améliorant, accroît par son séjour même la fertilité du sol.

Le trèfle enlève à la terre une forte proportion d'éléments minéraux qu'il est indispensable de restituer au sol par des amendements appropriés. Le plâtre est très favorable à cette culture. Il convient d'en répandre une certaine quantité après chaque coupe. Le plâtre annuel doit être de 300 kilog. environ par hectare.

Pour faire consommer le trèfle en vert, on le coupe aussitôt que la faux peut le saisir. Quand on veut le convertir en foin, on le coupe en pleines fleurs, si l'on espère une seconde coupe, et seulement quand elles commencent à se flétrir dans le cas contraire. Le séchage du trèfle est très difficile parce qu'il contient plus des 3/4 de son poids d'eau. La graine se récolte habi-



Fig. 463.

tuellement sur les plantes de la seconde coupe. On obtient, en moyenne, 5,000 à 7,000 kilog. de foin de trèfle par hectare. Le produit, dans les terres fraîches et irriguées du Midi, peut s'élever à 9,000 kilog., et Crud dit en avoir obtenu, en Suisse, jusqu'à 10,000 kilogrammes.

Le trèfle incarnat est un fourrage précoce qui peut rendre des services en raison de ses qualités particulières. Il est assez peu répandu.

Sainfoin. Il y a deux variétés de sainfoin : le petit et le grand. La seconde, obtenue par les cultures soignées, dans les bonnes terres calcaires du Languedoc, est infiniment plus vigoureuse que la première; le regain est assez abondant pour être fanché, ce qui lui a fait donner le nom de sainfoin à deux coupes. Il dégénère à la longue dans les terres pauvres et arides, et la graine doit être renouvelée.

Le sainfoin se plaît particulièrement dans les terres profondes, légères et fortement calcaires. Mais il vient dans tous les terrains, même les plus sableux et les plus arides; il ne redoute que les sols à eaux stagnantes ou constamment humides. Cette faculté de croître dans les terrains arides fait du sainfoin une plante fourragère des plus précieuses; non-seulement il donne un produit dans des terres pour ainsi dire sans valeur, mais encore il les enrichit par ses débris, augmente leur consistance, et permet de cultiver des céréales dans des terrains où on n'aurait pas essayé de le faire avant lui.

Les cultivateurs qui attachent une grande importance à la culture du sainfoin le sèment au printemps, quand la température atteint environ 40°, sur une terre préparée à cet effet l'automne précédent. Avant les semailles, on donne un coup de scarificateur pour bien nettoyer et ameublir le terrain. Habituellement on se borne à semer à l'automne, sur les sols bien égouttés, avec les céréales d'hiver, ou bien, au printemps, soit sur la céréale d'hiver, après un hersage, soit avec les céréales de printemps, ou enfin avec un semis de vesces destinées à être consommées en vert. On emploie 4 à 6 hectol. de graines par hectare, selon sa qualité. Dans les terrains peu calcaires, on répand, chaque année, 200 à 250 kilog. de plâtre. Le sainfoin doit être conservé deux ou trois ans, et même plus longtemps, s'il n'est pas trop envahi par les mauvaises herbes.

On fauche le sainfoin quand la floraison est complète. On obtient, dans les terrains convenables, 4,000 à 7,000 kilog. de foin par hectare. Le regain, quand on ne le fauche pas, doit être pâturé par des bêtes à cornes; les moutons coupent la plante trop près du collet et la déchaussent. On doit éviter de semer le sainfoin trop près des arbres; il leur est funeste.

Le trèfle, la luzerne et le sainfoin forment la presque totalité de nos prairies artificielles. Nous nous bornerons à mentionner quelques autres plantes employées au même usage.

Le *sulla* ou sainfoin d'Espagne est une plante fourragère des pays chauds; elle rendra probablement de grands services en Algérie; mais les hivers, en France, même dans le Midi, sont souvent trop rigoureux pour elle.

La *lupuline* ne peut être fauchée, mais elle fournit un pâturage assez précieux dans les terrains où le trèfle ne réussit pas, et où le sainfoin ne s'élève pas assez.

Les *vesces* et les *gesces* sont semées, soit seules, soit mélangées avec d'autres plantes, et consommées en sec ou en vert; employées comme fourrages, ces plantes n'offrent d'avantages que dans des circonstances assez spéciales.

L'*ajonc*, en Bretagne, le *genêt d'Espagne*, dans le Midi, rendent quelques services comme fourrage. Ces deux plantes, mieux connues, permettraient d'utiliser

de vastes terrains pour ainsi dire abandonnés aujourd'hui.

La *spergule* rend, en Belgique, d'immenses services, soit comme engrais vert, soit comme fourrage. Elle paraît réussir beaucoup moins bien en France, et dégénère souvent avec une rapidité singulière.

Enfin, on cultive quelquefois l'orge, le seigle, le maïs, etc., comme fourrages verts annuels, et les ivraies, l'herbe de Guinée, etc., comme fourrages permanents. Toutes les plantes de cette dernière catégorie enlèvent au sol plus de principes fertilisants qu'elles ne lui en restituent, de sorte que si elles se placent sous le rapport de leurs applications parmi les plantes fourragères, elles doivent être soigneusement distinguées de celles que nous avons étudiées avec plus de soin, et qui jouent un rôle si important, au point de vue de l'économie agricole, par suite de la propriété qu'elles possèdent d'accroître la fertilité du sol.

Quatrième section. — Plantes cultivées en grand pour leurs racines alimentaires.

Les racines entrent maintenant en forte proportion dans le régime alimentaire de l'homme et des animaux. Elles rendent à l'agriculture, par leurs qualités spéciales, des services signalés, et leur introduction, dans certaines localités, a transformé l'état du sol et son mode d'exploitation. On ne doit pas cependant se laisser aller à trop d'admiration pour les produits de cette culture. Ils ont, il est vrai, un poids très considérable, mais ils ne contiennent relativement qu'une faible quantité de matières nutritives, et l'exemple terrible de l'Irlande montre le danger de laisser prédominer dans un pays la culture d'aliments d'un ordre aussi inférieur.

On étudiera, dans ce qui va suivre, les principales plantes à racines alimentaires, à l'exception de la *betterave*, pour laquelle nous renvoyons à l'article SUCRE.

I. POMMES DE TERRE.

Les variétés de pommes de terre sont extrêmement nombreuses, et se multiplient tous les jours. Il serait impossible d'en donner une liste complète, et surtout de définir nettement chacune d'elles. La collection conservée par M. Vilmorin est partagée en quatre sections : 1^o les pommes de terre très productives, à goût moins délicat que les autres ; 2^o les pommes de terre remarquables par leurs bonnes qualités ; 3^o les pommes de terre hâtives ; 4^o les pommes de terre de longue garde. Cette classification pratique serait difficile à appliquer en tous lieux. M. de Girardin a proposé de partager les pommes de terre, en raison de leur conformation extérieure, en trois sections : 1^o les *patraques*, à tubercules généralement arrondis, offrant des yeux nombreux et apparents ; 2^o les *parmentières*, à tubercules allongés ou aplatis, munis d'yeux peu nombreux ; 3^o les *vitelottes*, à tubercules allongés et cylindriques, offrant des yeux très nombreux, très apparents, et enchâssés dans une cavité profonde.

Les parmentières ne comprennent que des variétés de jardin ; parmi les vitelottes, quelques-unes seulement conviennent à la grande culture. Dans la section des patraques, enfin, se rencontrent les espèces les plus productives. La patraque ex-noble se place en première ligne, excepté dans les terrains calcaires, soit pour les emplois alimentaires, soit pour la féculerie.

La pomme de terre se développe dans la plupart des terrains, pourvu qu'ils ne soient pas trop compactes, et qu'ils ne soient ni tout à fait secs, ni constamment mouillés. Elle se plaît particulièrement dans les terres fertiles, légères et fraîches.

Dans les climats humides et les terrains frais, on peut se dispenser de remuer profondément la terre qui doit recevoir des pommes de terre. Mais les labours profonds et les défoncements sont indispensables dans les terres disposées à la sécheresse.

On reproduit, en général, les pommes de terre en déposant en terre des tubercules coupés en morceaux, de telle sorte que chaque fragment contienne au moins un œil. Le moyen le plus expéditif de semer consiste à déposer les fragments au fond d'une raie de charrue de 0^m,40 de profondeur, et à les recouvrir par la terre que renverse le versoir en ouvrant le sillon suivant. Quelquefois on plante à la main, en quinconce, en ouvrant de petits trous au point d'intersection de lignes d'avance perpendiculaires, éloignées les unes des autres d'une quantité convenable. Dans les terres humides, on plante les pommes de terre au sommet de billons étroits, et on les recouvre avec la terre de deux sillons voisins formant rigoles d'assainissement. L'espace entre les plantes est très variable ; cependant, dans le plus grand nombre des cas, il est de 0^m,25 à 0^m,30 en tout sens. Cet écartement paraît être celui qui donne le maximum de produit ; mais il oblige à donner à la main toutes les façons.

On sème les pommes de terre en automne, au printemps, ou bien même après la récolte des céréales, dans les pays assez chauds et où le sol est en même temps assez frais pour que l'on puisse obtenir la récolte avant l'hiver.

Les soins que réclame la pomme de terre se bornent à des sarclages, que l'on peut donner à la herse, et à un buttage quand la végétation est assez avancée. Cette dernière opération est même quelquefois négligée sans que le produit paraisse en souffrir beaucoup.

On arrache presque toujours les pommes de terre à la fourche ou à la bêche. On estime qu'il faut dix-huit journées d'homme et huit de femme pour recueillir, sur 1 hectare, 23,440 kilog. de tubercules. L'époque de la récolte n'est pas absolument fixée, comme pour les plantes aériennes. Le moment le plus convenable est celui où toute la pomme de terre présente une consistance homogène. Elle renferme alors, en moyenne, environ 75 à 77 p. 400 d'eau.

Les pommes de terre demandent des engrais d'une décomposition facile, fournissant beaucoup d'acide carbonique, et riches en sels alcalins. Le fumier ordinaire leur convient très bien ; selon Scherzer, il faut en employer 49,000 à 20,000 kilog. par hectare pour obtenir 47,700 kilog. de récolte, ce qui répond assez bien aux indications de la théorie.

Un hectolitre ras de pommes de terre pèse de 62 à 65 kilog. Il contient 300 tubercules, s'ils sont très gros, 900 s'ils sont moyens, et jusqu'à 2,000 s'ils sont très petits. On obtient, dans les bonnes cultures, 25,000 et jusqu'à 30,000 kilog. de pommes de terre par hectare. Mais, dans les terres médiocres mal soignées, ou dans une mauvaise année, la récolte tombe quelquefois à 40,000 kilog. On estime qu'elle est, en moyenne, de 47,000 kilog. contenant 64 kilog. d'azote, et représentant, par conséquent, une masse de nourriture égale à celle que fourniraient 49 hectol. de blé, c'est-à-dire le produit de près de 4 hectares consacrés à cette plante.

Les pommes de terre se conservent très bien quand on peut les mettre à l'abri de la lumière et des gelées, et surtout des dégels trop rapides. Des caves bien sèches, et assez profondes pour qu'il n'y gèle pas, seraient le meilleur emplacement pour conserver cette récolte ; mais il est rare que l'on dispose de pareilles caves ; on y supplée au moyen de silos en maçonnerie ou en terre. Ces derniers se construisent en creusant dans le sol une fosse de 0^m,40 à 0^m,50 de profondeur ; on garnit de paille le fond et les bords de cette fosse, et on la remplit de pommes de terre que l'on dispose

en tas conique ou prismatique, et que l'on recouvre d'une couche de terre de 0^m,30 d'épaisseur. Quand le terrain est humide et le climat pluvieux, il convient d'entourer le silo d'une tranchée plus profonde que lui, et de le recouvrir d'un toit en chaume.

Les pommes de terre sont atteintes par plusieurs maladies : la *gale*, la *frisoïée* et la *rouille* des feuilles, qui détruisent plus ou moins complètement les récoltes qu'elles attaquent; mais ces diverses maladies n'avaient jamais pris de caractère général inquiétant. Il n'en est pas de même de la maladie proprement dite des pommes de terre, qui a produit en Europe, depuis quelques années, de si grands ravages. Cette affection se manifeste par des taches rousses, partant en général de la circonférence près des tiges, et gagnant peu à peu la couche corticale, et enfin le tubercule tout entier. Bien que la maladie ait sévi pendant les années sèches comme pendant les années pluvieuses, il paraît cependant bien établi que l'humidité est une des causes déterminantes de son invasion, et qu'elle se montre moins souvent et avec moins d'intensité dans les terrains bien assainis. Tous les moyens préservatifs conseillés jusqu'à présent n'ont donné aucun résultat positif. On peut dire seulement que les variétés hâtives échappent à cette cause de destruction, parce que leur récolte peut avoir lieu avant l'époque habituelle de l'invasion de la maladie.

La contagion se transmet par le contact des tubercules affectés et des tubercules sains. Il paraît que l'on peut conserver des pommes de terre saines avec celles qui sont malades, pourvu qu'elles soient séparées les unes des autres dans les silos par une couche de sable. Mais ce qu'il y a de mieux à faire pour tirer parti d'une récolte atteinte est de la livrer aux féculeries pour en extraire le plus vite possible ce qu'il reste de fécule encore intacte. La distillation donne des alcools d'une saveur désagréable, ce qui rend peu avantageux ce mode d'emploi des pommes de terre malades.

II. NAVETS.

La variété la plus répandue dans la grande culture a une forme ronde aplatie; on la désigne sous les noms de rave du Limousin ou rabioule. On cultive aussi le navet à tête rose ou grande rave.

La culture du navet est très avantageuse dans les climats doux et humides, comme ceux de l'Angleterre et d'une partie de nos côtes; mais elle ne donne, en général, dans le Centre et le Midi, que d'assez médiocres résultats, qui font nier, par certains agriculteurs, les avantages incontestables de cette plante dans les pays qui lui conviennent.

Les terrains les plus convenables aux navets sont peu compactes et frais sans être humides. Cependant ils peuvent venir dans presque tous les terrains, et les argiles fortes-mêmes, qui ne leur conviennent pas du tout dans leur état naturel, en fournissent de belles récoltes quand elles ont été bien drainées. Les navets commencent en général la rotation; on les fait suivre de céréales d'automne, si leur récolte a été assez hâtive, et, dans le cas contraire, de céréales du printemps.

La préparation du sol destiné à recevoir les navets doit être très soignée. Il faut que la terre soit profondément remuée et parfaitement pulvérisée; à cet effet, on emploie successivement la charrue, la herse, le scarificateur et le rouleau.

On sème les navets depuis le commencement de mai jusqu'à la fin de juin. L'ensemencement se fait en lignes, soit à la main, soit au semoir. En général, avant de semer les navets, on dépose le fumier au fond des sillons, on le recouvre par un second passage de la charrue, et on sème au-dessus des lignes de fumier, qui

se trouve ainsi plus à proximité de la jeune plante. On doit entretenir, par des sarclages répétés, la propreté des champs de navets. Les premiers sarclages peuvent se donner à la herse; mais, dans les cultures soignées, faites sur des lignes de fumier, on emploie la houe à cheval entre les lignes, et la houe à main pour éclaircir le plant et le débarrasser des mauvaises herbes. Après le hersage, on donne encore quelquefois deux façons au buttoir, pour recouvrir de terre le collet de la racine; mais elles ne sont pas indispensables. On espace les plantes de 0^m,25 à 0^m,50 les unes des autres. L'emploi de la houe à cheval oblige à écarter les lignes beaucoup plus qu'on ne le ferait dans une culture à la main.

Ce que l'on vient de dire s'applique à la culture des navets considérée comme récolte principale; mais en France, et surtout aux environs de Paris, le navet est une récolte dérobée que l'on obtient après les céréales. À cet effet, on enterre le chaume par un ou deux labours, on sème le navet à la volée, et aussitôt que les plantes ont leurs premières feuilles, on donne un sarclage à la main. Les plantes sont espacées, en moyenne, de 0^m,15 à 0^m,25 les unes des autres.

On peut arracher les navets et les conserver à peu près comme les pommes de terre, ou les faire manger sur place par les bestiaux.

Les navets produisent, par hectare, de 25,000 à 65,000 kilog. Les feuilles forment, en outre, un fourrage vert que les animaux mangent avec plaisir.

III. CAROTTE.

Cette racine est très recherchée du bétail, et forme, pour l'hiver, un utile auxiliaire des autres aliments; mais elle exige des soins si multipliés que son prix de revient est fort considérable, ce qui empêche sa culture de prendre une grande extension. Les carottes se sèment quand la température est arrivée depuis quelque temps à + 9°. Les lignes sont espacées de 0^m,15 environ. On retarde autant que possible la récolte, en évitant toutefois, avec le plus grand soin, d'être surpris par les gelées. Il faut faire consommer les carottes de bonne heure, parce qu'elles recommencent à végéter aussitôt que la température atteint 9° à 10°. On obtient, en moyenne, 20,000 kilog. de carottes par hectare.

Nous nous bornerons à citer encore, parmi les plantes à racines fourragères ou alimentaires, le panais, la patate, le topinambour, le rutabaga, etc. Ces différentes plantes peuvent, dans certains cas spéciaux, être fort utilement employées; quelques-unes d'entre elles paraissent même appelées à occuper une place importante dans les cultures avancées; mais elles sont ou trop peu connues, ou trop peu répandues jusqu'à présent, pour qu'il soit utile de s'y arrêter ici.

Cinquième section. — Cultures industrielles.

Nous réunissons sous ce titre un certain nombre de plantes qui trouvent dans les arts leur principal emploi. Leur importance, généralement secondaire au point de vue agricole, nous permettra d'abréger beaucoup leur étude.

I. PLANTES TEXTILES.

L'agriculture du Midi, et surtout celle de l'Algérie, semblent devoir s'enrichir, dans un avenir prochain, d'une nouvelle plante textile, le *phormium tenax*, dont quelques expériences semblent démontrer les bonnes qualités. Mais, quant à présent, les deux seules plantes cultivées en France, pour leurs fibres, sont le chanvre et le lin.

Chanvre. Le chanvre (fig. 464) a besoin d'un terrain fertile, profond, qui ne soit pas extrêmement tenace,



Fig. 464.

et qui, sans être mouillé, reste frais pendant toute la durée de la végétation de cette plante. La rapidité de sa croissance permet de le cultiver dans des climats très opposés.

La terre à chanvre doit être bien préparée et abondamment fumée, à moins qu'elle ne soit par elle-même d'une extrême fertilité, périodiquement renouvelée par des inondations ou autrement. On sème depuis le milieu de mars jusqu'en juillet, selon la récolte qui accompagne ou précède la culture du chanvre. On emploie de 6 à 12 hectol. de semences par hectare, selon le but que l'on se propose d'atteindre et la nature du terrain. Les semis clairs donnent des tiges grandes et fortes très convenables pour fournir de la graine, mais dont la filasse est grossière; les semis épais, au contraire, fournissent de petites tiges qui s'abritent les unes les autres, et donnent de la filasse fine et douce. Les semis épais n'exigent, pour ainsi dire, aucun soin, parce que le chanvre étouffe les mauvaises herbes. Dans les semis clairs, on donne au plant un ou deux sarclages et un binage. La récolte du chanvre se fait en deux fois. On arrache d'abord le chanvre mâle, et quelques semaines après le chanvre femelle, qui n'arrive à maturité qu'un peu plus tard.

Lin. Cette plante est cultivée soit pour sa filasse, soit pour sa graine. Il est difficile d'obtenir à la fois ces deux produits dans de bonnes conditions. La filasse a perdu une partie de ses qualités quand la graine arrive à maturité. Cependant, en cueillant le lin un peu avant la maturité de la graine, on obtient une filasse passable, et, pendant le séchage, la graine arrive à un point suffisant de maturité pour être employée à la fabrication de l'huile, et surtout comme assaisonnement des fourrages.

Le lin exige, comme le chanvre, des terrains fertiles, frais, riches en engrais et en humus. Les alluvions et les prairies défoncées conviennent particulièrement à sa culture. La préparation du sol varie avec les usages locaux, mais elle doit toujours être soignée. Les en-

grais énergiques conviennent très bien au lin; il enlève au sol une forte proportion de sels minéraux. On recommande vivement, en Irlande, de lui appliquer, par hectare, un mélange formé de :

Os en poudre.	300 kil.
Chlorure de potassium.	466
Chlorure de sodium.	455
Plâtre cuit pulvérisé.	488
Sulfate de magnésie.	344
	4,120

On sème en automne ou vers le mois de mai, à raison de 425 à 250 kil. de graine par hectare, selon que l'on veut obtenir de la graine, ou des flasses plus ou moins fines. On obtient de 400 à 600 kil. de filasse par hectare, en moyenne.

On recueille le lin, comme le chanvre, en l'arrachant par petites poignées. On le fait sécher, puis on le soumet au rouissage et aux autres opérations industrielles nécessaires à sa transformation en matière ouvrée. Nous n'avons pas à examiner ces différentes manipulations, qui font l'objet d'un article spécial du *Dictionnaire*; mais nous ne pouvons passer sous silence une modification récemment introduite dans la préparation du lin, et qui permet de remplacer l'ancien procédé si insalubre du rouissage par une opération qui n'entraîne avec elle aucun inconvénient, et permet de restituer au sol toutes les matières solubles qui se perdent ordinairement dans les rouitours. Ce procédé consiste à placer le lin dans des cuves remplies d'eau chauffée à 32° environ. La fermentation se développe rapidement et le rouissage est terminé en soixante ou quatre-vingt-dix heures. Dans le grand établissement de MM. Bernard et Koch, les cuves sont en bois, de forme elliptique; le grand diamètre a 4^m,27, le petit 3^m,05. La profondeur des cuves est de 1^m,42. Elles sont garnies d'un double fond percé de trous, dans lequel se trouve un serpentín où l'on fait passer de la vapeur pour échauffer l'eau. Le lin est placé verticalement dans les cuves et maintenu par un disque en planches. On remplit l'appareil d'eau, on fait arriver la vapeur dans le serpentín, et quand la masse est suffisamment échauffée on l'abandonne à elle-même; la fermentation suffit pour entretenir la température nécessaire. Quand la fermentation est terminée, on fait sécher le lin comme de coutume. L'eau des cuves est employée comme engrais; elles rendent au sol la presque totalité des principes fertilisants enlevés par le lin, et permettent ainsi de ramener souvent cette plante sur la même terre sans l'épuiser.

II. PLANTES OLÉIFÈRES.

La graine de lin peut servir à la préparation d'une huile fort utile pour les arts. Cependant, c'est comme plante textile que le lin rend le plus de services; aussi l'avons-nous placé dans la division précédente. On cultive en France pour la fabrication des huiles un assez grand nombre de plantes, parmi lesquelles nous citerons seulement les suivantes, qui sont les plus répandues. Toutes ces plantes, épuisant le sol, exigent des engrais abondants et doivent être associées dans la culture aux plantes qui concourent à enrichir le sol de terreau. Leur place dans la rotation doit être la même que celle des céréales, c'est-à-dire entre une récolte sarclée et une plante fourragère.

Colza. Le colza (fig. 465) vient bien dans presque tous les terrains qui ne sont pas trop incoustantes. On le sème à l'automne ou au printemps, sur le terrain soigneusement préparé, ou bien on le transplante. Cette dernière méthode est la plus fréquemment employée. On choisit un moment où le terrain de la pépinière est

humide, pour que l'arrachage ait lieu sans difficulté. La plantation se fait à la charrue; on dépose les pieds

sont peu répandues en France et ne méritent pas une mention spéciale.



Fig. 465.

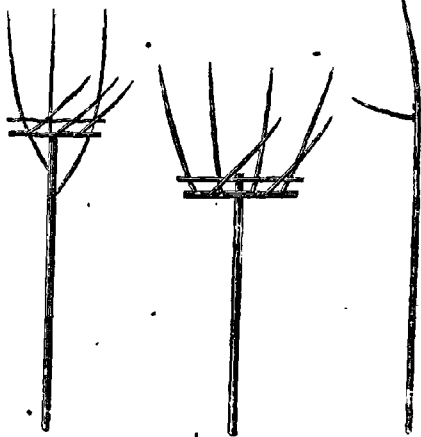


Fig. 466.



Fig. 467.

de colza contre la raie, à 0^m,25 environ les uns des autres; la charrue les enfouit en formant le sillon suivant. Il ne faut point enterrer le collet, ce qui exige assez de soin. Quelquefois on replante par simples boutures.

Le colza exige une forte fumure et des engrais riches en azote. Le guano, l'engrais flamand, lui conviennent parfaitement. Dans de bonnes conditions, on obtient 40 hectolitres de graine par hectare, pesant 68 kil. chacun environ, et fournissant à peu près 0,3 de leur poids d'huile.

On se sert, en général, pour charger le colza sur les charrettes sans l'égrener, d'une grande fourche à dents, en bois léger (fig. 466), qui pourrait également convenir pour d'autres récoltes.

Cameline. Cette plante (fig. 467) peut prospérer dans les terrains légers et sablonneux. Elle est très épuisante; on la sème en mai ou juin. On éclaircit le plant de manière que les pieds soient écartés de 0^m,46 environ, et on sarcle pour détruire les mauvaises herbes. La cameline produit, par hectare, de 42 à 20 hectolitres de graine, du poids de 70 kil. chacun. Elle est moins délicate que le colza et moins sujette à manquer complètement; mais son produit est bien moins considérable.

Pavot. La culture du pavot n'a d'importance en France qu'en Lorraine et dans l'Artois; elle exige des soins et une adresse tels, que l'on intéresse toujours l'ouvrier au succès par une part dans la récolte. Le pavot fournit, en moyenne, par hectare, 20 hectolitres de graine, du poids de 35 à 60 kil. Cette graine renferme plus de 40 p. 100 d'huile; mais on n'en extrait en pratique que 30 p. 100.

On cultive encore comme plantes oléifères la moutarde, le madia, le sésame, l'arachide, etc.; mais elles

III. PLANTES TINCTORIALES.

La garance (fig. 468) est la plus importante de nos plantes tinctoriales. Elle exige un climat chaud et ne réussit en France que dans les départements méridionaux (voyez GARANCE).



Fig. 468.



Fig. 469.

Le pastel (fig. 469) peut être employé comme fourrage vert ou pour obtenir l'indigo, dont il renferme une faible quantité. Son importance, sous ce rapport, diminue tous les jours, avec l'accroissement des rela-

tions commerciales. On livre le pastel au commerce sous forme de feuilles desséchées ou de coques (voyez INDIGO).

La *persicaire*, la *gaude*, le *tournesol*, sont encore cultivés pour les matières colorantes qu'elles fournissent; mais ces cultures sont tellement restreintes qu'elles ne méritent pas d'arrêter l'attention.

IV. PLANTES INDUSTRIELLES DESTINÉES A DIVERS USAGES.

Dans cette dernière section se rangent le tabac, le houblon, le chardon à foulon, le safran, etc.; mais nous sortirions de notre cadre en nous en occupant d'une manière spéciale. La plupart de ces plantes ou de leurs produits sont l'objet d'ailleurs d'articles particuliers du *Dictionnaire*.

Sixième section. — Assolements.

En traitant des cultures en particulier, on a indiqué autant que possible la place que chacune d'elles doit occuper dans la succession des récoltes. D'un autre côté, les notions générales contenues dans le second chapitre et les nombreuses analyses de plantes qui se trouvent soit dans l'article ENGRAIS, soit dans celui-ci, fournissent les éléments principaux de la théorie des assolements. Il serait trop long de la résumer maintenant et d'approfondir les problèmes délicats et encore obscurs qu'elle soulève. Nous nous bornerons, par conséquent, à quelques renseignements pratiques sur ce sujet.

Dans certaines circonstances exceptionnelles où l'on peut se procurer économiquement des fumiers et où la main-d'œuvre est très offerte, il importe assez peu de varier les produits d'une année à l'autre. Les fumiers, les amendements et les nombreuses façons que l'on peut donner au sol le remettent constamment en état de produire. Le cultivateur ne se préoccupe alors que de la valeur vénale des récoltes. Mais ces circonstances ne se présentent qu'accidentellement, et la culture devient alors une véritable opération de jardinage. Dans les circonstances ordinaires il faut éviter d'épuiser le sol, et, pour cela, varier les cultures de telle sorte que chaque récolte rende à la terre ce que la précédente lui a enlevé. A un point de vue purement abstrait, l'art des assolements consisterait à faire succéder les plantes les unes aux autres, de manière à produire la plus grande quantité de matière organique, dans le temps le plus court, et avec le moins de fumier possible. Mais, au point de vue pratique et économique, il faut ajouter à cette condition abstraite celle de la valeur de cette matière organique, de telle sorte que le produit obtenu soit le plus considérable possible; ce qui introduit alors, dans le choix des assolements, toutes les considérations de climat, de population, de mœurs locales, etc., etc., qui font, en réalité, des problèmes agricoles les questions les plus complexes et en même temps les plus importantes et les plus attrayantes de toutes celles que peuvent se poser les esprits actifs et exercés aux combinaisons commerciales, industrielles et économiques.

L'ancien système d'assolement triennal, qui tend chaque jour à disparaître, mais que l'on rencontre encore quelquefois, il faut l'avouer à la honte de notre agriculture, consiste en une année de jachère morte, pendant laquelle on laboure et on fume, suivie de deux années de céréales. Le tiers de la terre reste, ainsi chaque année complètement improductif. Depuis longtemps déjà, et surtout depuis l'introduction des prairies artificielles, on a reconnu qu'il était possible d'utiliser cette année de chômage du sol et d'obtenir de la terre,

sans l'épuiser, une récolte permettant d'accroître le nombre des bestiaux, et revenant ensuite à la terre en éléments de fertilité nouvelle. Mais l'inconvénient de ramener aussi souvent les mêmes plantes sur le même sol, la nécessité de varier les produits, les avantages des récoltes sarclées, ont rendu nécessaire le perfectionnement de l'assolement triennal avec plantes fourragères, et ont conduit à des périodes plus longues, et à des assolements plus complexes qui se perfectionnent de jour en jour davantage.

Les terres d'une exploitation rurale sont généralement partagées en deux parties inégales, l'une consacrée aux pâturages permanents, l'autre aux cultures annuelles. Cette dernière portion se divise elle-même en autant de parties égales qu'il y a d'années dans la période de l'assolement. Chaque sole enfin, dans certains cas, peut être consacrée à plus d'une espèce de plante, et se partager alors en autant de lots qu'elle est destinée à recevoir de cultures différentes la même année.

Dans l'assolement triennal ancien, par exemple, la terre arable serait partagée par tiers successivement occupé, chaque année, par la jachère, le blé et l'avoine, comme l'indique le tableau ci-dessous :

ANNÉES.	NATURE DES CULTURES.		
	Première.	Jachère.	Blé.	Avoine.
Deuxième.	Blé.	Avoine.	Jachère.
Troisième.	Avoine.	Jachère.	Blé.

De même dans un assolement quadriennal, une terre arable pourrait être partagée en quatre soles égales, savoir :

ANNÉES.	NATURE DES CULTURES.			
	1 ^{re}	Cult. sarcl.	Avoine.	Trèfle.	Blé.
2 ^e	Avoine.	Trèfle.	Blé.	Cult. sarcl.
3 ^e	Trèfle.	Blé.	Cult. sarcl.	Avoine.
4 ^e	Blé.	Cult. sarcl.	Avoine.	Trèfle.

Chacune de ces soles pourrait elle-même se partager en plusieurs lots consacrés à diverses cultures; ainsi, par exemple, les céréales seraient en partie remplacées par le lin, ou autre culture analogue; les cultures sarclées pourraient comprendre, sur un certain espace, des betteraves, sur un autre du colza, et ainsi de suite.

Ces préliminaires établis, il suffira de donner quelques exemples d'assolements suivis dans diverses parties de la France; il sera facile de les appliquer aux terres auxquelles ils conviennent, en tenant compte de ce qui a été dit sur les terrains les plus appropriés à chaque espèce de plante.

L'assolement de deux ans ne convient que dans quelques rares circonstances ou avec des méthodes de cultures toutes spéciales; aussi n'en dirons-nous rien ici.

L'assolement de trois ans est également trop court; cependant il est fréquemment employé. Ainsi dans les contrées où le navet forme un des éléments essentiels

de la nourriture des bestiaux, on adopte souvent l'assolement suivant : première année, navets fumés et pâturés; deuxième année, orge; troisième année, blé. Ou bien encore, pommes de terre fumées, orge ou seigle, trèfle ou lupuline. Dans les terres plus fortes, on peut prendre : première année, fèves fumées et binées; deuxième, blé ou avoine; troisième, trèfle. Pour éviter le retour trop fréquent du trèfle, on peut lui substituer le sarrasin, comme fourrage, ou les vesces. Dans le Midi, l'assolement triennal s'enrichit des plantes propres à ce climat; ainsi on y observe les différents assolements suivants :

années	1.	2.	3.	4.
1 ^{re}	Mais	Pommes de terre	Fèves	Betteraves
2 ^e	Réc. pâturée	Trèfle	Blé	Froment
3 ^e	Céréale	Seigle	Mais	Mais fourragé

L'assolement de quatre ans est déjà de beaucoup préférable au précédent. Il est assez répandu et a été l'objet de beaucoup d'expériences.

Mathieu de Dombasle, pour le centre et le nord, et dans les terres plutôt légères que fortes, recommande l'une des rotations suivantes; la première s'appliquant surtout aux bonnes terres, la seconde aux terrains moyens :

	1.	2.
1 ^{re} année,	betteraves fumées.	Pommes de terre, betteraves ou choux.
2 ^e —	colza d'hiver, repiqué avec trèfle.	Orge ou avoine.
3 ^e année,	trèfle.	Trèfle.
4 ^e —	blé.	Blé ou colza.

Dans les terres plus fortes que celles auxquelles s'appliquent les deux assolements que l'on vient d'indiquer, on adopterait l'une des rotations ci-dessous :

années	1.	2.	3.	4.
1 ^{re}	Fèves.	Gesses coupées en vert.	Carottes ou tabac.	
2 ^e	Blé, puis trèfle.	Avoine et trèfle.	Froment.	
3 ^e	Trèfle.	Trèfle.	Colza.	
4 ^e	Blé, colza ou avoine.	Blé.	Avoine.	

Le trèfle, comme on le voit, figure presque toujours dans cet assolement. Dans le Midi, son succès incertain rend plus douteux les avantages de l'assolement de quatre ans. Mais dans les terrains fertiles et arrosés de ce climat, on peut obtenir jusqu'à sept récoltes différentes, dont trois de froment en quatre ans.

L'assolement de cinq ans convient parfaitement quand les fumiers sont abondants, et dans quelques autres circonstances résultant de la valeur industrielle de certains produits. En Alsace, l'assolement ordinaire est : première année, pommes de terre ou betteraves fumées; deuxième année, froment; troisième année, trèfle; quatrième année, froment et navets dérobés; cinquième année, avoine.

Sur les vieilles prairies on peut adopter, suivant les cas : première année, pommes de terre sans engrais; deuxième, navets; troisième, orge; quatrième, pommes de terre fumées; cinquième, orge et grain de pré. Ou bien, sur un sol très riche : première année lin; deuxième, colza; troisième, blé; quatrième, trèfle; cinquième, blé.

A Hohenheim, l'assolement de six ans se compose : première année, pommes de terre; deuxième, froment; troisième, trèfle; quatrième, froment et navet dérobés; cinquième, pois fumés; sixième, seigle. L'assolement suivi pour l'amélioration des terres de la Cam-

pine comprend les six récoltes suivantes : pommes de terre fumées, avoine et trèfle, trèfle, seigle et spergule, navets, seigle.

Les assolements de sept ou de huit ans ne sont, en général, que la réunion de deux assolements de trois et de quatre ans, dans lesquels on varie quelques-unes des cultures. Quelquefois, cependant, l'assolement de sept ans a un caractère bien spécial. En voici quelques exemples :

Première année, vesces d'automne ou de printemps; deuxième, pommes de terre fumées; troisième, avoine et trèfle; quatrième, trèfle; cinquième, froment; sixième, racines fumées; septième, céréales.

Première année, pommes de terre fumées; deuxième, avoine; troisième, trèfle, quatrième, froment ou seigle et sainfoin; cinquième, sixième et septième années, sainfoin.

Première année, sarrasin et genêt; deuxième, troisième et quatrième, genêt; cinquième, avoine; sixième, seigle fumé; septième, pommes de terre. Ce dernier assolement est souvent suivi dans les plus pauvres terrains de la Sologne.

Les exemples précédents suffiront pour montrer combien on peut varier les assolements, et en même temps l'influence qu'un choix judicieux peut exercer sur la prospérité d'une exploitation.

CHAPITRE VII.

ANIMAUX DOMESTIQUES.

L'éducation et l'entretien des animaux domestiques forment une branche toute spéciale de l'industrie agricole. La physiologie animale et l'art vétérinaire qui constituent les connaissances spéciales indispensables à l'étude complète de la zootechnie, ne peuvent être convenablement présentés que dans les traités exclusivement consacrés à ces sciences. On trouvera, au mot **CROISEMENT**, l'exposé des principes qui doivent présider à l'amélioration des diverses races d'animaux domestiques, et l'indication des soins hygiéniques qu'ils réclament. On ne pourrait entrer ici dans aucun détail sur ce sujet sans dépasser de beaucoup les limites de notre cadre. Il suffira d'ailleurs, pour atteindre le but principal de ce travail, de donner les éléments nécessaires au calcul de l'influence du bétail dans les opérations agricoles, c'est-à-dire les chiffres relatifs à sa consommation, d'une part, et à ses produits de toute nature, d'autre part.

I. RACE BOVINE.

Au point de vue de son utilité et de l'importance des produits qu'elle fournit à l'homme, la race bovine se place en tête des animaux domestiques.

Il existe, comme on sait, un très grand nombre de races de bestiaux. Le choix que l'on doit faire de chacune d'elle dépend et du but que l'on se propose d'atteindre et du pays où l'on se trouve. Parmi les races les plus répandues et les plus caractéristiques de nos exploitations agricoles, on peut citer :

Parmi les races laitières et d'engrais, celles de Normandie, de Flandre, de Bretagne et du Jura;

Parmi les races de travail, celles du Charolais, du Morvan, du Limousin, de Cholet, de Gascogne, de la Camargue et de la Franche-Comté;

La race d'Auvergne, également propre au travail et à l'engrais;

La race Durham, éminemment propre à la boucherie, et qui fournit, par son croisement avec plusieurs de nos espèces, et notamment avec les Charolais, de si excellents résultats.

AGRICULTURE.

Dans les circonstances normales, le poids moyen d'un animal ne varie pas d'une manière sensible. Les déjections, les sécrétions et les produits des organes respiratoires ont un poids précisément égal à celui des aliments ingérés. Dans ces circonstances, l'animal consomme précisément ce que l'on peut appeler sa ration d'entretien; mais cette ration elle-même varie, toutes choses égales d'ailleurs, selon que l'animal dépense plus ou moins de force. On peut donc, par la pensée, la décomposer en deux portions, l'une strictement nécessaire au soutien de la vie, sans autres mouvements que ceux indispensables à l'entretien de la santé, et l'autre qui sert à la production du travail. Pendant la croissance des jeunes animaux, ou l'engraissement, les choses ne se passent plus ainsi, les organes de l'animal fixent une plus ou moins forte proportion des éléments de sa nourriture, et son poids s'accroît chaque jour de la différence des produits consommés à la somme totale des produits excrétés. Dans ce cas encore, la ration de chaque jour peut, par la pensée, se décomposer comme tout à l'heure, en deux portions, dont la dernière seulement concourt à l'engraissement. Une conséquence des plus importantes découle de cette remarque bien simple, c'est l'économie qu'il y a toujours à nourrir, aussi fortement que leur constitution le permet, les animaux de travail ou d'engrais, puisque la ration d'entretien, partie en quelque sorte improductive, forme une fraction de la dépense totale, d'autant plus forte que la consommation totale est moins considérable.

La nourriture des herbivores renferme quatre principes essentiels dont la réunion, en quantité convenable, doit constituer l'aliment normal; ce sont une matière azotée, une matière huileuse, ou se rapprochant de la matière des corps gras, une matière à composition ternaire, des sels, et particulièrement des phosphates de chaux, de magnésie et de fer.

La matière azotée, fibrine, albumine, végétale, ou gluten, est probablement l'origine de la viande. Par suite de considérations un peu longues à développer,

AGRICULTURE.

les chimistes ont été conduits à admettre que la faculté nutritive des végétaux est proportionnelle à la quantité d'azote qui entre dans leur composition. Cette loi, qui n'est admissible, bien entendu, que sous la réserve des autres conditions physiques et chimiques que doit présenter une substance alimentaire, fournit un moyen simple de contrôler et de diriger des expériences directes sur la comparaison de la puissance nutritive de différents aliments. Ces expériences sont, du reste, très délicates à exécuter dans la pratique, et jusqu'à preuve contraire, on peut admettre, pour l'équivalent de la puissance nutritive, le chiffre déduit du dosage de l'azote qu'il renferme. Le tableau ci-dessus, extrait de celui dressé par M. Boussingault, donne les équivalents des principaux aliments du bétail déduits de leur teneur en azote.

Les tourteaux de différentes graines étudiés dans ces derniers temps, par MM. Soubeiran et Girardin, ont fourni les résultats analytiques suivants :

Tourteaux de :	Eau p. 100.	Huile p. 100.	Azote p. 100.	Phosph. p. 100.
Caneline.	44,5	42,2	5,57	4,20
Faine	44,0	4,0	4,50	2,40
Chanvre	43,8	6,3	6,20	7,40
Colza.	43,2	44,4	5,55	6,50
Arachide.	42,0	42,0	6,07	4,20
Lin	41,0	42,0	6,00	4,90
Œillette.	41,0	44,2	7,00	6,30
Sésame.	41,0	43,0	5,57	3,20

On déduit facilement de ces nombres que, pour obtenir l'équivalent d'une ration de foin de 42 kil. contenant 438 gr. d'azote, il faut employer :

Tourteaux d'œillette.	kil.
— de chanvre.	4,970
— de lin.	2,225
— de colza.	2,300
— de sésame.	2,486
— de caneline.	2,477
— d'arachide.	2,673
— de faine.	3,066

DÉSIGNATION DES CULTURES.	EAU normale dans 100 parties.	AZOTE dans 100 parties de substances sèches.	AZOTE dans 100 parties de substances non desséchées.	ÉQUIVALENT théorique.
Foin ordinaire des prairies naturelles.	44,0	4,34	4,15	400
— — — de très bonne qualité.	44,0	4,50	4,30	98
Foin de luzerne.	46,6	4,66	4,38	83
Trèfle rouge de 2 ^e année, coupé en fleur, fané.	40,4	4,70	4,54	75
— — — vert.	76,0	"	0,64	314
Paille de froment nouvelle (Alsace).	26,0	0,36	0,27	426
— — — ancienne des magasins militaires de Paris.	8,5	0,53	0,49	235
Paille de seigle des environs de Paris.	42,6	0,50	0,42	250
— d'avoine —	21,0	0,36	0,30	383
— d'orge —	41,0	0,30	0,25	460
— de pois —	8,5	4,95	4,79	64
Vesces fauchées en fleur et fanées.	41,0	4,46	4,44	404
Navets.	92,5	4,70	0,43	385
Betteraves champêtres.	87,8	4,70	0,24	548
Carottes.	87,6	2,40	0,30	382
Pommes de terre.	75,9	4,50	0,36	349
Vesces en grain.	44,6	5,43	4,37	26
Féveroles.	7,9	5,50	5,11	23
Sarrasin.	42,5	2,40	2,10	55
Orge.	43,2	2,02	1,76	65
Avoine.	20,8	2,20	1,74	68
Son de Paris.	43,8	2,77	2,30	50

Les observations précédentes s'appliquent à l'alimentation de tous les animaux domestiques. Arrivons aux faits qui se rattachent d'une manière plus spéciale à celle de la race bovine.

On nourrit le bétail, soit entièrement au pâturage, soit entièrement à l'étable, soit, enfin, en combinant ces deux méthodes.

La constitution des bêtes à cornes, et la manière dont elles saisissent leur nourriture, ne leur permet pas de se contenter de pâturages aussi pauvres que ceux qui peuvent suffire aux moutons et même aux chevaux. Elles ont besoin d'herbe touffue et d'une certaine longueur. Les meilleurs pâturages sont indispensables aux bêtes à l'engrais. Les vaches laitières n'en exigent pas d'aussi riches; mais l'herbe doit être fine et formée de bonnes plantes. Les pâturages composés de plantes aigres sont surtout funestes aux vaches laitières et aux très jeunes animaux; il ne faut y mettre que les bœufs de travail.

Le nombre d'animaux à placer sur un pâturage doit être soigneusement examiné. Trop nombreux, ils se gênent les uns les autres, et ne trouvent pas une alimentation suffisante. Trop peu nombreux, ils se promènent en tout sens, fatiguent l'herbe, ne prennent que celle qui leur plaît le plus, et n'utilisent que fort imparfaitement le sol où ils se trouvent. Dans les pays où le pâturage est bien organisé, les herbages sont partagés par des haies, ou autrement, en enclos plus ou moins étendus, dans lesquels on ramène les bestiaux quand l'herbe a eu le temps d'atteindre, depuis la dernière pâture, une hauteur de 0^m,42 à 0^m,48.

La surface de pâturage nécessaire à la nourriture d'une bête à corne est excessivement variable. En général, on admet qu'il faut renoncer à entretenir autre chose que des moutons sur une pâture où une vache du poids de 350 kilog. exige plus de 1 hect.,50 de terrain, et qu'il faut consacrer aux bêtes à engraisser un terrain tel que la vache dont on vient de parler n'ait besoin, pour son entretien, que de 0 hect.,30.

La nourriture à l'étable se compose de fourrage vert ou sec, de racines fourragères, etc. Elle est généralement beaucoup plus économique que la nourriture au pâturage, et permet, en outre, de recueillir les fumiers qui se dispersent sur le sol, et sont en partie perdus dans l'autre méthode d'alimentation.

La ration journalière des animaux, en foin, peut s'évaluer, pour les entretenir seulement, à 1/60 de leur poids vivant, ce qui fait environ, par an, six fois leur poids de foin.

Produits du bétail. — Travail. On peut atteler les bœufs, les vaches et les taureaux eux-mêmes avec quelques précautions. Les bœufs travaillent bien depuis leur quatrième année jusqu'à l'âge de neuf ou dix ans. On estime qu'une paire de bœufs fait les 3/4 ou les 4/5 du travail d'une paire de chevaux dans les mêmes conditions d'âge et d'énergie. Le bœuf parcourt de 0^m,80 à 4 mètre par seconde, selon sa taille. Il convient surtout dans les pays montagneux, et pour les travaux qui exigent surtout un effort continu et régulier. Les moyens à employer pour conduire des bœufs sont très différents de ceux qui conviennent aux chevaux. Quand on veut introduire dans un pays l'usage de faire travailler les bœufs, il faut y amener un bœuvier de profession; car un charretier arriverait difficilement à posséder la patience et l'habitude que nécessite l'emploi du bœuf, qui obéit surtout à la voix de son conducteur. La ration de travail ou d'entretien du bœuf se calcule à peu près en fonction de son poids comme pour le cheval.

On a beaucoup agité la question de savoir s'il est avantageux de faire travailler les vaches laitières. Il est certain que le travail fait diminuer la production de lait; mais il peut arriver que la perte éprouvée de

ce côté soit compensée par le travail obtenu; cela dépend du prix et de la quantité relative de ces deux valeurs. Il a été fait peu d'expériences positives à cet égard; voici l'une des plus nettes: huit vaches semblables, et nourries de la même manière, furent partagées en deux lots; les quatre premières, travaillant une demi-journée par vingt-quatre heures, produisirent chacune, en moyenne, 646 litres de lait, et perdirent 6 kilog. de leur poids. Les quatre autres, restées à l'étable, donnèrent, dans le même temps, 638 litres de lait, et gagnèrent 48 kilog. en poids. Il est vrai que ce lait était moins butireux que celui des vaches de travail. On peut calculer ce qu'avait coûté le travail obtenu en fixant le prix du lait et celui de la viande vive.

Production du lait. La laiterie forme souvent un des éléments principaux d'une opération agricole. Le choix des vaches destinées spécialement à la production du lait est donc on ne peut plus important. Jusque dans ces derniers temps, on n'avait, pour reconnaître à l'avance une vache laitière, aucun moyen positif; mais les judicieuses observations de M. Guénon l'ont conduit à reconnaître d'une manière certaine si une vache est bonne laitière, et même à estimer, jusqu'à un certain point, la quantité de lait qu'elle peut fournir. Il faudrait de nombreuses figures et beaucoup d'espace pour indiquer les principes posés par M. Guénon; d'ailleurs, son ouvrage vient d'être publié, et l'on doit, pour le moment, laisser à l'auteur de cette remarquable et utile découverte le soin de l'exposer lui-même d'une manière complète.

La quantité de lait fournie par une vache est extrêmement variable; elle dépend de sa nature, de son âge, de l'époque de l'année, etc., etc. Les observations de différents agronomes sont tellement dissemblables que l'on se demande si elles ont été faites d'une manière comparable. Cette quantité est évaluée à 4,700 lit. par an, par M. Perrault de Jotemps, dans l'Ain; pour une vache pesant 490 kilog. et consommant 125, de foin par jour; à 915 lit. par M. d'Angeville, dans le même département, pour une vache pesant 275 kilog., et consommant 6^m,3 de foin; à 1,416 lit., en moyenne, par Mathieu de Dombasle, dans la Meurthe, pour des vaches consommant 40 kilog. de foin. On cite souvent des rendements de lait vraiment prodigieux; ainsi, M. de Crud rapporte que des vaches ont donné jusqu'à 40 lit. de lait par jour; Thérèze va même plus loin encore. En Normandie, j'ai souvent entendu citer des faits semblables; mais je n'ai jamais pu en observer; s'ils sont vrais, ils sont tout à fait anormaux; un produit de 30 lit. paraît déjà un chiffre extrêmement élevé.

A Béchelbronn, M. Boussingault a jaugé très exactement, pendant un an, le lait de sept vaches laitières; elles recevaient, chaque jour, l'équivalent de 45 kilog. de foin, et ce fourrage, quand elles n'étaient pas au vert, entrait pour une forte proportion dans la ration. Les vaches soumises à l'expérience pesaient respectivement 760, 659, 814, 745, 600, 700, 612 kilog.; elles ont produit, dans l'année, 2,938, 3,442, 2,235, 2,235, 2,056, 4,596, 3,372 lit., ce qui fait 2,544 lit., en moyenne, par an et par vache, ou 6^{lit.},8 par jour, en moyenne, ou bien enfin, 8^{lit.},3 par jour de rendement, dont le nombre a été, en moyenne, de 302,5 pour chaque vache. Les observations ainsi faites peuvent être influencées par différentes circonstances; il vaudrait mieux mesurer le lait produit d'un part à l'autre.

La plus ou moins grande abondance de lait semble dépendre surtout de la quantité réelle d'aliments consommés; mais la qualité du produit dépend de la nature de ces aliments, et leur choix influe beaucoup sur la finesse du beurre ou des fromages, et par suite sur la valeur vénale de ses produits.

AGRICULTURE.

Il faut de 25 à 35 lit. de lait pour fabriquer un kil. de beurre, et 6 à 8 lit. pour faire 4 kilog. de fromage de Camembert (voyez BARATTE).

Production de la viande. — Engraissement. On engraisse le bétail à l'étable ou au pâturage. Ce dernier procédé ne s'applique sur une grande échelle qu'en Normandie. Les bêtes du pays, de sept à dix ans, sont achetées par les herbagers aux foires d'automne, et passent l'hiver au pâturage. On ne les rentre que pendant les neiges prolongées. Pendant les grands froids, on leur donne un peu de foin dans l'herbage. Aux foires du printemps, on achète surtout des bêtes de l'Anjou, du Poitou, et on les met à l'herbe pendant l'été, en commençant par les placer dans les moins bons herbages, et en terminant par les meilleurs. Les bœufs et les vaches sont séparés; on met un taureau avec ces dernières pour couvrir celles qui deviendraient en chaleur. Les animaux mis au pâturage en mai sont généralement engraisés quatre ou cinq mois après. On engraisse, dans les fonds de première qualité, en Normandie, un gros bœuf sur une étendue de 24 à 25 ares; un bœuf moyen, sur les fonds de seconde qualité, sur une étendue de 40 ares, et enfin, un petit bœuf, sur 30 ares de troisième qualité.

Tous les animaux ne sont pas également propres à l'engrais. La quantité de nourriture nécessaire pour amener à point un individu dépend de son espèce, de son âge et de son tempérament particulier. Certaines races sont particulièrement propres à la boucherie. Les durham, par exemple, dont la fig. 470 représente un

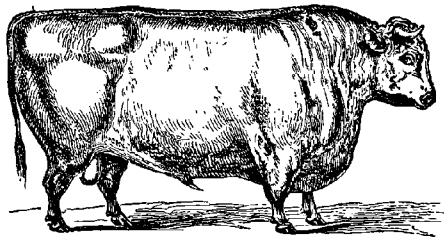


Fig. 470.

des plus beaux types, avec leurs jambes courtes, leur corps arrondi, leur poitrine vaste, leur dos large et plat, semblent destinés seulement à la production de la viande. Bien que ces animaux puissent aussi travailler, et que les vaches soient souvent de bonnes laitières, c'est surtout pour l'engraisement qu'ils présentent le plus d'avantages, en raison de leur précocité et de la bonne qualité de leur viande.

Les bêtes engraisées à l'étable doivent être nourries avec beaucoup de régularité, entretenues avec propreté, et préservées de toute cause de trouble ou d'inquiétude. L'âge le plus convenable à l'engraisement varie de quatre à huit ans, selon les espèces et les individus.

Un bœuf de 340 kilog., consommant par jour 48 à 50 kilog. de foin, peut gagner en poids 0^a,900 environ. La ration en foin, ou son équivalent d'autre matière, est calculée, en moyenne, à raison de 4 à 5^a,5 p. 100 du poids vif de l'animal. L'engraisement augmente avec la nourriture consommée; mais, passé une certaine limite, l'accroissement du poids est une trop petite fraction de celui de la nourriture pour qu'il y ait avantage à continuer.

L'accroissement de poids vif, par jour, est de :

AGRICULTURE.

0 ^a ,93,	soit pour 100 kil. de foin consommé	5 ^a ,03 ¹
0 ^a ,94	— 400 —	4 ^a ,25 ²
0 ^a ,94	— 400 —	4 ^a ,20 ³
8 ^a ,89	— 400 —	5 ^a ,70 ⁴
0 ^a ,95	— 400 —	7 ^a ,70 ⁵

¹ Suivant Thaër. — ² Law. — ³ Stephenson, premier lot — ⁴ Stephenson, deuxième lot. — ⁵ Dubois.

On peut citer des accroissements journaliers beaucoup plus considérables, et s'élevant, pour des durham, à plus de 4,400 gr. par jour; mais les auteurs qui rapportent ces exemples ont exprimé la nourriture en volume et non en poids, ce qui rend impossible tout calcul précis.

Le rendement, en chair nette et autres produits d'un animal vivant, est un des éléments principaux du commerce de la boucherie dans ses rapports avec l'agriculture. Nous devons citer les chiffres les plus généralement admis à ce sujet.

D'après Thaër, 400 kilog. de poids vivant donnent 53^a,5 de chair nette, pour un bœuf qui n'est pas tout à fait maigre; 55 kilog. pour un bœuf un peu gras, et 64 kilog. pour un bœuf gras. Stephenson admet, en moyenne, que 400 kilog. de poids vif fournissent :

Chair nette.	57,7
Suif.	8,0
Peau.	3,5
Entrailles et dépouilles.	28,0

Ces chiffres se rapprochent assez de la moyenne; mais souvent on obtient des résultats plus avantageux. Sinclair cite un beau bœuf de Devonshire pesant, en vie, 704 kilog., qui a fourni :

Viande de boucherie.	70,0
Cuir.	5,5
Suif.	9,2
Entrailles et sang.	40,5
Tête et langue.	2,4
Pieds.	4,4
Cœur, foie et poumons.	4,3

Ce n'est pas seulement le rapport de la viande nette au poids vif qui varie beaucoup d'un animal à l'autre; le rapport de la viande de choix aux bas morceaux n'est pas moins variable, et c'est en cela surtout que se manifeste plus encore peut-être l'influence des races. Ainsi, deux bœufs à peu près de même force, le premier, normand, saintongeais ou charollais, et le deuxième, durham, fourniraient pour 400 kilog. de viande nette :

	Premier.	Deuxième.
En première qualité.	34,07	65,44
En deuxième qualité.	26,25	40,47
En troisième qualité.	42,66	24,70

II. RACE CHEVALINE.

Jusqu'au moment de l'invention des locomotives, le cheval avait été à peu près le seul moteur employé pour les transports. On sait le rôle qu'il remplissait dans les guerres du moyen âge. La France possède aujourd'hui environ 3,000,000 de chevaux, qui se renouvellent chaque année dans la proportion de 4/8 à 4/10 de ce nombre. La production du pays ne suffit pas à sa consommation; les contrées limitrophes en importent chaque année un nombre considérable.

L'espèce chevaline offre plusieurs variétés et sous-variétés qui changent avec le climat et le but spécial auquel on les destine.

On distingue principalement les races de trait et les races de selle. Dans cette dernière classe viennent se ranger en première ligne les chevaux arabes, si re-

marquables par l'élégance de leurs formes et leurs excellentes qualités; puis les chevaux limousins, navarrais, de la Camargue, etc., ainsi que le cheval de course anglais (fig. 474), auquel on attache en France,

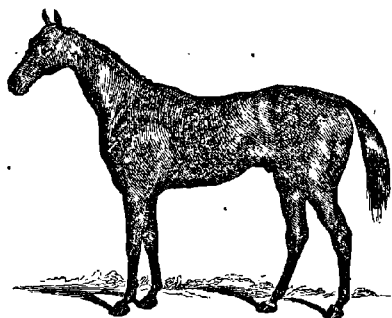


Fig. 474. Voltigeur (courses de Derby, 1850).

depuis un certain nombre d'années surtout, une valeur que ne semblent pas justifier, à beaucoup près, ses propriétés spéciales et ses qualités si exclusives. Parmi les races de trait on remarque particulièrement les chevaux boulonnais, poitevins, comtois, normands, et enfin le cheval percheron, si particulièrement approprié au service des voitures de poste et de messageries.

L'influence du croisement des races de chevaux sur leurs qualités, et les soins à donner aux élevés, ont été l'objet de sérieuses études. On a fait, en revanche, sur la nourriture du cheval et son entretien beaucoup moins d'expériences que sur celle du bétail. On admet qu'un cheval de taille moyenne, et soumis à un travail ordinaire, est convenablement nourri avec 3^h,74 de foin et 4^h,21 d'avoine, équivalant à 6^h,48 de foin, en tout, 40^h,22 de foin. En 1840, les chevaux de la garde municipale recevaient : foin, 5 kilog.; avoine, 3^h,60; paille, pour nourriture et litière, 5 kil. Les gros chevaux de charrette consomment à peu près, à Paris, 7 kilog. de foin et 7 à 8 kilog. d'avoine, ration équivalente à plus de 49 kilog. de foin.

La ration des chevaux de cavalerie, en France, se compose de :

	Réserve.	Ligne.	Légère.
Foin.	4 kil.	3 kil.	3 kil.
Avoine	4,20	4	3
Paille.	5,00	5	5

La proportion d'avoine a été augmentée par suite de la difficulté que l'on éprouvait à faire fournir de bons foins. Du reste, cette ration serait insuffisante pour des chevaux soumis à un travail régulier; elle n'équivaut, en effet, qu'à 40 ou 44 kilog. de foin; et, dans la plupart des exploitations rurales bien dirigées, les chevaux reçoivent une quantité de nourriture équivalente à 45 kilog. de foin environ.

Dans le Midi on remplace souvent l'avoine par du maïs, de l'orge ou du seigle. Les racines cuites ou crues peuvent avantageusement entrer pour un tiers ou un quart dans la ration du cheval. On peut également, dans certains cas, remplacer économiquement une partie du foin ou de l'avoine par de l'ajonc pilé, de la paille hachée, etc. Les chevaux bien soignés mangent ordinairement trois fois par jour : le matin, avant le travail; au milieu de la journée; et le soir, en rentrant à l'écurie.

Il existe certainement une relation entre la ration

d'entretien et le poids des chevaux; mais, jusqu'à présent, peu d'agriculteurs se sont occupés de la rechercher. A Béchelbronn, la ration s'élève à 3^h,08 de foin par 400 kilog. du poids des animaux, dont le poids moyen est de 486^h,5.

D'après M. Payen, un cheval abattu, pesant 404 kil., a donné :

Chair.	230
Os.	50
Sang.	28
Graisse.	35
Issues.	30
Peau	25
Crius.	0,5
Sabots et fers.	2,5

401

Travail. Il n'existe pas encore assez d'expériences pour permettre de déterminer le travail que peut produire un cheval dans des circonstances déterminées. M. de Gasparin estime qu'il faut ajouter à la ration d'entretien d'un cheval une quantité d'aliments renfermant 0^h,084 d'azote par 4,000 kilogrammètres de travail produit. La ration d'entretien d'un cheval, d'après cet auteur, étant calculée de manière à contenir 20 gr. d'azote par 400 kilog. du poids de l'animal, devrait être augmentée de façon à renfermer autant de fois 0^h,084 d'azote qu'il produirait 4,000 kilogrammètres. Comme on ne peut pas savoir chaque jour le travail produit, on peut admettre comme une évaluation large que la ration doit contenir, pour un cheval travaillant, 47 gr. d'azote par 400 kilog. du poids de l'animal. Il est bien entendu, d'ailleurs, que cette nourriture est composée des substances habituellement employées à cet usage, et qui, pour cette dose d'azote, renferment plus que le carbone brûlé par la respiration. Il faut, d'ailleurs, que cette nourriture soit assez substantielle pour ne pas gonfler l'animal, et cependant assez volumineuse pour le lester. Ces deux dernières conditions conduisent au mélange de foin et d'avoine généralement usité ou à des rations d'une composition analogue. D'ailleurs, en dehors de ces principes mathématiques en quelque sorte, on ne doit jamais perdre de vue, pour les chevaux comme pour tous les autres animaux, les conditions imposées par leurs goûts et leur organisation propre, qui font souvent rejeter par certaines races les aliments qui conviennent parfaitement à d'autres.

III. RACE ASINE.

On distingue, en France, deux races d'ânes : les gros baudets du Poitou et les grands baudets de Gascogne. Les premiers ont 4 pieds 4 pouces à 4 pieds 9 pouces; ils sont gros, étoffés, généralement noirs, avec le nez blanc. Quelques-uns de ces animaux, très estimés, ont encore, à cinq ou six ans, leur poil de lait mêlé et très abondant, comme on le voit par le dessin (fig. 472) de l'un de ces animaux entretenu à l'institut de Versailles. La seconde espèce est plus haute, plus mince, et moins forte que celle-ci. La plupart des ânes que l'on rencontre dans les villes et dans les petites exploitations se rapprochent bien peu, il faut l'avouer, des deux races que l'on vient d'indiquer; généralement maltraités, mal nourris et accablés de travail, ils ne présentent que des individus abâtardis, et chez lesquels il serait difficile de reconnaître la trace d'une race caractérisée.

L'éleve des ânes et des mulots offre une grande importance dans quelques parties de la France, et surtout en Poitou. Il n'est pas rare de voir, dans ce dernier pays, des ânes étalons atteindre une valeur de

4,000, 5,000 et même 8,000 francs. On conserve, pour la reproduction, les plus beaux individus; les autres

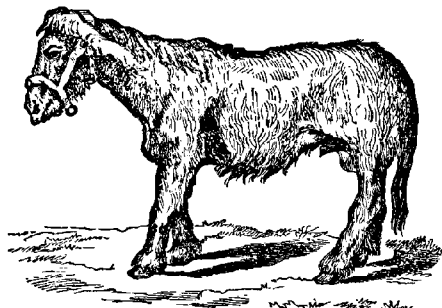


Fig. 472.

sont vendus ou exportés pour servir à différents travaux.

Il n'existe pas d'expériences sur la consommation et le travail de l'âne; mais sa sobriété, sa force, et la qualité de son fumier, le rendraient certainement précieux dans beaucoup de localités trop pauvres et trop arides pour entretenir des chevaux.

IV. RACE OVINE.

La race ovine fournit à l'homme de la chair, de la laine et quelquefois du lait. Elle offre ainsi des produits nombreux et importants; mais elle exige des soins attentifs, et est soumise à un assez grand nombre d'affections qui font éprouver aux propriétaires des pertes considérables, qui ont souvent découragé beaucoup d'agriculteurs.

Guidés par les mêmes principes pour tous les animaux de boucherie, les Anglais ont obtenu une race de moutons (fig. 473) remarquable par son aptitude à

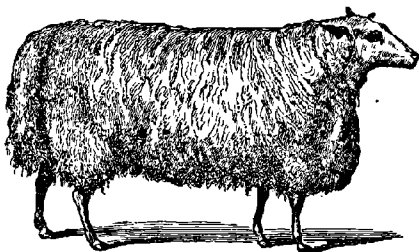


Fig. 473. (Primé à Édimbourg en 1848).

l'engraissement, et par la qualité de la laine de certaines variétés.

Les races ou variétés les plus répandues en France sont désignées par le nom des contrées où on les rencontre principalement; tels sont les moutons du Roussillon, de l'Anvergne, du Poitou, des Ardennes, du Berry, de Sologne, etc. En Angleterre, on estime surtout les south-down, les new-kent et les dishleys. Ces derniers commencent à se multiplier en France, ainsi que les mérinos et divers produits de leurs croisements.

Le pâturage est le régime le plus convenable à la santé

des troupeaux de moutons; mais il doit être dirigé avec beaucoup de soins et d'intelligence. Un bon berger est de toute nécessité pour arriver à avoir un bon troupeau. Un berger et son aide suffisent à un troupeau de trois cents têtes. Le mouton craint surtout l'humidité et le brouillard; on peut lui faire passer la nuit dehors, l'été; mais, en général, il est plus sûr de le rentrer chaque soir; il faut éviter de le laisser le jour à l'ardeur du soleil.

Un mouton de taille moyenne mange, par jour, 4 kilog. d'herbes vertes ou 1 kilog. de foin sec. Cette dernière nourriture ne lui est pas propice. Il est bon de la varier en mettant une quantité de racines équivalente à la demi-ration.

On engraisse les moutons par un pâturage abondant, à l'étable, ou en combinant ces deux méthodes. L'engrais à l'herbage n'exige que deux mois ou deux mois et demi, dans des circonstances favorables. La luzerne, le trèfle et le sainfoin sont les plantes qui engraisent le plus vite; mais les deux premières produisent facilement la météorisation.

L'engraissement à l'étable se fait de différentes manières, suivant les lieux et le prix des denrées: tantôt avec des résidus de sucreries, tantôt avec du grain ou des graines légumineuses concassées. Dans beaucoup de localités, la ration se compose, par jour, de 4 kil. de foin, et de 400 à 500 grammes de tourteaux et d'avoine. On supprime les tourteaux, et on les remplace, pendant les quinze derniers jours de l'engraissement, par du grain, pour éviter le goût désagréable qu'ils donnent à la viande. Les navets conviennent parfaitement à l'engraissement des moutons; ils communiquent à la viande de très bonnes qualités. On peut les faire consommer sur place ou à l'étable, après les avoir fait couper et mêler avec de la paille, du foin haché, ou des balles et un peu de sel, dont l'usage paraît, en général, très avantageux dans l'engraissement du mouton. D'après M. Barral, il faut par jour à un mouton du poids de 25 kil. une dose de sel comprise entre 3 et 9 grammes, et dans les plus ordinaires de 5 grammes, en supposant qu'il n'y ait pas de sel naturellement renfermé dans la ration alimentaire.

La ration journalière des moutons à l'engrais est réglée, en moyenne, à raison de 3 kil. de foin, ou d'une quantité équivalente d'autres matières, pour 100 de poids vivant. L'augmentation de poids, dans de bonnes conditions, varie de 7 à 8 kil. par 100 kil. de foin consommé.

Le fumier produit par les moutons présente une grande importance quand on le recueille convenablement. Le parcage est le moyen le plus économique d'atteindre ce résultat. Il consiste, comme on sait, à renfermer, pendant la nuit, les moutons dans une enceinte facile à déplacer, et établie sur le champ labouré que l'on veut fumer. On regarde la fumure comme très forte quand chaque mouton, occupant un mètre carré de surface, en moyenne, reste deux nuits sur le même champ; elle est déjà forte quand il n'y passe qu'une nuit.

Les moutons abattus donnent de 40 à 50 kil. de viande de boucherie pour 100 kil. de poids vivant.

La quantité de laine produite annuellement par un mouton n'est pas moins variable que sa qualité. Elle dépend à la fois de la nourriture de l'animal, de son espèce et des soins qui lui sont donnés. On estime qu'un mouton produit par an, en moyenne, 4 kil. de laine; mais cette quantité s'élève quelquefois jusqu'à 4 et 5 kil. On trouvera au mot LAINE le mode de lavage et de préparation des toisons. Pour donner une idée des différences qui existent d'une laine à l'autre, nous reproduirons seulement les quelques chiffres suivants.

ESPÈCES OU RACES.	DIAMÈTRE d'un brin.	NOMBRE de courbures dans un centimètre.	LONGUEUR moyenne.	OBSERVATIONS.
Mouflon de Corse. | laine.	0,014	42 à 43	0,045	Des écailles très sensibles. De très petites écailles.
| poil..	0,480	5	0,027 à 0,030	
Rambouillet-mérinos. . .	0,025	8 à 40	0,080	Des écailles nombreuses divisées.
Rambouillet-mauchamps. .	0,038	5 à 6	0,073	
Mauchamps de Reims. . .	0,026	3 à 4	0,105	Des écailles plus grandes que dans les deux races précédentes.
Newkent-mérinos.	0,030	9 à 40	0,070	De grandes écailles.
Anglo-mérinos.	0,046	9 à 44	0,075	De nombreuses petites écailles.
South-down.	0,036	8 à 40	0,080	De grandes écailles.
Dishley.	0,028	30	0,221	De larges écailles.

V. RACE PORCINE.

Le porc est omnivore; mais la nature de ses aliments influe beaucoup sur les résultats de son engraissement. Il se multiplie très facilement; la truie porte pendant trois mois et quelques jours. On peut avoir deux portées par an. Chaque portée est de huit à neuf petits, mais quelquefois ce nombre s'élève jusqu'à quinze ou seize. Les porcs destinés à l'engrais sont châtrés à six semaines ou à six mois, selon qu'ils doivent être mis à l'engrais vers dix mois, ou seulement à deux ans. Ce dernier âge paraît plus convenable. La durée de l'engraissement varie de douze à vingt semaines, suivant l'aptitude du sujet et le degré d'engraissement que l'on veut atteindre.

Certains porcs prennent par l'engraissement un développement énorme. La fig. 474, dessinée d'après un

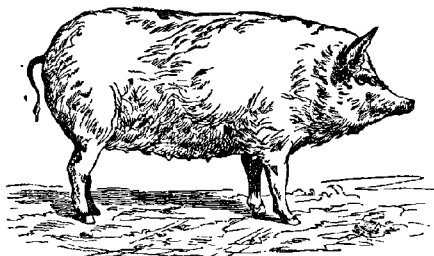


Fig. 474.

individu de race anglaise perfectionnée, offre un exemple remarquable des résultats que l'on peut obtenir en s'appliquant à développer chez les animaux domestiques l'aptitude à l'engraissement.

On mêle aux aliments des porcs les résidus de la laiterie, les eaux grasses et une foule de produits qu'ils transforment en chair, et qui sans eux passeraient directement aux fumiers. L'évaluation de cette partie de leur ration est difficile à obtenir et figure cependant pour une forte part dans leur alimentation, de sorte que les expériences même les mieux faites sur la nourriture du porc présentent une lacune importante. Quoi qu'il en soit, voici les chiffres les plus précis à cet égard :

À Bechelbronn, la nourriture donnée aux truies, au moment où elles viennent de mettre bas, est d'autant plus considérable qu'elles ont une plus forte portée. Pendant les cinq semaines que dure l'allaitement, on donne par jour à une truie ayant cinq petits :

Pommes de terre cuites. 44^l,250
Seigle et farine. 4^l,225
Lait écrémé et caillé. 6^l,005

On diminue ensuite progressivement cette ration, qui équivaut à 8^l,23 de foin, de manière à la ramener à 7^l,5 de pommes de terre cuites, équivalant à 2^l,38 de foin. Les goretts, au moment du sevrage, reçoivent par tête et par jour 0^l,67 de pommes de terre cuites, 0^l,15 de farine de seigle et 0^l,26 de lait écrémé et caillé. On diminue progressivement le lait et la farine en augmentant les pommes de terre, de manière qu'à l'âge de trois mois environ chaque animal reçoit 5 à 6 kil. de pommes de terre délayées dans de l'eau grasse. Cette ration d'entretien est continuée jus qu'au moment de l'engraissement.

Sept porcs de quinze mois pesant ensemble 769 kil., ont consommé à Bechelbronn, en cent quatre jours, 354 kil. de seigle, 474 kil. de pois, 4,320 kil. de pommes de terre, et une quantité d'eaux grasses et de petit lait qui n'a pu être évaluée. Ils pesaient après l'engraissement 955 kil., ce qui fait un accroissement moyen par tête et par jour de 0^l,26. À l'abattage, on a obtenu de ces sept animaux :

Sang. 35 kil.
Tête, pieds et issues 435
Corps. 785

955

CHAPITRE VIII.

CONSTRUCTIONS RURALES.

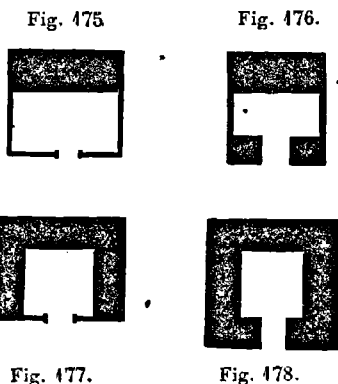
Les bâtiments ruraux présentent généralement en France une apparence des moins satisfaisantes. Groupés sans ordre, mal exécutés, plus mal entretenus, ils n'offrent que l'aspect de la misère et de l'abandon. La bonne construction d'une ferme exerce cependant sur son exploitation une influence plus grande qu'on ne serait porté à le croire, et l'on ne saurait assez blâmer l'incurie ou l'ignorance des propriétaires qui n'apportent ni goût, ni soin dans leurs travaux de bâtisse. On peut presque toujours, sans augmenter la dépense, et avec les matériaux dont on dispose, donner à une construction une certaine élégance de forme et un degré de propreté et de convenance dont l'influence se fait constamment sentir sur les habitudes des ouvriers du domaine.

Nous n'avons ici qu'à donner quelques indications sur la disposition générale des bâtiments ruraux, et sur le mode de construction de quelques-unes de leurs parties élémentaires, sans nous arrêter aux procédés

d'exécution des différents ouvrages que nos lecteurs connaissent d'avance, ou qu'ils trouveront disséminés dans les nombreux articles du *Dictionnaire* consacrés à l'art des constructions.

Choix de l'emplacement. Il est rare qu'on ait à établir complètement à nouveau les bâtiments d'une exploitation agricole et par conséquent à choisir leur emplacement. Dans le plus grand nombre des cas, on a seulement à aménager d'anciens bâtiments ou à construire dans un point rendu obligatoire par un motif ou par un autre. Mais quand on est libre de choisir l'emplacement des constructions, on ne saurait apporter trop de soin dans sa détermination, afin qu'il soit salubre, abrité des vents dangereux, voisin d'eaux vives, et le plus rapproché possible de bons chemins d'exploitation et du centre de gravité des transports.

Dans tout établissement rural doit se trouver une cour, où les attelages puissent se remuer facilement; cette cour doit avoir au moins 46 mètres de côté. Cette dimension minimum, combinée avec les autres nécessités auxquelles sont astreints les bâtiments, conduit à adopter comme forme générale l'une des quatre dispositions suivantes. Quand le développement des bâtiments ruraux ne doit pas dépasser 32 mètres, on adopte la première (fig. 475), consistant en une seule ligne de



bâtiments, à l'exposition sud, et précédés d'une cour fermée de murs. Quand les bâtiments auront de 32 à 50 mètres, on pourra les disposer de chaque côté de la cour comme on le voit dans la fig. 476, ou bien en retour d'équerre (fig. 477) quand ils devront avoir de

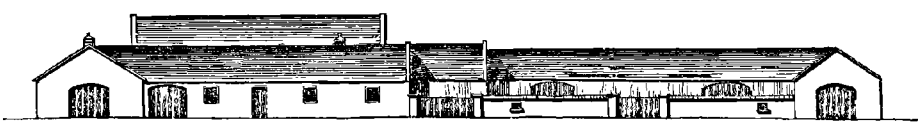


Fig. 479. (Elevation du plan fig. 481.)

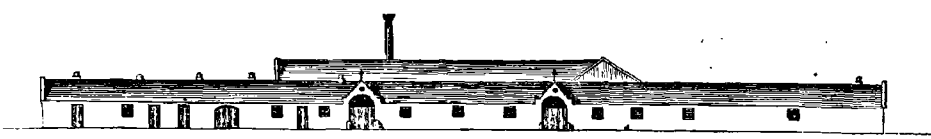


Fig. 480. (Elevation du plan fig. 482.)

50 à 75 mètres, et enfin entourant complètement la cour (fig. 478), quand on aura besoin de constructions plus importantes.

Il est bien entendu d'ailleurs que les limites précédentes n'ont rien d'absolu, et qu'elles peuvent être modifiées par une foule de circonstances locales; mais les dispositions générales des figures précédentes qui se rencontrent le plus généralement étaient bonnes à indiquer.

Les fig. 479, 480, 481 et 482 et les légendes qui les accompagnent donnent le détail des dispositions générales de plusieurs fermes que nous avons eu l'occasion de visiter en Angleterre. Ces constructions sont peut-être trop importantes pour les besoins de la plupart de nos exploitations rurales. Nous avons cru cependant nécessaire de les indiquer; les grandes opérations agricoles, les entreprises de dessèchement ou d'irrigation, sont à nos yeux des travaux d'intérêt général qui ne peuvent tarder à appeler sur eux l'attention de l'État et des associations; l'étude de grandes usines agricoles doit dès lors trouver place dans cet ouvrage, éminemment industriel.

Les fig. 479 et 481 représentent le plan et l'élevation de bâtiments employés à l'exploitation d'une ferme de 800 hectares environ, principalement consacrés au pâturage. Les bâtiments sont peu étendus et d'une disposition simple, ainsi qu'il convient à une exploitation de cette nature.

Les fig. 480 et 482 donnent le plan et l'élevation des bâtiments d'une ferme de 420 hectares environ, établie dans le voisinage d'une ville, pour l'exploitation de terres d'une grande valeur.

Les légendes jointes à ces différentes figures suffisent pour en faire saisir les détails. Après avoir indiqué rapidement, comme on vient de le faire, les dispositions d'ensemble des différents bâtiments destinés à l'exploitation d'un domaine, revenons à l'étude particulière de chacune de ces constructions.

Habitation. Nous n'avons rien à dire de la distribution de la maison d'habitation d'un propriétaire ou d'un riche fermier. Elle dépend du goût, des besoins et des moyens de chacun, et il convient presque toujours de s'adresser à un bon architecte pour obtenir avec la moindre dépense le plus de confort possible. Les seules conditions dont personne ne doit s'écarter sont une bonne exposition, un aérage complet et des dimensions un peu spacieuses, toujours indispensables à la campagne.

L'habitation des petits fermiers et des ouvriers agricoles est trop souvent négligée. On ne saurait cependant apporter assez de soin à un sujet d'un intérêt aussi général; les hommes éclairés doivent d'autant plus s'en occuper que ceux qu'il concerne sont presque

toujours incapables de donner au travail une direction convenable. Les deux exemples de construction de cette espèce que nous donnons ici sont moins des types à

AGRICULTURE.

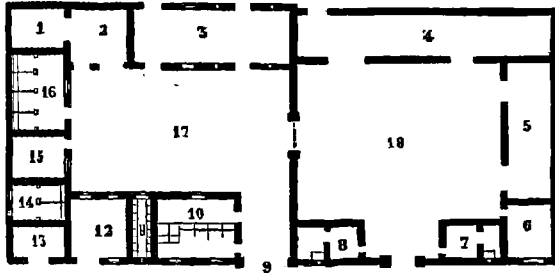


Fig. 481 (0,0013).

AGRICULTURE.

- 1, 2 Dépôt des instruments et des voitures.
- 3 Machine à battre.
- 4, 5 Hangars.
- 6 Dépôt de racines.
- 7, 8 Porcherie
- 9 Entrée.
- 10 Etable à vaches.
- 11 Poulailier.
- 12 Chaudières.
- 13 Remise.
- 14 Ecurie des chevaux de selle
- 15 Grenier à foin.
- 16 Ecurie des chevaux de travail
- 18 Cours.

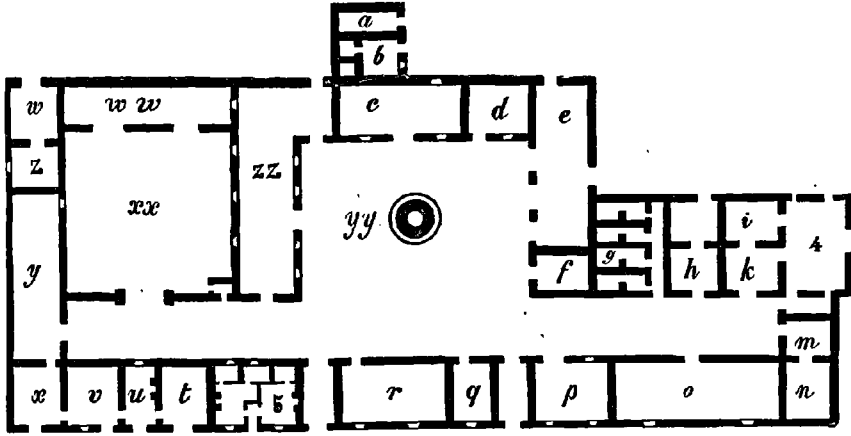


Fig. 482 (0,0013).

- a, b Chaudière et machine à vapeur.
- c, d Machine à battre, coupe-racines, etc.
- e Hangar avec grenier.
- f Instruments.
- g Porcherie.
- h, i, k, l Etables à vaches et cours de service.
- m, n Etables pour taureaux.
- o Dépôt de racines.
- p Menuiserie.
- q Poulailier.
- r Chaudières.
- s Logement des domestiques.
- t, u, v Remise, sellerie, écurie.
- x Grenier à foin.
- y Ecurie des chevaux de travail.
- z, w Infirmerie et cours de service.
- w w Hangar.
- z z Grange.
- x x Cour.
- y y Abreuvoir.

imiter d'une manière rigoureuse que des cadres qui permettent de fixer les principales dimensions des pièces les plus importantes.

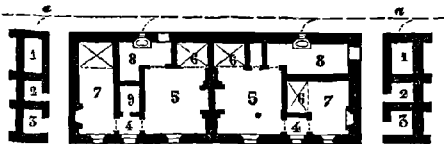
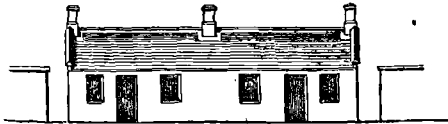


Fig. 483 (0,002).

- 1, 1 Dépôts de cendre.
- 2, 2 Latrines.
- 3, 3 Combustibles.
- 4, 4 Entrées.
- 5, 5 Cuisines.
- 6, 6 Lits.
- 7, 7 Chambres.
- 8, 8 Laveries et évier.
- a, a Drains.

La fig. 483 indique une disposition de maison à un étage, pour deux familles d'ouvriers agricoles.

La fig. 484 donne la disposition d'un logement plus satisfaisant, à deux étages. Toutes les fois que des circonstances particulières n'y mettent pas un obstacle absolu, cette seconde disposition est préférable; elle est plus propre, plus salubre et plus économique pour atteindre le même degré de bien-être.

Ecuries. Ces bâtiments, comme tous ceux de la ferme, doivent être parfaitement assainis par des travaux de drainage quand le sol, par lui-même, ne présente pas une sécheresse absolue; l'humidité est aussi redoutable pour les chevaux que le manque d'air et de ventilation.

Le bâtiment d'une écurie bien établie doit renfermer, outre les stalles des chevaux, une chambre à avoine, une sellerie, et le logement du garçon d'écurie.

Les chevaux, dans les écuries un peu importantes, sont placés sur deux ou sur un seul rang. Dans le premier cas, les mangeoires sont placées le long des murs, et un passage est ménagé entre les chevaux; dans le second cas, le passage occupe un des côtés de l'écurie. La chambre à avoine, le logement du gardien et la sellerie sont, en général, placés au fond de l'écurie. On supprime souvent la sellerie dans les écuries à un seul rang de chevaux; les harnais sont alors suspendus sur

une forte pièce de bois fixée dans le mur, derrière chacun d'eux

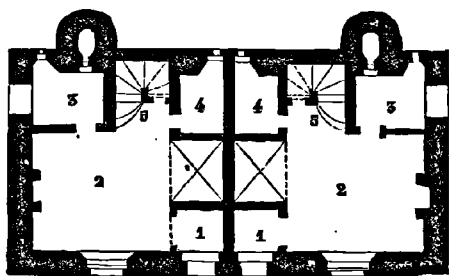
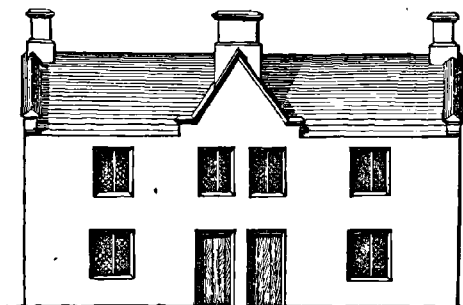


Fig. 484 (0,004).

1, 1 Entrées. — 2, 2 Cuisines. — 3, 3 Laveries et four.
4, 4 Dépenses. — 5, 5 Escaliers.

L'espace nécessaire par cheval, pour que la ventilation de l'écurie se fasse convenablement, est de 30 à 35 mètres cubes. Avec les dimensions généralement adoptées pour l'emplacement des chevaux, on voit par là que l'écurie doit avoir au moins 4 mètres de hauteur.

Chaque cheval, dans une écurie bien disposée, doit avoir sa stalle assez grande pour que le cheval ne soit pas gêné, et assez restreinte cependant pour qu'il ne puisse pas s'y retourner trop facilement. Les stalles ont généralement, à partir du mur, une largeur de 2^m,5 à 2^m,80, y compris le râtelier et l'auge, et 4^m,75 de largeur. Dans les écuries à un rang, on doit conserver derrière les stalles un passage de 4^m,80 environ, dont 0^m,50 sont occupés par les harnais, de sorte que la largeur totale du bâtiment, dans œuvre, est de 4^m,60 environ. Dans les écuries à deux rangs, avec sellerie isolée, la largeur dans œuvre, y compris le passage entre les stalles, ne doit pas être de moins de 8 mètres. Les stalles sont séparées par des cloisons pleines en bois de 2 mètres de hauteur, du côté du râtelier, et se réduisant à 4^m,50 environ du côté opposé. L'arête supérieure de ces cloisons est recouverte d'une lisse en bois ou même en fonte creuse, comme on le voit dans la coupe (fig. 485); chaque stalle est garnie d'une auge et d'un râtelier disposés comme l'indique la figure 486, qui représente la coupe et l'élevation de ces deux parties essentielles de l'écurie.



Fig. 485.

Le sol de l'écurie peut être formé de briques ou de pierres posées à bain de mortier hydraulique, de bois ou d'asphalte. Le bois se pourrit facilement; l'asphalte est d'un prix élevé et se répare difficilement; de bonnes briques posées de champ, ou des pierres bien taillées, quand on peut en avoir, paraissent ce qu'il y a de

mieux pour daller les écuries. Chaque stalle doit présenter une pente de 0^m,03 par mètre dans le sens de sa longueur, et être formée de deux plans inclinés vers son axe de 0,025 à 0,03 par mètre. Un caniveau couvert règne

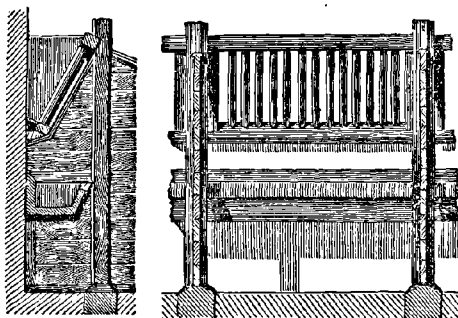


Fig. 486.

dans toute la longueur du passage de l'écurie, reçoit les urines de chaque stalle et les conduit au trou à fumier. Ce caniveau doit être établi avec soin, ne présenter ni coudes brusques ni jarrets dans son profil, afin que l'écoulement y soit facile, et qu'il ne s'y forme jamais de flèches ni de dépôts. Cette rigole peut être exécutée en ciment, en pierre, ou même en tuyaux de fonte. On l'établit à 0^m,30 au moins en contre-bas du fond des stalles, et on lui donne la plus forte pente possible.

Étables. Les étables sont généralement trop basses et n'offrent pas aux animaux un cube d'air suffisant. Il convient d'accorder à chaque vache ou bœuf au moins 24 mètres cubes d'air. Les étables sont comme les écuries à un ou deux rangs. L'espace accordé à chaque bête doit avoir en moyenne 4^m,50 de largeur environ et 4 mètres de longueur, y compris le passage et la mangeoire, dans les étables à un rang. La hauteur du sol au plafond, d'après ces chiffres, ne doit donc pas être inférieure à 4 mètres. Dans les étables disposées comme les écuries, il faut pouvoir jeter le fourrage de l'étage supérieur dans la crèche. Quand on ne peut adopter cette disposition, les crèches, dans les étables à deux rangs, sont placées le long du passage, les animaux tournent le dos aux murs et sont approvisionnés par ce passage. Les étables renferment un logement pour le bouvier. L'écoulement des matières liquides doit être assuré avec autant de soin que dans les écuries.

Les fig. 487 et 488 représentent le plan et la coupe des étables à un rang les plus généralement employés en Angleterre. L'appentis, à gauche, sert de magasin à racines. Les crèches sont approvisionnées par le passage placé derrière elles. La ventilation est assurée par des ouvertures en lanternes, disposées au sommet du toit, comme l'indique la coupe à grande échelle (fig. 489). Ce mode de ventilation est également applicable aux écuries et aux bergeries.

Bergeries. L'espace nécessaire est de 4 mètres carré pour chaque brebis et de 0^m,75 pour chaque agneau. La crèche doit avoir 0^m,50 de développement par tête. La hauteur de la bergerie, avec les dimensions ordinaires, ne doit pas être inférieure à 4 mètres. En général, le cube total de la bergerie se calcule en multipliant par 3^m,50 le nombre de bêtes blanches à abriter. Dans une bergerie de 8 mètres, on met un râtelier le long de chaque mur et un râtelier double au milieu.

L'urine des bêtes ovines est absorbée par la litière, l'argile ou la marne déposée sur le sol. Il est donc

Fig. 487.

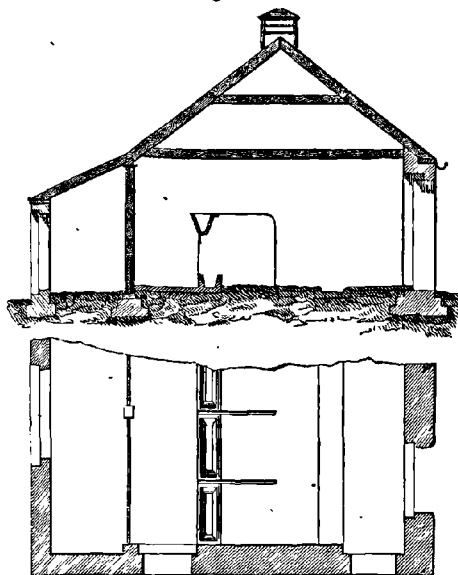


Fig. 488.

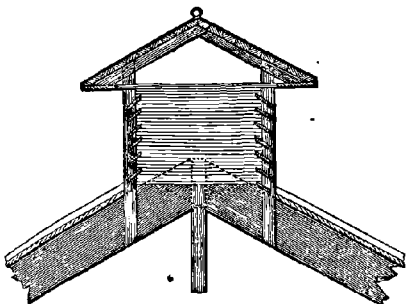


Fig. 489.

inutile de ménager dans les bergeries un ruisseau d'écoulement, comme celui dont nous avons parlé pour les écuries et les vacheries; mais il faut éviter que les matières liquides ne s'infiltrent dans le sol, où elles entrent en putréfaction, se perdent pour le fumier, et produisent des exhalaisons très nuisibles au troupeau. Il faut donc que le sol des bergeries soit rendu parfaitement étanche au moyen d'un bétonnage ou d'un pavage posé à bain de mortier.

Loges à porcs. La loge à porcs se compose d'un toit où l'animal couche et d'une cour placée en avant. Cette cour est quelquefois divisée en autant de compartiments qu'il y a de loges, et d'autres fois est commune à une série de loges. Dans ce dernier cas, il faut toujours avoir autant d'auges séparées qu'il y a d'animaux, sans quoi les plus forts s'emparent de la nourriture des plus faibles et les font dépérir. Les loges ont habituellement 4^m,60 de largeur sur 2 mètres de longueur et 2^m,50 de hauteur. Elles sont exposées au midi et séparées par des murs de 4^m,20 à 4^m,50 de hauteur. Elles sont soigneusement pavées et un peu plus élevées que le sol de la cour pour être constamment sèches. Un caniveau établi dans la cour assure son assainissement ainsi que celui des loges, et conduit le liquide à la fosse

à fumier. Les portes et toutes les parties des loges à porcs doivent être très solidement établies, car ces animaux sont très destructeurs. Il faut pouvoir donner aux porcs leur nourriture sans entrer dans leur cour. A cet effet, les auges sont établies à côté ou dans le mur de clôture, et on les remplit au moyen de l'une des dispositions indiquées par les fig. 490 et 491.

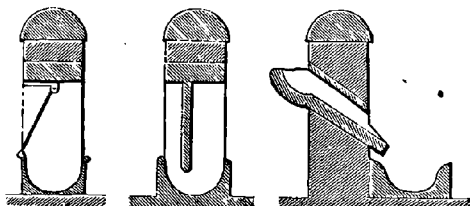


Fig. 490.

Fig. 491.

Dans la première l'auge est en fonte, ainsi que la porte qui la ferme. Dans les autres figures, toute la construction est en pierre. Le nettoyage se fait plus facilement dans les deux premières dispositions que dans la dernière.

Granges. Le mode de conservation des gerbes depuis la récolte jusqu'au battage varie d'un lieu à l'autre selon le climat et les circonstances locales. Dans la plus grande partie de la France on engrange les gerbes. Dans le Midi, on fait sans beaucoup de soin des meules circulaires, que l'on bat presque immédiatement. Dans les Pays-Bas on fait des meules circulaires recouvertes d'un toit mobile, qu'on élève ou qu'on abaisse avec des verrins ou des poulies. En Allemagne, en Angleterre et dans quelques parties de la France, on fait des meules circulaires soigneusement établies et recouvertes d'un toit en chaume. Dans les pays où les vols sont fréquents, il convient de renfermer les meules dans une cour spéciale et fermée, pour les protéger contre la malveillance.

Le choix entre la conservation en meules et la conservation en granges se réduit ainsi, en général, à une question de dépense. Il faut comparer l'intérêt du capital de construction des granges et leur entretien annuel aux frais de construction du mur de la cour des meules et aux dépenses annuelles de leur établissement, qui ne laissent pas d'être assez considérables. Toutes les fois que la comparaison ne sera pas trop désavantageuse à l'engrangement, il conviendra de préférer cette méthode de conservation, qui offre toujours plus de sécurité contre l'incendie et les infidélités que les meules, même renfermées dans un enclos.

La capacité d'une grange, y compris l'aire de battage, se calcule facilement, en moyenne, en multipliant par 3^m,20 le nombre d'hectolitres de grain que l'on doit récolter. On entasse généralement les gerbes sur une hauteur de 6 à 8 mètres, de sorte qu'on obtiendra la surface dans oeuvre de la grange à établir en divisant par ce dernier nombre le volume calculé comme on l'a dit d'abord. Il faut que les charrettes chargées puissent entrer dans la grange; l'espace réservé à cet effet sert ensuite comme aire de battage. La forme la plus simple d'une grange de grandeur moyenne est celle d'un rectangle, au milieu duquel est conservée l'aire de battage, de 3 mètres de largeur environ, et l'entrée des charrettes. Le sol de la grange doit être un peu plus élevé que les terrains environnants et parfaitement sec.

Greniers à fourrages. Dans beaucoup de pays on met en meule les fourrages. Cette méthode peut convenir dans les climats secs ou pour les fourrages grossiers;

mais il convient, en général, de mettre dans des greniers les foin de bonne qualité. La capacité des greniers à fourrages dépend de la composition des rations des animaux. On ne peut que donner les éléments de cette détermination. Le mètre cube de foin pèse environ 400 kil., de sorte que le grenier devra contenir autant de mètres cubes que l'on devra consommer dans l'année de quintaux métriques de ce fourrage. En admettant que la ration moyenne d'un cheval ou d'un bœuf est de 42 kil. par jour, on voit que la capacité du grenier à fourrages, en mètres cubes, sera sensiblement égale à quarante-quatre fois le nombre de têtes de bétail. Pour les moutons, il suffit d'une capacité de 4 à 5 mètres au plus par tête. Les chiffres précédents sont généralement un peu forts, parce qu'une partie de la ration étant donnée en grain ou en racines conservés ailleurs, le volume du fourrage se trouve réduit d'autant. Les greniers à fourrages pour les chevaux ou le gros bétail sont, autant que possible, placés au-dessus des étables ou écuries. Pour les moutons, leur position est réglée par la convenance seule des lieux, puisque l'approvisionnement ne peut pas se faire en jetant le fourrage par le haut dans les crèches.

Greniers à blé. Les greniers à blé sont souvent placés au-dessus de la maison d'habitation. Dans tous les cas ils doivent être établis sur de fortes poutres en fer ou en bois armé de fer, quand on veut mettre une couche épaisse de grain dont le poids, comme on sait, est de près de 800 kil. le mètre cube. Dans la plupart des petites exploitations, on se borne à remuer souvent le blé à la pelle pour le préserver des insectes et des parasites, qui l'attaquent si souvent quand on l'abandonne à lui-même. Mais cette précaution serait tout à fait insuffisante pour conserver des quantités considérables de blé. On doit avoir recours dans ce cas aux silos ou aux greniers mobiles.

Les silos sont de grandes fosses ouvertes dans les terrains les plus secs et les plus perméables possibles, où l'on enferme le grain à l'abri de l'air et de la lumière. On doit établir les silos dans des conditions telles que l'eau ne puisse y arriver et n'y renfermer que du blé très sec. Dans de bons silos, le grain peut se conserver d'une manière pour ainsi dire indéfinie. Les silos sont généralement maçonnés; mais dans des sols très résistants et bien secs, tels que d'anciennes carrières, etc., on peut même se dispenser de cette précaution.

On a varié de mille manières la disposition des greniers mobiles; l'un des plus satisfaisants est le grenier Valery. Il est formé d'un cylindre horizontal, partagé en plusieurs subdivisions par des cloisons planes allant de l'axe à la circonférence. On remplit en partie de grain ces différents compartiments, et on imprime à toute la machine un mouvement lent de rotation sur son axe. Les insectes ne peuvent se développer dans le grain ainsi agité, et ceux mêmes qui s'y trouveraient sortent promptement par les ouvertures en toiles métalliques placées à la circonférence et aux extrémités du cylindre.

Les hangars pour abriter les charrettes et les instruments agricoles sont indispensables dans toute ferme bien tenue. Il ne faut pas craindre de leur donner une étendue un peu considérable, parce que l'on trouve toujours à l'utiliser. On compte qu'il faut 40 mètres carrés par charrette et 5 mètres carrés par charrue, en moyenne. On doit ajouter à la surface, calculée sur ces bases, l'espace nécessaire au retournement et au service de ces appareils.

Fosse à fumier. Dans la plupart de nos petites fermes on entasse le fumier au milieu de la cour dans une espèce de mare, où il est lavé par les eaux de pluie qui entraînent en pure perte les parties les plus solubles et les plus actives de l'engrais. Cette méthode,

vraiment déplorable, ne saurait être assez combattue. Il convient presque toujours de mettre le fumier en dehors de la cour de ferme, derrière les étables, en un point où puissent se réunir les tuyaux d'assainissement des étables et écuries. Le fond et les parois du trou à fumier doivent être construits en bonne maçonnerie hydraulique, parfaitement étanche et préservée des eaux étrangères. Le fond de la fosse est formé d'un plan légèrement incliné ou par la réunion de deux plans inclinés en sens contraire. Au point le plus bas de cette fosse on ménage une citerne où se réunissent les eaux de fumier, où on les mélange avec les matières minérales ou autres que l'on veut y ajouter, et où plonge une pompe rustique qui sert à l'arrosage du tas. Les latrines de la ferme communiquent avec cette espèce de citerne ou sont établies au-dessus d'elle.

Le fumier ne doit pas être entassé sur plus de 4^m,50 d'épaisseur dans la fosse, construite comme on vient de le dire. Cela posé, il est facile de calculer la surface d'une aire à fumier établie dans ces conditions dans une ferme donnée. La quantité de fumier produite par jour, par un cheval ou un bœuf, est, en moyenne, de 50 kil., ce qui ferait par an 48,250 kil. si les animaux étaient toujours à l'étable. Mais on ne compte que sur les deux tiers de cette quantité, soit 42,470 kil. pour les chevaux; et, pour les bœufs, sur la moitié seulement, soit 9,425 kil. si le pacage dure la moitié de l'année. Pour les moutons, en admettant un pacage de six mois, la production est d'environ 4,022 kil. le mètre cube de fumier, pesant à peu près 800 kil. On voit qu'en divisant par ce chiffre la somme des produits des coefficients précédents par le nombre de bêtes de chaque espèce, on obtiendra le cube des fumiers à recueillir chaque année. Ce cube, divisé par 4^m,50, donnera en mètres carrés l'aire de la fosse à fumier. La surface ainsi calculée devrait être divisée par deux si on vidait la fosse deux fois par an, comme on le fait quelquefois.

Les citernes à engrais liquides employées dans la Flandre sont de véritables caves parfaitement maçonnées et cimentées, ne présentant qu'un regard pour entrée, et dans lesquelles on emmagasine les produits des vidanges.

Laiterie L'extrême propreté indispensable dans la laiterie et la nécessité de l'éloigner des fumiers et de toutes les sources de mauvaise odeur, la font souvent placer dans une construction complètement séparée, bien que très rapprochée de la ferme. Quand on dispose d'une machine à vapeur ou d'une roue hydraulique, on met en mouvement la baratte par un renvoi de mouvement. Il est très convenable de drainer le sol sur lequel on veut établir une laiterie.

Dans tout son développement, une laiterie (VOYEZ BARATTE) doit renfermer une salle pour le lait, une salle pour la baratte, une autre pour la fabrication des fromages, un séchoir pour leur dessiccation, et enfin une laverie commune aux pièces précédentes. On réunit souvent la baratte et la fromagerie. Les fig 492 et 493 donnent le plan et l'élevation d'une laiterie complète. Le dépôt de lait est en 5. Ses fenêtres sont au nord et le carrelage de cette pièce est de 4 mètre en contre-bas du sol, mais les murs sont entourés d'un fossé de même profondeur garni d'un petit mur. Cette pièce doit être dallée et présenter un écoulement facile aux eaux. Les fenêtres sont doubles. Les tables où sont déposés les vases à lait doivent être en pierre. Un courant d'eau froide l'été et légèrement échauffée l'hiver l'entretient toujours à une température convenable. Toutes les ouvertures sont garnies de toiles métalliques et de gazes fines, pour arrêter les insectes et la poussière. Cette pièce, enfin, renferme un évier 7 pour se débarrasser des liquides inutiles. La fromagerie est en 2. Le séchoir est établi

dans l'étage; on y monte par l'escalier communiquant avec cette pièce. La baratte est en 4 et la laverie en 1. Un petit générateur placé en 3 et 9 fournit l'eau

Fig. 492.

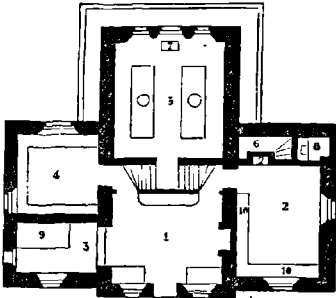
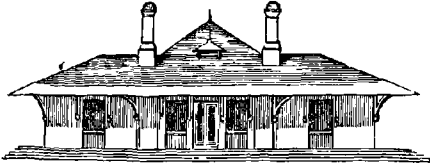


Fig. 493.

chaude nécessaire à tout le service. La capacité des diverses pièces de la laiterie est toujours facile à déterminer, selon les besoins et l'importance de la ferme.

CHAPITRE IX.

ÉCONOMIE AGRICOLE.

Ce chapitre devait renfermer le résumé des données pratiques dispersées dans le cours de cet article, sur les dépenses et les produits d'une exploitation agricole, la comptabilité rurale, des notions sur l'estimation des terres, et enfin quelques observations générales sur l'influence exercée par différents modes de cultures et par l'industrie agricole en général, sur la production et la répartition des richesses publiques.

L'étendue déjà trop considérable de cet article oblige de renvoyer plus loin ce dernier chapitre, au mot ÉCONOMIE AGRICOLE. On a pensé, d'ailleurs, qu'il serait préférable de rapprocher de l'article consacré à l'économie des manufactures, dont le sujet se rapproche beaucoup de celui dont il s'agit maintenant.

HERVÉ MANGON.

AIGUILLES (*angl.* needles, *all.* nadeln). La fabrication des aiguilles, de ces petits outils dont la bonne qualité est si importante pour tous les arts vestiaires, et notamment pour la presque totalité du travail des femmes, est un curieux exemple de la division du travail. Avec toutes les conditions auxquelles il faut satisfaire pour exécuter une bonne aiguille, on ne comprendrait jamais comment on peut livrer à 40 ou 45 fr. le mille des aiguilles d'excellente qualité, et à 4 ou 5 fr. celles de seconde qualité, si on n'avait déjà apprécié par d'autres exemples les avantages d'une bonne organisation des travaux partagés entre les ouvriers divers qui concourent à la production.

En Angleterre on fabrique les aiguilles avec du fil d'acier; à Aix-la-Chapelle et à Borcette (le centre de

fabrication d'aiguilles le plus important du continent), et en France, on emploie le plus souvent du fil de fer qu'on cimente après que l'aiguille est fabriquée. Le travail est alors plus facile, mais on n'obtient pas des produits aussi parfaits qu'avec l'acier étiré.

Pour décrire la fabrication des aiguilles, nous nous aiderons d'un curieux article du *Magasin pittoresque*, dû à M. Léon Lalanne, dans lequel cet ingénieur a décrit ce qu'il avait fort bien vu à Borcette, et où il a décrit les derniers perfectionnements introduits dans cette fabrication.

Une aiguille passe avant d'être livrée au commerce par les mains de plus de quatre-vingts ouvriers différents. Les diverses opérations qu'elle doit subir peuvent se subdiviser en cinq séries distinctes.

La première comprend toutes les opérations relatives au façonnage de l'aiguille, c'est-à-dire à la conversion du fil métallique en aiguilles brutes.

La seconde série a pour objet la trempe et le recuit des aiguilles brutes.

La troisième série est relative au polissage.

La quatrième série a pour but d'arriver au triage des aiguilles polies.

La cinquième, enfin, comprend l'affinage et la mise en paquets des aiguilles pour les livrer au commerce.

La première série renferme une vingtaine d'opérations distinctes dont voici l'énumération :

Première opération. Choix des fils. On commence par examiner la qualité des fils d'acier, et pour cela, on en coupe quelques bouts à chaque botte. On les met chauffer dans un four ou poêle dont la grandeur intérieure est de 4 à 5 décimètres, et on les trempe dans l'eau froide lorsqu'ils sont rouges; on les casse ensuite entre les doigts pour juger de leur qualité; on met à part les bottes auxquelles appartiennent les plus cassants; elles servent pour les aiguilles dites anglaises.

Deuxième opération. Calibrage des fils à l'aide d'une jauge dont les fentes représentent toutes les grosseurs des fils dont on a besoin; on examine si le fil d'une même botte, pris en différents points, est d'une grosseur bien uniforme. Cette opération se fait sans délier les bottes; on renvoie à la filière celles dont le fil n'est pas rond ou n'est pas égal.

Troisième opération. Les fils qu'on renvoie à la filière ont d'abord besoin d'être dégrossés, c'est-à-dire dépouillés d'un enduit noir dont on les couvre dans les tréfileries pour les garantir de la rouille. Un ouvrier dégrossit ces fils à la main en les frottant avec du *mâchefer* qu'il tient dans un morceau de linge.

Quatrième opération. On passe alors ces fils à la filière pour les amener au calibre convenable.

Cinquième opération. Dévidage des bottes de fil d'acier. On place les paquets de fil sur un dévidoir A (fig. 1 et 2) un peu courbe, et on les dévide à l'aide

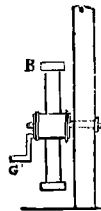


Fig. 1.

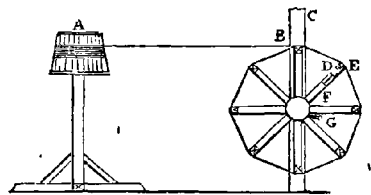


Fig. 2.

du rouet B, formé de huit rayons égaux, liés invariablement à un moyeu tournant autour d'un axe en fer solidement fixé à un des piliers C de l'atelier, et mû par la manivelle G. Chacun des rayons a une longueur de 0^m,17, et l'un d'eux D est composé de deux

AIGUILLES.

parties, l'une F fixée au moyen d'une manière invariable, l'autre E glissant à coulisses sur la première, et pouvant être rendue solidaire avec elle par le moyen d'une vis qu'on desserre lorsque le dévidage est terminé, ce qui permet d'enlever ensuite aisément le fil.

Sixième opération. On ôte la boîte de fil qui enveloppe le rouet; on la coupe en deux endroits diamétralement opposés, soit à l'aide d'une cisaille à main, soit à l'aide d'une cisaille mue mécaniquement. Il en résulte deux faisceaux composés de quatre-vingt-dix ou cent fils longs de 26 à 27 décimètres.

Septième opération. Ces faisceaux de fils sont alors coupés en morceaux d'une longueur égale à celle de deux aiguilles, et même un peu plus grande. Pour cela on place les fils dans un demi-cylindre fermé par un bout (fig. 3), et on les coupe tous à ras de l'ouverture, avec des cisailles; un seul ouvrier coupe en dix heures de travail 400,000 fils de chacun deux aiguilles.

Huitième opération. Les fils, coupés de la longueur de deux aiguilles, sont en partie pliés et courbés; il faut les redresser: c'est ce qu'on fait très promptement, et d'une manière aussi simple qu'ingénieuse, à l'aide d'un banc à presser, de deux anneaux et d'une règle à jour.

Cette opération consiste: 1° à placer dans deux anneaux cinq à six mille fils bien serrés et bien pressés; 2° à poser le rouleau ou faisceau qui en résulte sur un banc uni, couvert d'une plaque de fonte, après avoir chauffé préalablement ce rouleau jusqu'au rouge cerise dans un four établi à cet effet; 3° à appliquer dessus une règle à jour appelée *rapé* (fig. 4), de manière

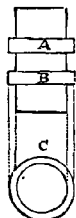


Fig. 3.



Fig. 4.

que les deux anneaux se trouvent dans les intervalles de la règle, et faire aller et venir cette règle cinq ou six fois en appuyant sur le faisceau, ce qui le fait tourner sur lui-même et redresse presque en un clin d'œil tous les fils qui la composent. Au lieu de faire cette opération avec la règle à main, on la fait plus promptement et mieux avec la règle à bascule représentée dans la fig. 5. La plaque de fonte est recouverte de sable que l'on puise, à l'aide d'une spatule, dans la caisse placée à la partie inférieure de la figure. Lorsqu'un paquet est redressé, l'ouvrier appuie le pied sur la pédale: la bascule joue, la râpe est soulevée, et on enlève facilement le rouleau.

Neuvième opération. Les fils dressés sont portés à l'aiguiserie. L'aiguiserie ou empointerie consiste ordinairement en vingt-huit ou trente meules distribuées dans les divers étages d'un bâtiment, et mues par une seule roue hydraulique ou par une machine à vapeur.

Les meules ont 5 décimètres et 42 à 43 centimètres d'épaisseur, elles sont de grès quartzeux, de couleur grise tirant sur le blanc, d'un grain brillant et d'une dureté moyenne. Comme ces meules tournent avec une grande vitesse et qu'elles sont sujettes à éclater, leur partie antérieure est cachée par une tôle forte, ouverte au milieu sur une hauteur de 2 décimètres et une largeur un peu plus grande que l'épaisseur des meules.

Chaque ouvrier qui est assis vis-à-vis de chaque meule prend en ses mains, entre le pouce et l'index, cinquante ou soixante fils, et les présente par un bout sur la partie découverte de la meule; il appuie sur ces

AIGUILLES.

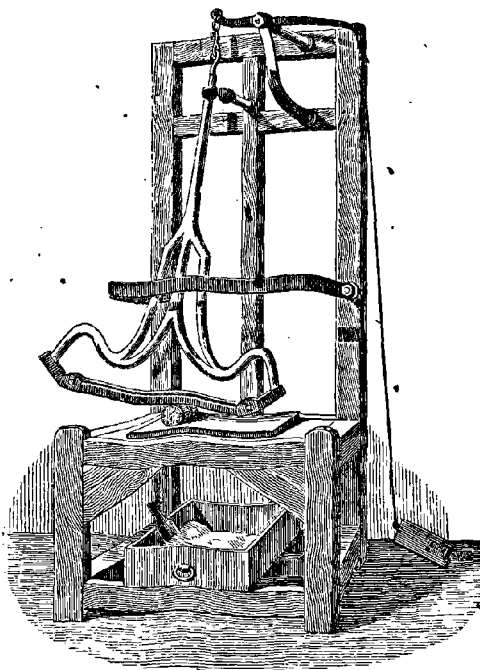


Fig. 5.

fils à l'aide d'un doigtier de cuir fort, qu'il fait aller et venir pour leur imprimer à tous à la fois un mouvement de rotation sur eux-mêmes, ce qui est nécessaire pour que les pointes soient coniques. L'habileté de l'ouvrier consiste à prendre à la fois le plus grand nombre de fils, et à leur imprimer un mouvement de rotation bien régulier pour que la conicité soit parfaite.

Ce premier travail sur la meule se nomme *dégrossissage*. Les fils, échauffés par le frottement de la meule, rougissent bientôt; l'ouvrier les éteint dans une caisse pleine d'eau qu'il a près de lui, et il continue de dégrossir les pointes d'autres fils. L'ouvrier, pour garantir sa vue des étincelles brûlantes qui s'éparpillent en tous sens, porte sur la tête un chapeau dont le large bord, rabattu sur son visage, est percé pour recevoir un verre de 42 à 45 centimètres de longueur et de 5 à 6 centimètres de largeur.

On emploie encore, à l'exemple des Anglais, un garde-*vue* plus commode; c'est un carré de verre dont le cadre en fer est mobile: l'ouvrier le place devant la meule et se garantit ainsi du danger des étincelles. Sa mobilité facilite le nettoyage, et sa grandeur permet de voir l'ensemble de l'opération.

Les meules sont tendres et friables, et elles s'usent rapidement et inégalement. Il faut souvent les retailler. Lorsque ce cas arrive, l'ouvrier prend un charbon qu'il tient dans une position fixe près de la meule qui tourne, et de manière à marquer en noir les endroits saillants qui ont besoin d'être enlevés; il fait ensuite arrêter la meule, et se sert d'une espèce de pioche avec laquelle il pique la meule et abat tout ce qui a été marqué par le charbon.

Dixième opération. Les fils empointés par les deux bouts reviennent au premier atelier; on les coupe alors en deux pour en faire deux aiguilles. On se sert pour cela d'un petit appareil semblable à celui représenté

fig. 3, et ayant tout justement la longueur d'une aiguille. On y place un certain nombre de fils empointés, et on les coupe tous à la fois au ras du bord à l'aide de la cisaille à main, qu'on fait mouvoir, dans ce cas, avec le genou; on agit de même sur la partie restante, ce qui donne un léger déchet; mais ce déchet est indispensable: on se rappelle (septième opération ci-dessus) qu'on a donné aux fils une longueur un peu plus grande que celle de deux aiguilles. Les empointeurs usant toujours plus ou moins les fils, ces fils seraient souvent trop courts si on ne leur donnait que la longueur juste de deux aiguilles.

Onzième opération. Les aiguilles, coupées de la longueur précise qu'elles doivent avoir, ont été rangées parallèlement les unes sur les autres dans de petites boîtes de carton ou de bois. On porte ces boîtes à l'ouvrier chargé d'aplatir la tête des aiguilles. Celui-ci, assis vis-à-vis d'une table sur laquelle est fixé un tas d'acier de forme cubique et de 8 à 9 centimètres de côté, prend de la main gauche vingt ou vingt-cinq aiguilles entre le pouce et l'index, et les arrange en forme d'éventail, c'est-à-dire les pointes serrées sous le pouce et les têtes plus écartées au dehors; il pose les têtes sur le tas d'acier, et, saisissant de la main droite un petit marteau à tête plane, il frappe plusieurs coups successifs sur toutes les têtes et les aplatit en un instant, ce qui se nomme *palmer*. L'ouvrier range ces aiguilles ainsi aplaties dans une boîte, et continue la même opération sur d'autres aiguilles.

Douzième opération. Les têtes palmées des aiguilles se sont écroulées par le choc du marteau, et elles courraient le risque de se fendre ou de se casser lorsqu'on les percera, si on ne les faisait recuire auparavant. On les porte donc dans un four, on les en retire quand elles sont chaudes, et on les laisse se refroidir lentement.

Treizième opération. Les têtes ainsi recuites, on les perce avec un poinçon. Ce poinçon est d'acier, et il a la forme et les dimensions qu'on veut donner à l'œil ou au trou des aiguilles.

Un enfant, assis devant une table garnie d'un tas ou petite enclume d'acier, prend de la main gauche une aiguille et le poinçon; il pose la tête de l'aiguille sur le tas et le poinçon sur la tête de l'aiguille, et frappe aussitôt un coup de marteau sur le poinçon; puis, retournant l'aiguille et y appliquant le poinçon de manière à rencontrer le trou commencé sur le côté opposé, il frappe un second coup. Cette opération se nomme *marquer*.

Quatorzième opération. Les aiguilles marquées passent dans les mains d'un autre enfant, dont la fonction est de *troquer* les aiguilles, c'est-à-dire d'enlever le petit morceau d'acier qui reste encore dans leur tête.

Cet enfant a devant lui deux petits tas, l'un de plomb et l'autre d'acier. Il place la tête de l'aiguille sur le premier tas, et, y appliquant ensuite un poinçon, il frappe dessus et fait entrer dans le plomb le petit morceau d'acier. Il pose alors à plat sur le second tas le poinçon et l'aiguille que ce poinçon traverse, et, frappant un coup sur chaque côté, il fait prendre à l'œil ou trou de celle-ci la forme exacte de celui-là.

Ces deux opérations, treizième et quatorzième, se font avec beaucoup plus de vitesse qu'il n'en faut pour les décrire. Les enfants à qui elles sont confiées sont si adroits, qu'ils se font un jour de percer avec un poinçon le cheveu le plus fin, et de faire passer un autre cheveu au travers.

Quinzième opération. Un ouvrier qu'on nomme *évidéur* s'empare ensuite des aiguilles pour faire la cannelure ou coulisse longitudinale et en arrondir la tête. Les instruments dont il se sert consistent :

En une petite lime plate qui a la forme d'une petite hache dont le tranchant est taillé en scie; elle sert à faire la cannelure;

En une lime carrée taillée sur ses quatre faces; elle sert pour arrondir la tête des aiguilles;

En une pince à bride; elle sert à tenir l'aiguille;

Enfin en un tasseau ou enclumeau de bois fixé sur la table et portant deux entailles, l'une angulaire, l'autre demi-cylindrique.

L'ouvrier place une aiguille dans la pince, de manière que l'œil corresponde au côté plat de cette pince. Il appuie ensuite la tête de l'aiguille dans l'entaille angulaire, ayant soin que l'œil de l'aiguille soit placé horizontalement. Dans le même instant il prend de la main droite la lime, la pose à plat sur le tasseau, l'approche de l'aiguille, et creuse en deux coups la coulisse longitudinale; puis, tournant l'aiguille sur elle-même sans la déplacer, il présente à la lime le côté opposé et y creuse une coulisse semblable.

Il reste alors à arrondir la tête: l'ouvrier, tenant toujours de la main gauche la pince et l'aiguille, pose la tête de celle-ci dans l'entaille demi-cylindrique, et avec la lime carrée qu'il appuie sur le tasseau il arrondit la tête de l'aiguille en deux ou trois coups. Il desserre ensuite, avec le petit doigt gauche, la bride de la pince qui tient l'aiguille, et jette celle-ci sur la table.

Seizième opération. Toutes les aiguilles évidées, jetées sur la table comme il vient d'être dit, sont mises ensuite pêle-mêle et sans ordre dans une espèce d'auge plate, légèrement concave au fond. Un ouvrier debout prend en ses mains cette auge, l'agite horizontalement de droite à gauche, d'arrière en avant, et ces mouvements d'oscillation et de trépidation, répétés plus ou moins vite et dans des directions convenables, ramènent l'ordre parmi les aiguilles; en un instant et comme par magie, elles viennent toutes se ranger parallèlement les unes aux autres sur le côté que l'ouvrier tient appuyé sur son ventre. Cette méthode simple et ingénieuse n'est pas ancienne: elle n'est connue que depuis une cinquantaine d'années; l'on était obligé auparavant de ranger les aiguilles à la main.

Variantes et procédés nouveaux dans la première série d'opération. On emploie actuellement à l'Aigle, et probablement aussi dans d'autres établissements à l'étranger, une série de procédés très remarquables, à partir de la dixième opération. Ces procédés diffèrent des précédents, surtout en ce qu'on emploie des moyens mécaniques et en ce qu'on place dans un autre ordre les diverses phases de la fabrication. Ainsi la séparation des aiguilles jumelles ne se fait qu'après le palpage, le perçage et l'évidement.

La fig. 6 représente le mécanisme au moyen duquel on produit l'estampage. L'aiguille jumelle est placée de telle sorte que son milieu, portant sur un petit bloc d'acier, correspond à un poinçon placé à la partie inférieure d'un *mouton*, ou poids considérable en fonte de fer. L'estampeur appuie le pied sur un étrier, soulève le mouton et laisse brusquement retomber celui-ci sur l'aiguille sur laquelle l'empreinte dessine aussitôt les deux têtes et la place du trou appelé *chas* en langage de fabrique. Un homme fait de neuf à dix mille estampages dans sa journée, ce qui correspond à dix-huit ou vingt mille aiguilles.

Le perçage est une opération tout à fait analogue à la précédente. L'ouvrière (fig. 7) agit à l'aide d'un levier sur un poinçon à double pointe, adapté au bout d'une vis de pression, et les deux pointes viennent percer à jour sur chacune des deux aiguilles du couple le *chas*, qui n'était encore qu'indiqué par la première opération.

Au fur et à mesure du perçement les aiguilles sont

AIGUILLES.

prises par une petite fille qui les enfle dans deux broches de fer d. la manière indiquée fig. 8. Les broches ont de 15 à 20 centimètres de longueur.

C'est alors que l'on procède à la séparation des aiguilles jumelles. Pour cela, on applique les rangées d'aiguilles enfilées dans les broches sur une petite tablette à deux versants, comme un toit de maison. La double rangée ressemble ainsi à un fragment d'arête de poisson. On maintient les aiguilles au moyen d'un cadre en cuivre dont l'une des extrémités tourne autour d'une charnière, et dont l'autre extrémité porte une chaîne fixée à une pédale sur laquelle presse le pied de l'ouvrier.

Quand les deux côtés des attaches sont limés, on brise facilement ce qu'il en reste, et en opérant sur une rangée d'aiguilles simples, on achève de donner la forme brute à la tête.

Nous avons dit en commençant qu'en France, où le fil d'acier ne se fabrique pas en grand, et l'on opère sur du fil de fer, sauf à convertir plus tard l'aiguille de fer en acier. C'est sur l'aiguille brute amenée au point qui vient d'être décrit que l'on effectue la manipulation appelée *cémentation*, par laquelle le fer se combine avec une certaine quantité de carbone, de manière à devenir

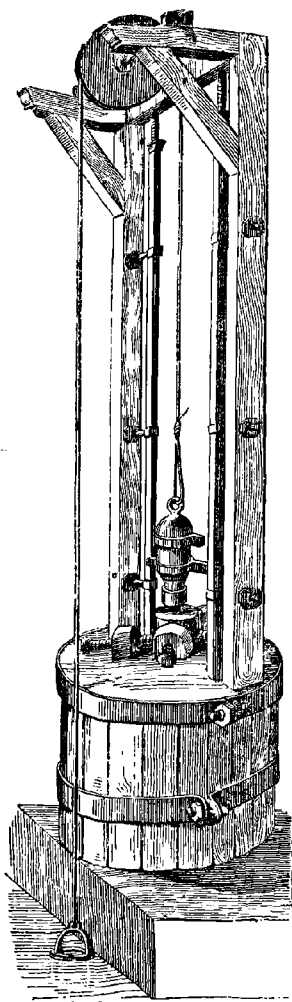


Fig. 6.

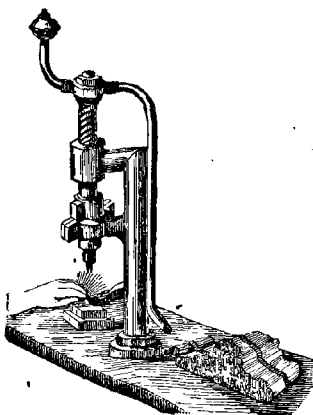


Fig. 7.

AIGUILLES.

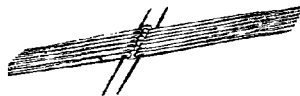


Fig. 8.

de l'acier. On range très également dans une espèce de boîte ou de marmite en fonte une quantité de deux à trois cent mille aiguilles sé-

parées par des lits de charbon de bois; on place cette boîte dans un four, et on y lute le couvercle de manière à donner lieu à la plus faible déperdition possible de calorique. La cuisson dure sept à huit heures, au bout desquelles on laisse le four refroidir lentement. Alors on a des aiguilles dont le corps s'est imprégné de charbon de la surface vers le centre, et qui sont devenues de l'acier par voie de cémentation. Comme dans cette opération et dans quelques-unes des précédentes, leur rectitude a pu être altérée, on profite de la malléabilité que l'acier possède à chaud pour les redresser au feu encore une fois, à la râpe, par le procédé de la fig. 3.

Seconde série d'opérations. — Trempe.

Les aiguilles, façonnées comme on l'a expliqué ci-dessus, sont soumises à un premier examen qui en fait rejeter un certain nombre. Celles qui sont reçues subissent neuf opérations constituant la seconde série :

Première opération. On pèse par tas de 45 kilogr. environ, ce qui fait depuis 250 jusqu'à 500,000 aiguilles. On met ces tas dans des boîtes séparées et on les porte dans l'atelier de trempage. Cet atelier contient : 1° un fourneau garni d'une grille pour recevoir le charbon, de deux barreaux de terre cuite pour porter les plateaux qui contiennent les aiguilles, et d'une cheminée avec un régulateur qui permet de maîtriser la marche du feu; 2° des cuveaux ou chaudrons de cuivre toujours pleins d'eau froide et munis d'un robinet d'écoulement; 3° une table sur laquelle sont déposées les boîtes pleines d'aiguilles et les plateaux sur lesquels on les arrange; 4° un ou plusieurs poëles en fonte, couverts d'une table de même métal, lutés en terre dans tout leur pourtour.

Deuxième opération. Un ouvrier étend les aiguilles sur les plateaux, à raison d'environ dix mille pour chaque, et les arrange parallèlement à la longueur de ceux-ci.

Troisième opération. Le trempeur place ensuite deux plateaux chargés d'aiguilles sur les barreaux de terre cuite du fourneau; il chauffe au charbon de bois jusqu'à ce que les aiguilles aient atteint la couleur du rouge cerise, si elles sont grosses ou moyennes, et jusqu'à un degré moindre si elles sont fines. Alors il retire un des plateaux à l'aide d'une pince, le porte au-dessus du baquet rempli d'eau, l'incline et jette les aiguilles en les éparpillant circulairement, de manière que tombant séparément pour ainsi dire, toutes reçoivent la même trempée. Lorsqu'il a jeté de même les aiguilles de l'autre plateau, il vide les deux cuveaux, enlève les aiguilles avec deux crochets ou mains de fer, et les dépose pêle-mêle dans une boîte. Ensuite il place au four d'autres plateaux, remplis d'eau les deux cuveaux, et continue de la même manière.

Quatrième opération. Un autre ouvrier prend la boîte où l'on a jeté les aiguilles trempées, et il les met en ordre en exécutant la seizième opération de la première série.

Cinquième opération. Les aiguilles qui viennent de subir la trempée sont trop cassantes pour être employées dans cet état. Le recuit leur donne de l'élasticité sans les rendre trop molles ni pliantes. Mais avant de les recuire, il faut leur enlever la crasse dont l'opération de la trempée les a couvertes.

Un ouvrier place 45 à 20,000 aiguilles tant à côté des unes des autres que bout à bout dans une toile serrée, et en fait un rouleau qu'il étrangle et lie par les deux extrémités. Il met ce rouleau sur une table et le fait rouler en avant et en arrière, en appuyant dessus avec un bâton ou une règle qu'il fait aller et venir; puis il trempe ce rouleau dans un seau d'eau, le remet sur la table, et le fait rouler de nouveau pendant quelques instants. Alors la crasse se détache successivement, et l'aiguille est assez nettoyée pour l'opération suivante.

Sixième opération. On porte les rouleaux d'aiguilles près des poêles à recuire, on ouvre et on développe ces rouleaux. Deux ouvriers à chaque poêle, l'un d'un côté, l'autre de l'autre, disposent les aiguilles encore mouillées sur la table de fonte du poêle, et en font chacun deux rangées parallèles, épaisses de 8 à 10 millimètres environ, longues de 5 à 6 décimètres. Leur besogne est de rouler sans cesse les aiguilles sur elles-mêmes, en appuyant dessus avec une règle de fer courbée, les pressant et les ramenant, afin que les aiguilles supérieures descendent au-dessous, que les inférieures remontent au-dessus, et que toutes soient chauffées uniformément. Quand on juge que le recuit est terminé, ce que l'on reconnaît à la couleur d'un bleu nuancé que prennent les aiguilles, on les pousse hors de la table du poêle, et on les jette dans une sébile placée au bas.

Septième opération. Ces aiguilles ainsi mêlées et sans ordre, sont aussitôt rangées parallèlement les unes aux autres par une opération semblable à la seizième de la première série.

Huitième opération. Comme la trempe a déformé une partie des aiguilles, il faut les redresser. On les prend une à une entre l'index et le pouce de la main gauche, et en les roulant on reconnaît celles qui sont courbées; on les redresse aussitôt sur un tas d'acier à l'aide d'un marteau particulier, et on les jette dans une boîte. Ce marteau a un manche très court et placé obliquement, afin que l'ouvrier qui le tient très près de la tête, puisse le manœuvrer aisément sans trop coucher le poignet, et ne donner que de petits coups.

Nuvième opération. On arrange ensuite les aiguilles jetées dans la boîte en exécutant pour la quatrième fois la seizième opération de la première série.

Observations. Il y a quelques variantes dans les procédés précédents : ainsi la trempe peut se donner dans un bain de plomb chauffé au rouge. A l'Aigle, on jette les aiguilles rougies à blanc dans un bain d'huile chaude, d'une chaleur supportable à la main. Ensuite, pour dégraisser les aiguilles, on les vanne avec de la sciure de bois; enfin le recuit s'opère dans un fourneau semblable à ceux qui servent à brûler du café, mais garni à l'intérieur de pointes très saillantes pour diviser les aiguilles et les empêcher de s'accumuler.

Troisième série d'opérations. — Polissage.

Le polissage est l'opération la plus longue dans la fabrication des aiguilles. On fait la cannelure, on perce le trou en un clin d'œil; mais il faut beaucoup de temps et une dépense assez notable de force et de matière pour rendre la surface de l'aiguille lisse, unie et brillante. Il est vrai que la lenteur de l'opération est compensée par la multitude d'aiguilles qui la subissent à la fois. On perce les aiguilles une à une, on les palme par vingtaines, on les trempe par milliers; mais on les polit par centaines de milliers, et même par millions. Les paquets ou rouleaux soumis au polissage en contiennent jusqu'à 500,000 chaque, et la même machine, que dirige un seul homme et qu'un courant d'eau fait agir, polit en même temps vingt ou

trente paquets, c'est-à-dire dix ou quinze millions d'aiguilles.

L'opération principale du polissage se subdivise en trois autres séries d'opérations : la première consiste à former les paquets ou rouleaux d'aiguilles; la seconde à les placer sur les tables du polissoir; la troisième à nettoyer les aiguilles.

Les principaux instruments et les machines principales qui servent au polissage, sont : 1° une table garnie d'une auge ou moule à faire les rouleaux ou paquets d'aiguilles; 2° une machine ou moulin à polir; 3° un tonneau à dégraisser, mobile autour de son axe; 4° un van en cuivre; 5° un baril de cuivre monté aussi sur un axe.

Lorsque les aiguilles ont été trempées, recuites et dressées, on les porte dans l'atelier destiné à la confection des rouleaux; on place deux ou trois carrés de toile qui ont déjà servi à cette opération dans l'auge, de manière qu'ils couvrent le fond et les côtés intérieurs, et qu'ils débordent en dehors; on augmente l'épaisseur de l'enveloppe avec plusieurs bandes de toile longitudinales. Sur le fond, on étend une couche de petites pierres de schiste quartzéux micacé, ou de silex, ou d'émeri, ou de pierre calcaire compacte, ou même de potée d'étain, quand on veut donner aux aiguilles un poli blanc. On range par dessus, et dans le sens de la longueur du rouleau, une couche d'aiguilles épaisse d'un centimètre, et longue d'environ 45 centimètres, ce qui exige sept ou huit longueurs d'aiguilles ordinaires. On recommence une couche de petites pierres, puis un lit d'aiguilles, et ainsi de suite jusqu'au cinquième lit d'aiguilles, que l'on recouvre d'un sixième lit de petites pierres, et on verse sur le tout environ un demi-litre d'huile de colza. On replie alors la toile par les deux bords, puis par les deux bouts, et on ferme le rouleau dont on étrangle les deux extrémités. Quand un certain nombre de rouleaux ont été préparés de cette manière, deux hommes les prennent successivement et achevent de les lier ou de les serrer étroitement à l'aide d'une forte ficelle que l'on serre autour de chaque rouleau, de manière à lui faire décrire une suite de spires qui se recouvrent mutuellement (fig. 9).



Fig. 9.

Dans cet état, les rouleaux sont envoyés à l'atelier de polissage.

Le polissoir est composé de deux chariots roulant sur des madriers de chêne, au moyen de roues à rainures maintenues par des rails. Un des deux chariots s'avance pendant que l'autre recule. Chaque rouleau, enfermé dans un compartiment qui correspond à l'un des montants verticaux du bâti en charpente, roule continuellement tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, soumis à la forte pression de la table du chariot. Les cailloux renfermés à l'intérieur s'écrasent peu à peu, et leur frottement finit par donner à l'aiguille le poli dont elle a besoin.

Lorsque les rouleaux d'aiguilles ont ainsi tourné sur eux-mêmes entre les tables à polir, pendant dix-huit à vingt heures, on les enlève, on les délie, on les déploie; on en retire les aiguilles toutes grasses et couvertes de cambouis; on les verse dans une sébile, on les recouvre de sciure de bois ou de paille hachée, et on les introduit dans le tonneau (fig. 10). Là, elles sont soumises à un mouvement de rotation prolongé jusqu'à ce qu'elles soient ressuées et dégraisées sur toute leur surface, et que leurs trons soient débouchés.

Du tonneau, on les fait tomber dans le van de cuivre qu'on a eu soin de placer dessous. Le vannage s'opère comme celui du grain. La sciure vole, les pierres se séparent, les aiguilles restent au fond du vase : elles sont déjà ressuées et presque sèches. On les verse dans un tiroir. On les met en ordre, en exécutant pour

AIGUILLES.

la cinquième fois la seizième opération de la première série, et on les porte ensuite à l'ouvrier qui est chargé de faire les rouleaux d'aiguilles.

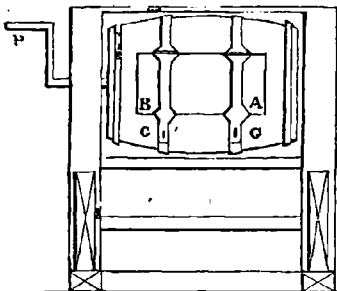


Fig. 10.

On fait alors des rouleaux semblables aux premiers, on les renvoie au moulin à polir, on roule pendant vingt heures, on dégraisse à la seure de bois dans le tonneau, on range et on fait de nouveaux rouleaux. On recommence ainsi sept fois de suite la même série d'opérations; on la fait même dix fois; seulement on varie la composition de la substance frottante dans les rouleaux. La huitième fois, les aiguilles ne sont arrosées que d'huile et roulées pendant six heures; la neuvième et la dixième fois, on emploie des lits de son de froment gros, sec et dépourillé de farine, et on ne roule encore que peu d'heures.

On termine enfin le polissage en essayant les aiguilles une à une avec un linge.

Le polissage comprend donc cinq opérations distinctes qui se répètent chacune dix fois, et une dernière opération qui ne s'exécute qu'une fois, savoir : 1^o confection des rouleaux; 2^o position des rouleaux sur les tables du moulin à polir; 3^o dégraissage dans le tonneau; 4^o vannage; 5^o arrangement des aiguilles; 6^o essuiement des aiguilles.

Quatrième série d'opérations. — Triage des aiguilles polies.

La plupart des opérations précédentes donnent lieu à un certain déchet, et l'un des soins de l'ouvrier, en recevant les aiguilles pour les soumettre à une nouvelle main-d'œuvre, consiste à rejeter toutes celles qui sont sorties défectueuses des épreuves qu'elles ont subies; mais le principal déchet a lieu au polissage. Les rouleaux qui reviennent du moulin à polir ne sont plus serrés et ronds comme quand on les y avait portés. Ils se sont aplatis; les aiguilles ne sont plus dans le même ordre; plusieurs sont piquées dans la toile qui les enveloppe; beaucoup sont croisées, et les pointes même de quelques-unes traversent les trous de quelques autres. Toutes sont émoussées, et lorsqu'elles ont été exposées dix fois, dans des rouleaux successifs, à l'action des polissoirs, on compte, en général, un dixième d'aiguilles cassées et un vingtième d'aiguilles courbées et pliées.

Les aiguilles polies passent dans un atelier particulier qu'on a soin de tenir toujours sec, afin qu'elles ne soient pas exposées à se rouiller; là elles subissent cinq opérations.

Première opération. Elle a pour objet de détourner les aiguilles, c'est-à-dire de mettre toutes les têtes du même côté. En même temps, l'ouvrier rejette les aiguilles cassées par le milieu.

Deuxième opération. Un second ouvrier prend les aiguilles détournées et les étale sur une table; il sépare

AIGUILLES.

celles qui sont cassées à la tête. Il est en outre chargé de faire deux qualités d'aiguilles, en raison du poli plus ou moins brillant.

Troisième opération. Un troisième ouvrier est chargé de mettre à part les aiguilles dont la pointe est cassée, sauf à les appointer de nouveau.

Quatrième opération. On redresse au marteau et sur une petite enclume de bois les aiguilles qui se sont courbées pendant le polissage.

Cinquième opération. On sépare chaque espèce d'aiguilles en trois tas, selon leurs diverses longueurs. Cette opération s'exécute promptement et simplement; elle pourrait être confiée à un aveugle.

Cinquième série d'opérations. — Derniers tours de mains et mises en paquets.

Cette cinquième série d'opérations paraît avoir reçu des changements ou plutôt des additions notables depuis une cinquantaine d'années, qui ont beaucoup amélioré la qualité des produits.

Première opération. — Le bronzage. Un enfant aligne sur une table de cuivre un certain nombre d'aiguilles, les têtes dehors, et l'ouvrier vient appliquer en dessous des têtes une barre de fer rouge dont la chaleur détermine l'apparition d'une couleur bleue, utile au *drilleur* dans l'opération qui va suivre, et à la personne qui, se servant de l'aiguille, veut y entrer le fil. L'espèce de support à mouvement oscillatoire, qui est employé à cette opération, porte, d'un côté, la barre de fer rouge, et est tenu de l'autre par la main gauche de l'ouvrier qui dirige son opération de cette main; la main droite n'est employée qu'à tenir le fer rouge qui détermine le bronzage.

Deuxième opération. — Le drillage. On appelle ainsi l'achèvement ou l'arrondissement du *chas*, *œil* ou *trou*. Sur une plaque mince de cuivre, on range une trentaine d'aiguilles que l'on maintient avec les deux pouces, tandis que l'index de chaque main soutient la plaque par dessous. Le chas était déjà percé, mais bien imparfait; l'ouvrier le présente à la *drille*, espèce de burin d'acier très fin, animé d'un mouvement de rotation rapide qui arrondit le trou et régularise les bords, de manière à empêcher le fil d'être coupé. Il faut pour cette main-d'œuvre beaucoup d'attention, du coup d'œil et une grande habitude. Mais c'est chose merveilleuse que de voir la promptitude avec laquelle opèrent les ouvriers exercés. A peine la drille paraît-elle toucher les aiguilles; l'outil ne manque jamais de tomber où il le faut; la rangée s'avance successivement de gauche à droite, et tout est fini, que le spectateur a eu à peine le temps de suivre les détails de l'opération.

Troisième opération. — Le brunissage. Cette main-d'œuvre, la dernière de la confection, à proprement parler, ne laisse pas d'être fort importante. Elle consiste à donner le poli le plus fin à l'aiguille, sur une bobine de buffle, recouverte de matières pulvérulentes d'une nature variable, mais qui toutes remplissent

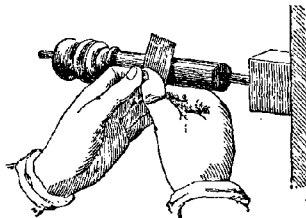


Fig. 11.

le même but. C'est dans le brunissage qu'excellent les ouvriers anglais. La fig. 11 représente cette opération.

Quatrième opération. — La mise en paquets. Elle se subdivise elle-même en une dizaine d'autres :

1° On coupe le papier en petits carrés d'une grandeur proportionnée aux aiguilles, en général de dimension triple de la longueur de l'aiguille. Le papier est bleu ou violet, d'une composition particulière qui le rend peu susceptible d'attirer l'humidité ;

2° Un enfant plie ces papiers au tiers, et forme le premier pli ;

3° Un ouvrier compte cent aiguilles et les met dans un des plateaux d'une petite balance ; il met en même temps dans l'autre plateau des poids équivalents au poids des cent aiguilles ; puis il verse celles-ci dans un des papiers dont le premier pli a été fait par l'opération précédente. Il continue à peser des poids égaux aux cent premières aiguilles, et il obtient ainsi successivement des centaines d'aiguilles.

Le comptage des aiguilles est une opération longue, fastidieuse et sujette à erreur quand elle se fait à la main. C'est pour l'éviter que l'on fait ces pesages successifs ; mais on perd peut-être alors en précision ce que l'on gagne en promptitude. Heureusement on peut opérer mécaniquement d'une manière très simple. Il suffit d'employer la règle en fer imaginée par un Allemand, M. Pastor. Le bord supérieur de cette règle porte des cannelures proportionnées à la grosseur des aiguilles ; les cannelures sont assez larges et assez profondes pour qu'en jetant dessus une certaine quantité d'aiguilles que l'ouvrier tient entre le pouce et l'index, il ne s'en loge qu'une à la fois dans chaque cannelure ;

4° Un ouvrier prend les paquets et achève de les plier, il les range ensuite dans une boîte qui porte les numéros des aiguilles ;

5° On écrit sur les paquets le numéro des aiguilles, le nom du fabricant et les marques particulières adoptées pour chaque espèce et chaque qualité d'aiguilles. Pour certaines aiguilles, le papier est en outre revêtu d'un timbre à sec ;

6° On réunit en un seul dix paquets de cent, ce qui forme des paquets de mille aiguilles ; on les enveloppe de papier bleu ou violet, qu'on lie avec du fil blanc ou rouge. On recouvre quelquefois les paquets de mille d'une feuille de papier blanc, portant des figures et des caractères dorés ;

7° On réunit encore tous ces paquets au nombre de cinquante, ce qui forme des paquets de 50,000, qu'on enveloppe immédiatement de papier blanc, puis d'une ou deux vessies de bœuf séchées, et on recouvre le tout de papier ciré ou de toile cirée, et on y ajoute une dernière enveloppe de toile grise. Sur celle-ci, on écrit l'assortiment des aiguilles avec une marque qui en indique la qualité.

De l'insalubrité de l'empointage et des moyens de l'atténuer.

Parmi les opérations précédentes, il y en a surtout une qui a des effets nuisibles pour la santé de l'ouvrier : c'est l'empointage qui se fait ordinairement à sec pour prévenir la rouille. La poussière qui se produit dans l'empointage, ainsi fait sur les meules de grès, est extrêmement dangereuse. Sans l'emploi de certains préservatifs, les empointeurs ne peuvent guère exercer leur métier plus de dix à quinze ans. Ils meurent à la fleur de l'âge, atteints de phthisie pulmonaire, à moins qu'ils n'aient renoncé de très bonne

heure à cette partie de la fabrication. Un médecin de Reddith a observé, pendant une longue pratique, que sur plusieurs milliers d'ouvriers empointeurs, il y en a un à peine qui atteigne l'âge de quarante ans. Dès le commencement de ce siècle (vers 1810), des tentatives ont été faites en Angleterre pour remédier à l'insalubrité reconnue de l'empointage. M. Prior imagina une espèce de soufflet mû par le pied de l'ouvrier ou par le moteur qui fait tourner la meule, et dont le vent, chassé à travers un tube percé de fentes longitudinales qui embrasse la meule, produit un courant assez fort pour entraîner la poussière. La fig. 42 montre cet appareil vu en perspective. Un autre appareil fondé sur le même principe, fut construit, en 1816, par M. Thomas Roberts ; enfin M. Abraham inventa en 1822 un

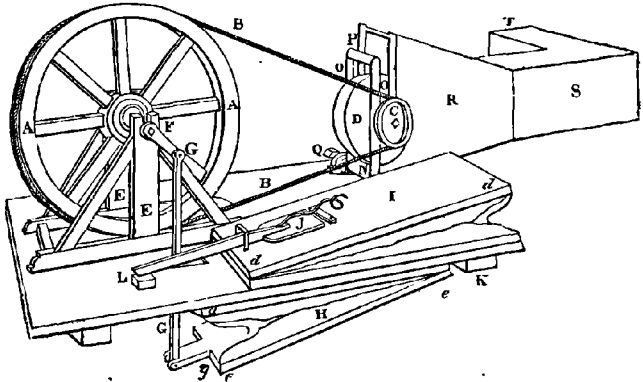


Fig. 42.

appareil simple qui a le double avantage d'entraîner la poussière de grès et de préserver les ouvriers des particules fines d'acier qui s'élèvent pendant le travail. C'est à l'aide de barreaux aimantés qu'il arrête les poussières qui échappaient à la ventilation.

Le moyen qu'a imaginé et employé avec succès M. Pastor, fabricant à Borcette, près d'Aix-la-Chapelle, consiste à faire de la meule elle-même un ventilateur qui entraîne les particules de grès et d'acier. Cette meule est revêtue d'une enveloppe en tôle, qui ne laisse qu'un étroit passage pour les aiguilles, et qui porte en un autre endroit une plaque de verre à travers laquelle l'ouvrier suit les progrès du travail. La chambre vide, comprise entre la meule et l'enveloppe, est en communication avec un tuyau aboutissant à une cheminée, et dans lequel l'air se précipite avec violence, entraînant la poussière siliceuse et métallique.

Considérations et faits divers qui se rattachent à la fabrication et au commerce des aiguilles.

Conditions auxquelles satisfait une bonne aiguille. — Nous pouvons maintenant résumer et compléter ce qui précède, de manière à établir les conditions d'une bonne fabrication.

Pour être réputées bonnes, les aiguilles doivent satisfaire à diverses conditions. Il faut que le fil soit d'acier de bonne qualité, bien trempé, que la partie cylindrique soit d'une rectitude parfaite ; que la cannelure soit faite avec une très grande régularité ; que l'œil soit percé dans l'axe, bien rond, et que ses bords ne coupent pas le fil ; que la tête ait assez de résistance pour ne pas se rompre sous l'effort de traction qu'on exerce sur le fil au travers de certaines étoffes ; que la pointe soit aigüe, bien conique, ne déviant pas de l'axe ; que le poli soit parfait ; que l'entrée dans l'étoffe soit facile et qu'il n'y ait pas de ventre, c'est-à-dire qu'après l'entrée la sortie soit également facile ;

que l'élasticité soit convenable pour faciliter le passage dans des parties de couture où l'aiguille ne peut pénétrer qu'en formant à chaque point un arc très prononcé, arc qu'elle doit perdre entièrement sitôt qu'elle se trouve mise en liberté.

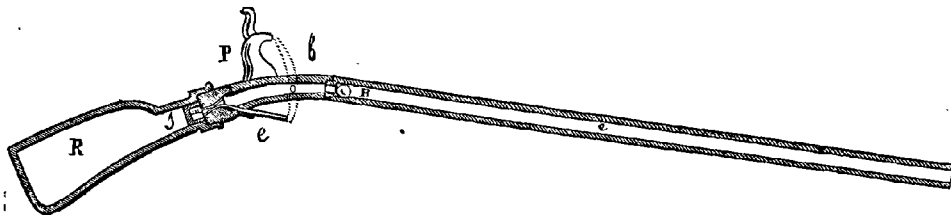
AIR (*ang.* air, *all.* luft). L'air est un mélange, en volume, de 79,2 parties d'oxygène et 20,8 parties d'azote. Le litre de ce gaz se pèse 1^g₂₉₃,3, sous la pression barométrique de 0^m,76 et à 0°. Sa densité est $\frac{1}{770}$ de celle de l'eau; il renferme une quantité variable de vapeur d'eau et une très faible proportion (0,0004 à 0,0006 en vol.) d'acide carbonique. L'air est le seul gaz qui puisse entretenir la respiration, aussi doit-il être renouvelé avec soin dans tous les endroits où il se vicie constamment, tant par la respiration humaine que par la combustion des foyers, des corps éclairants, etc. Voyez VENTILATION.

AIR COMPRIMÉ. L'air comprimé au moyen de pompes foulantes ou machines de *compression*, peut être utilement employé dans certains cas comme force motrice. Souvent on se propose de faire jouer à l'air atmosphérique un rôle tout à fait analogue à celui de la vapeur dans les machinés à vapeur, surtout pour les chemins de fer; nous indiquerons à ces articles les résultats déjà obtenus, en discutant l'exactitude et la portée des principes sur lesquels ils reposent, ce qui nous permettra d'en apprécier la valeur industrielle. Nous dirons seulement que c'est surtout comme réservoir de travail mécanique qu'on a fréquemment pensé à utiliser l'air comprimé, mais les résultats obtenus jusqu'à ce jour sont de faible importance. La difficulté de comprimer l'air à de fortes pressions, qui ne forcent pas à l'emploi de vaisseaux énormes, et par suite d'un grand poids, pour renfermer une faible quantité de travail, jointe à celle de le comprimer à de grandes distances, par suite des résistances produites dans les tuyaux par les coudes et étranglements, telles sont les causes qui ont rendu infructueux la plupart des essais tentés jusqu'à ce jour. C'est en renversant le problème, en raréfiant au contraire l'air pour utiliser la pression atmosphérique sur l'une des faces d'un piston se mouvant dans un cylindre alésé, qu'on a réussi dans les seuls essais qui aient donné jusqu'ici des résultats applicables en grand (voy. CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE).

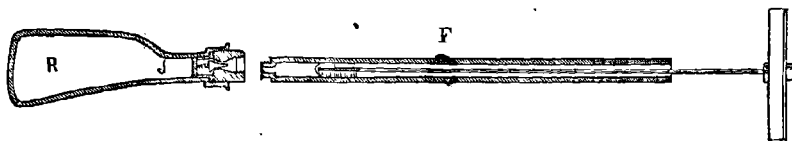
Nous nous contenterons de parler ici du *fusil à vent*, du *briquet pneumatique*, et enfin de l'emploi de l'air comprimé pour le passage des *niveaux* et le fonçage des puits de mines dans les terrains ébouleux et aquifères, qu'il est souvent impossible d'assécher au moyen de pompes

Fusil à vent. La fig. 62 montre en quoi le mécanisme de cet appareil diffère du fusil ordinaire. La crosse R est un réservoir en cuivre muni d'une soupape *s* s'ouvrant du dehors en dedans; on la dévisse et on y comprime de l'air sous une pression de 8 ou 10 atmosphères, à l'aide d'une petite pompe foulante F (fig. 63). On remet alors la crosse en place et on charge la balle B dans le canon *c* du fusil. Ensuite en faisant partir comme à l'ordinaire le chien P, celui-ci fait basculer le levier *b*, dont l'extrémité inférieure pousse la tige *e* et ouvre la soupape *s*, l'air sort avec violence, chasse la balle et la soupape se referme à l'instant. On peut tirer de suite plus ou moins de coups, suivant que le réservoir est plus ou moins grand. Le fusil à vent peut lancer la balle avec presque autant de vitesse que le fusil ordinaire; car, quoique la pression initiale soit bien moins considérable que celle due à l'inflammation de la poudre, d'un autre côté cette pression s'exerce sur le projectile avec une intensité à peu près constante, pendant tout le temps qu'il met à en parcourir le canon qu'on a soin de faire très long, afin d'obtenir une vitesse suffisante par l'action prolongée de l'air, sans que la pression de celui-ci dans le réservoir soit énorme; tandis qu'elle décroît considérablement dans les fusils ordinaires, par suite de l'expansion des gaz de la poudre, et de l'abaissement de température qu'ils subissent dans ce parcours. Cet effet ne se produit pas sans bruit, ni sans lumière et à l'extrémité du canon, on voit un jet de flamme qui est produit par le frottement des petites poussières solides que l'air rencontre ou qu'il emporte avec lui; car il paraît que dans un air très pur, il n'y a plus de flamme perceptible. La quantité d'air qui sort du réservoir à chaque coup, et qui est égale en volume à celui du canon de fusil, diminue rapidement la pression dans le réservoir, ce qui fait que les vitesses des coups qui se succèdent décroissent rapidement. C'est là un des principaux inconvénients qui ont toujours empêché de faire du fusil à vent un usage sérieux.

Briquet pneumatique. Ce briquet consiste en un tube de verre cylindrique très fort, garni d'une armature en cuivre à son extrémité inférieure qui est fermée; il s'y meut à frottement un piston plein; muni d'une tige servant à le manœuvrer et portant en dessous une cavité où l'on peut fixer un morceau d'amadou. Lorsque l'on comprime brusquement l'air renfermé dans le cylindre en verre à l'aide du piston, de manière à le réduire à une très petite partie de son volume primitif, il se dégage une quantité de chaleur, auparavant latente



62.



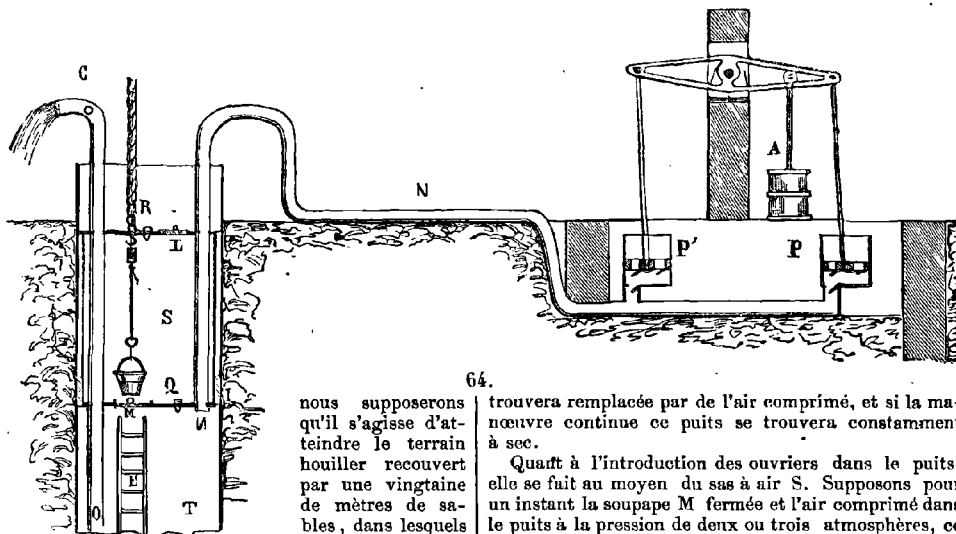
63.

d'épuisement, procédé qui doit trouver de bien nombreuses applications dans les travaux hydrauliques.

et employée à maintenir l'écartement moléculaire, suffisante pour enflammer l'amadou.

Appareil Triger pour la traversée des terrains ébouleux et aquifères. Pour mieux faire comprendre l'usage de cet appareil, dont le croquis fig. 64 donnera une idée,

d'eau, cette eau cédant alors à la pression de l'air, s'échappera par le tuyau OO, de sorte qu'au bout d'un certain temps, toute celle contenue dans le puits se



rievère, ce qui était précisément le but que M. Triger s'était proposé d'atteindre, lorsqu'il imagina d'employer ce procédé. On commencera par se procurer une suite de bouts de tubes en tôle, ou mieux en fonte, celle-ci s'attaquant moins par les eaux que la tôle, d'un grand diamètre (celui que l'on veut donner au puits), que l'on enfonce successivement à coups de mouton, en les réunissant à mesure, jusqu'à ce qu'on ait atteint le terrain solide. On drague ensuite le sable contenu dans le tube soit à l'aide de cylindres à soupapes (voyez SONDAGES), soit de toute autre manière; reste encore à épuiser l'eau et à pénétrer dans le terrain solide à une profondeur telle qu'on puisse y asseoir le tube en tôle par un picotage (voyez MINES), qui ne laisse filtrer qu'une quantité d'eau insignifiante. On emploie à cet effet l'appareil ci-dessus, qui se compose :

1° D'une machine à vapeur A qui met en mouvement deux pompes P, P', qui refoulent l'air dans le tuyau N; les pistons sont munis ainsi que le fonds des corps de pompe de soupapes s'ouvrant de haut en bas; on se procure aisément des soupapes très convenables pour comprimer l'air à plusieurs atmosphères, en leur donnant une forme analogue aux âmes des soufflets domestiques.

2° D'un sas à air S, supporté par un câble C et fixé dans le tube T par un presse-étoupe I, I, ayant pour but de s'opposer à toute communication directe entre l'intérieur du puits et l'atmosphère. Ce sas renferme : deux soupapes trous d'homme L, M, destinées à la manœuvre du sas pour l'introduction des ouvriers et l'extraction des déblais; deux robinets Q, R, destinés au même usage ainsi qu'un manomètre et une soupape de sûreté pour prévenir tout accident. Il est en outre traversé par deux tuyaux, dont l'un NN, est destiné à l'introduction de l'air comprimé dans le puits, et l'autre OO à faciliter la sortie de l'eau, lorsque par suite de la compression de l'air, cette eau est forcée de sortir avec plus de vitesse que ne le permettent les ouvertures qui peuvent exister au bas du puits au contact imparfait du tube T avec le terrain solide.

Dès que la machine à vapeur sera en activité, les pompes foulantes injecteront au-dessous du sas à air, de l'air qui s'y comprimera, et si le puits est rempli

nous supposons qu'il s'agisse d'atteindre le terrain houiller recouvert par une vingtaine de mètres de sables, dans lesquels s'infiltrait l'eau d'une

trouvera remplacée par de l'air comprimé, et si la manœuvre continue ce puits se trouvera constamment à sec.

Quand à l'introduction des ouvriers dans le puits, elle se fait au moyen du sas à air S. Supposons pour un instant la soupape M fermée et l'air comprimé dans le puits à la pression de deux ou trois atmosphères, ce qui correspond à une hauteur d'eau de 20 à 30 mètres. La soupape L étant ouverte, les ouvriers pourront descendre dans le sas à air, puis fermer au-dessus de leur tête cette soupape et ouvrir en même temps le robinet inférieur Q, pour se mettre en communication avec l'air comprimé du puits; à l'instant même la soupape L se trouvera collée contre ses parois, et dès que l'équilibre se sera établi entre la tension de l'air dans le puits et dans le sas à air, la soupape inférieure M s'ouvrira d'elle-même par son propre poids, et les ouvriers pourront s'introduire dans le puits. Pour en sortir, il suffira de faire une manœuvre pareille en sens inverse, c'est-à-dire de fermer la soupape M et d'ouvrir le robinet supérieur R pour se mettre de suite en communication avec l'atmosphère. La tension de l'air diminuant alors au-dessous de la soupape L, celle-ci s'ouvrira d'elle-même, et les ouvriers pourront sortir et faire enlever leurs déblais.

Lorsqu'on passe de l'air libre dans l'air comprimé, on ressent dans les oreilles une douleur plus ou moins forte de peu de durée, et le meilleur moyen de la faire disparaître est d'opérer un mouvement de déglutition en avalant sa salive. Cette espèce d'engourdissement est d'autant moins sensible que l'appareil est plus grand et que l'on met plus de temps à passer de l'air libre dans l'air comprimé et réciproquement, temps qu'il est facile de faire varier à volonté en tournant plus ou moins les robinets Q, R.

Un autre phénomène produit par l'air comprimé, est une accélération sensible de la combustion avec l'intensité de la compression, au point que sous une pression de trois atmosphères cette accélération devient telle, qu'on doit remplacer les chandelles à mèches de coton qui brûlent avec une telle rapidité qu'elles durent à peine un quart d'heure en répandant en outre une fumée intolérable, par des chandelles à mèches de fil, ce qui diminue très notablement la vitesse de combustion et le dégagement de la fumée.

L'assèchement du puits étant ainsi opéré, on s'enfonce dans le terrain solide jusqu'à ce qu'on rencontre une couche imperméable dans laquelle on picote (voyez MINES) par les procédés ordinaires, deux ou plusieurs troupes porteuses sur lesquelles on monte un cuvelage qui se relie au tube en tôle ou en fonte.

ALAMBIC.

Il convient pour diminuer la tension de l'air comprimé dans le puits d'adapter au bas du tube de dégagement de l'eau OO et sur l'une de ses parois un robinet permettant l'introduction de l'air; par ce moyen, il s'échappe par l'extrémité de ce tube un mélange artificiel d'eau et d'air qui, étant spécifiquement plus léger que l'eau, peut être élevé à une hauteur plus considérable, sous la même pression.

ALAMBIC (angl. *still*, all. *blase*). L'alambic est un appareil dont on se sert pour distiller les liquides; il est formé de deux pièces: la *cucurbite*, où s'opère la distillation, et le *réfrigérant* où les vapeurs se condensent. Il sert surtout dans la préparation des spiritueux.

Un des grands progrès faits dans les distilleries modernes est d'avoir réussi à extraire l'alcool en une seule opération des liqueurs qui le renfermaient. Les chimistes, habitués depuis longtemps à se servir de l'appareil de Woolf lorsqu'ils voulaient charger de matières gazeuses un liquide contenu dans une série de flacons, n'avaient jamais songé à l'appliquer à la distillation. Edouard Adam, simple ouvrier de Montpellier, après avoir assisté par hasard à une séance de chimie, eut le premier l'idée de s'en servir au lieu d'alambic. Il fit passer successivement d'un flacon dans un autre les vapeurs alcooliques, et recueillit dans ces différents vases, avec un seul foyer, des esprits qui avaient les divers degrés de pureté et de concentration désirés. Il prit à ce sujet, en 1804, un brevet d'invention, et ses succès, obtenus d'abord sur une petite échelle, le mirent bientôt à même de fonder dans sa ville natale une magnifique distillerie qui excita l'admiration de tous les chimistes-manufacturiers d'alors. En novembre 1805, il prit un nouveau brevet pour certains perfectionnements, qui lui permettaient d'extraire en une seule opération tout l'alcool contenu dans le vin. Adam conçut une telle joie de l'heureux succès de ses premières expériences qu'il ne put s'empêcher d'en parler à toutes les personnes qu'il rencontrait; aussi eut-il bientôt plusieurs concurrents: Solimani, professeur de chimie de Montpellier, et Isaac Bérard, distillateur dans le département du Gard, imaginèrent d'autres alambics, permettant d'extraire en une seule fois tout l'alcool contenu dans la liqueur soumise à la distillation, et vinrent aussi diminuer les bénéfices du premier inventeur. Mais aucun de ces appareils n'était continu, et c'est M. Cellier-Blumenthal, dont le nom doit être cher à l'industrie, qui eut l'idée de combiner tout ce qu'il y avait de bon dans les systèmes qui l'avaient précédé, et d'appliquer à l'appareil qui en est résulté le système de la continuité si fécond dans toutes les opérations industrielles.

Les principes de la distillation des spiritueux reposent sur le fait, que l'on peut séparer par l'action de la chaleur l'alcool des matières aqueuses avec lesquelles il est mélangé, et que cette séparation est d'autant plus complète que la température à laquelle on opère est plus basse. Cela est rendu évident par le tableau ci-joint dû à Grœning.

La teneur alcoolique d'un liquide augmentant, dans une proportion très rapide, au fur et à mesure que le point d'ébullition s'abaisse, comme le montre ce tableau, il s'ensuit que dans le procédé d'Adam, qui emploie une série de condenseurs successifs, les produits de la distillation venant de l'alambic, sont d'abord condensés dans le premier flacon; mais celui-ci s'échauffant peu à peu, acquerra bientôt une température normale inférieure à celle de l'alambic, par suite de laquelle il passera dans le second condenseur un liquide alcoolique d'une teneur plus considérable, etc. Et en définitive, on obtiendra dans les divers flacons des produits de plus en plus riches en alcool.

D'après le même auteur, l'alcool absolu a une densité de 0,794 à la température de -20° centigrades et

ALAMBIC.

LIQUEURS ALCOOLIQUES.		
TEMPÉRATURE de L'ÉBULLITION.	TENEUR ALCOOLIQUE	
	DU LIQUIDE en ébullition pour 100.	DE LA VAPEUR qui se dégage pour 100.
76°, 7'	92	93
77°, 7'	90	92
77°, 8'	85	91
78°, 2'	80	90 1/2
79°, 0'	70	90
79°, 2'	70	89
80°, 0'	65	87
81°, 3'	50	85
82°, 7'	40	82
83°, 9'	35	80
85°, 0'	30	78
86°, 3'	25	76
87°, 7'	20	74
88°, 9'	18	68
90°, 0'	15	66
91°, 3'	12	64
92°, 5'	10	55
93°, 9'	7	50
95°, 0'	5	42
96°, 3'	3	36
97°, 6'	2	28
98°, 9'	1	13
100°, 0'	0	0

bout à 75° 8 centigrades; ce qui ne s'accorde pas tout à fait avec les nombres donnés par M. Gay-Lussac (voy. ALCOOL).

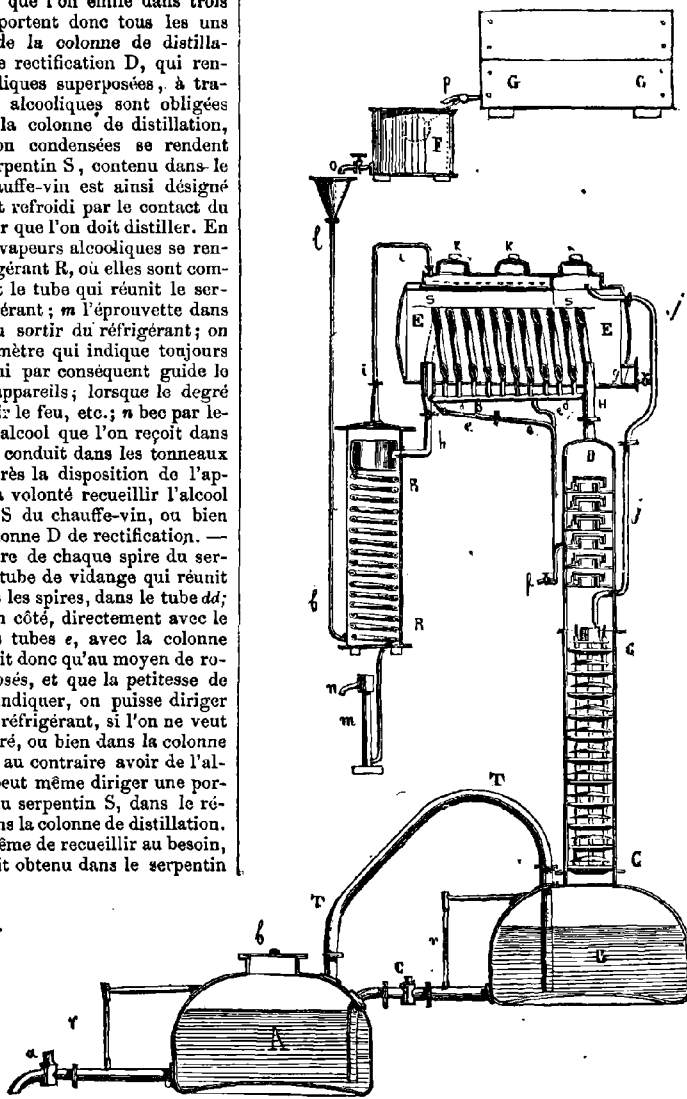
L'appareil de M. Cellier-Blumenthal est certainement de tous les alambics de distillation celui qui réunit les plus grands avantages; on peut le dire sans exagération, il est en quelque sorte le type de la perfection: il marche avec continuité sans exiger presque de surveillance, il donne de l'alcool rectifié ou non rectifié à un degré voulu, enfin et surtout il dépense très peu de combustible. Cette dépense qui s'élève souvent dans les alambics discontinus jusqu'à trois fois le poids de l'alcool à trois-six ou à 33° Cartier obtenu, n'est dans les appareils construits d'après le système Cellier-Blumenthal, que le quart environ du poids de cet alcool, c'est-à-dire plus de dix fois moins considérable. La description que nous allons donner d'un de ces appareils continus, construit par M. Derôme, montrera par quels moyens on est arrivé à cette grande économie.

A et B (fig. 65) sont deux chaudières de distillation; la première A est placée immédiatement au-dessus du foyer, la seconde B est chauffée par la chaleur perdue des produits de la combustion. La chaudière A se vidange par le robinet a, et se remplit par le robinet c avec le contenu de la chaudière B; le tube T conduit les vapeurs de la chaudière A dans la chaudière B. Les niveaux τ , τ' indiquent la hauteur du liquide dans les deux cucurbites. Le trou d'homme b sert au besoin à nettoyer la chaudière A. Au-dessus de la chaudière B se trouve fixée la colonne de distillation C; cette colonne renferme dix couples superposées de calottes mobiles, présentant alternativement leur concavité en haut et en bas, et rayonnées à leur surface par des fils de cuivre soudés qui transmettent goutte à goutte le liquide condensé, d'une calotte supérieure sur la calotte inférieure; chacun des

couples porte trois douilles que l'on enfle dans trois tringles en fer; ils se supportent donc tous les uns sur les autres. Au-dessus de la colonne de distillation se trouve la colonne de rectification D, qui renferme six soupapes hydrauliques superposées, à travers lesquelles les vapeurs alcooliques sont obligées de passer. En sortant de la colonne de distillation, les vapeurs alcooliques non condensées se rendent par le tube H, dans un serpentin S, contenu dans le vase chauffe-vin E. Ce chauffe-vin est ainsi désigné parce que le serpentin S est refroidi par le contact du vin lui-même ou de la liqueur que l'on doit distiller. En sortant du serpentin S, les vapeurs alcooliques se rendent enfin dans le vase réfrigérant R, où elles sont complètement condensées; h est le tube qui réunit le serpentin S avec celui du réfrigérant; m l'éprouvette dans laquelle se rend l'alcool au sortir du réfrigérant; on place dans ce vase un aréomètre qui indique toujours le degré de l'alcool, et qui par conséquent guide le chauffeur qui conduit les appareils; lorsque le degré est trop fort, on doit ralentir le feu, etc.; n bec par lequel s'écoule en définitive l'alcool que l'on reçoit dans un tube à entonnoir qui le conduit dans les tonneaux destinés à le contenir. D'après la disposition de l'appareil, on voit qu'on peut à volonté recueillir l'alcool condensé dans le serpentin S du chauffe-vin, ou bien le faire retourner dans la colonne D de rectification. — En effet à la partie inférieure de chaque spire du serpentin S se trouve un petit tube de vidange qui réunit le liquide condensé de toutes les spires, dans le tube dd; ce tube dd communique d'un côté, directement avec le tube h et de l'autre, par les tubes e, avec la colonne de rectification D; on conçoit donc qu'au moyen de robinets convenablement disposés, et que la petitesse de la figure n'a pas permis d'indiquer, on puisse diriger l'alcool dans le serpentin du réfrigérant, si l'on ne veut pas avoir un produit concentré, ou bien dans la colonne de rectification, si l'on veut au contraire avoir de l'alcool à un haut degré. On peut même diriger une portion seulement de l'alcool du serpentin S, dans le réfrigérant et l'autre partie dans la colonne de distillation. Enfin un robinet f, permet même de recueillir au besoin, tout à fait à part, le produit obtenu dans le serpentin S. Toutes ces combinaisons ont été adoptées dans le but d'obtenir à volonté des alcools à un degré voulu.

G est le réservoir contenant le liquide que l'on veut distiller; p robinet à niveau qui maintient toujours rempli le vase F, ce dernier alimente avec continuité l'appareil de distillation au moyen du robinet o placé au-dessus d'un entonnoir. U Tube conduisant le vin ou la liqueur alcoolique dans le réfrigérant R; on fait arriver ce tube à la partie inférieure du réfrigérant pour que la condensation des vapeurs alcooliques soit plus parfaite; après avoir refroidi le serpentin du réfrigérant, le vin se rend par le tube ii dans le chauffe-vin E; avant d'y entrer il tombe dans une rigole percée de trous qui le répartit uniformément. Au sortir du vase E, le vin très chaud se rend par le tube j à la partie supérieure de la colonne de distillation C, là il se répand successivement sur les calottes et arrive enfin dans la chaudière B, puis on le fait couler dans la chaudière A, et enfin la vinasse épuisée se vidange par le robinet a.

En définitive, on voit que dans cet appareil modèle, les vapeurs alcooliques cheminent toujours en sens contraire de la liqueur distillée, de manière à ce que

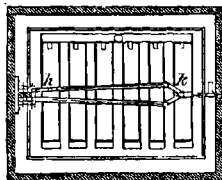
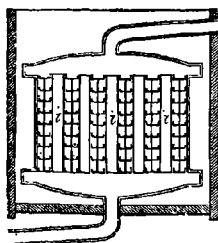


celle-ci profite le mieux possible de toute la chaleur qu'abandonnent les vapeurs en se condensant. D'un autre côté, l'appareil étant disposé de manière à ce que l'on puisse ramener, dans la colonne de rectification, l'alcool qui n'a pas le degré voulu, on évite ainsi les rectifications successives que l'on était obligé de faire dans les anciens appareils. Ces causes réunies, ainsi que la continuité du travail, expliquent l'énorme économie de combustible que réalisent les appareils fondés sur le système Cellier-Blumenthal, qui est aujourd'hui généralement adopté en France, et nous verrons même que les appareils les plus employés à l'étranger reposent toujours sur les mêmes principes, quoique au premier coup d'œil leur forme paraisse tout à fait différente.

L'alambic représenté dans les figures 66, 67, 68, 69, et 70 est généralement employé en Angleterre dans les distilleries de grains, et mérite d'être cité à cause de sa

simplicité, et tout à la fois de sa perfection; il est à distillation continue ainsi que tous ceux que nous décrirons dans cet article. Cet appareil se compose de trois parties distinctes: l'alambic proprement dit, le rectificateur et le réfrigérant ou condensateur. Quand l'eau, les huiles et l'alcool passent à l'état de vapeur dans les conduits repliés sur eux-mêmes du rectificateur où la température est maintenue à 77° centig., l'alcool seul conserve sa forme élastique et se rend dans le réfrigérant placé à la suite, tandis que l'eau et l'huile sont en grande partie condensées, et retombent dans le corps de l'alambic, d'où on les retire avec les résidus.

66.



69.

Le système représenté dans les fig. 66, 67 et 70 est combiné de manière que les vapeurs de toute nature, qui s'élèvent de l'alambic *a*, soient en contact intime avec des surfaces métalliques chaudes, maintenues à une température constante par le moyen d'un manchon rempli d'eau qui les entoure, et dont la chaleur est réglée par un appareil que nous décrirons plus loin.

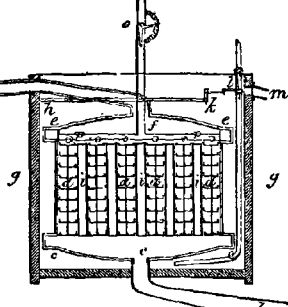
Le col de l'alambic *b* (fig. 70) se joint en *c* (fig. 67) au fond du rectificateur *c, f*; des canaux rectangulaires *d, d, ...* servent à multiplier le contact de l'eau du manchon *gg*, avec les diverses parties du rectificateur. Les canaux *d, d, ...* de celui-ci, résultant de cette disposition, sont garnis de nombreuses rangées de tablettes métalliques munies de rebords sur leurs longs côtés, légèrement inclinées tantôt d'un côté, tantôt de l'autre, et dans le sens de leur longueur, de telle sorte (fig. 67 et 68) que l'eau condensée dans une partie de l'appareil soit ramenée à la partie inférieure, et de là dans l'alambic.

Les tablettes de chaque canal sont enfilées sur des baguettes verticales, et y sont maintenues à l'aide de boulons ou de chevilles; de sorte qu'on peut, en ôtant le couvercle *f*, retirer les tablettes de l'appareil pour les nettoyer.

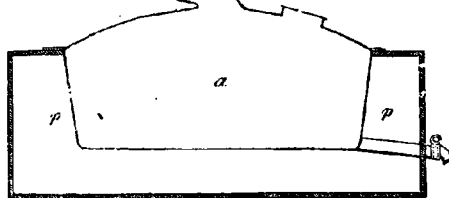
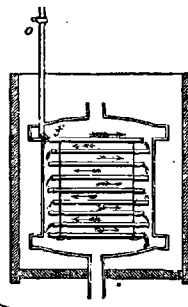
La fig. 69 donne le plan du rectificateur, que l'on a déjà vu représenté de deux manières différentes dans les fig. 67 et 68. *h, k*, fig. 67 et 69, est l'appareil qui sert à maintenir l'eau du manchon à une température à peu près constante. Il ressemble un peu par la forme à une paire de pincettes. Chaque bras est une barre formée d'une feuille d'acier et d'une de cuivre, soudées ensemble et placées de champ, de telle sorte que les

deux lames de cuivre de chaque bras se regardent; les bras composés s'écartent quand la température s'élève, et se rapprochent quand elle baisse, par suite de l'inégale dilatation des métaux qui les composent, et agissent par un levier sur le robinet *l* du bassin d'eau froide qui est en arrière. Ils sont disposés de telle sorte que, quand la température de l'eau du manchon *gg* s'élève au-dessus du degré convenable, le robinet *l* s'ouvre, l'eau froide descend par le tuyau *n* au fond du rectificateur, et déplace l'eau chaude qui s'écoule par le tuyau de décharge *m*. La température, de cette façon, est toujours sensiblement uniforme, et les vapeurs alcoo-

67.



68.



70.

liques qui arrivent au réfrigérant ont toutes la même tension.

La fig. 66 représente le réfrigérant; sa construction est celle du rectificateur, fig. 67, seulement les intervalles *t, t, ...* sont beaucoup plus larges par rapport aux canaux de condensation *d, d, ...* Cet appareil est excellent, et il offre l'avantage de pouvoir être aisément visité à l'intérieur et nettoyé. Il est doublé avec de l'étain laminé dont on augmente la durée en y alliant une petite quantité de cuivre.

Voici comme on opère avec cet appareil. On introduit dans l'alambic *a* la quantité de liqueur fermentée nécessaire pour empêcher le feu d'en endommager le fond. Quand l'ébullition de l'alambic a porté au point convenable la température de l'eau contenue dans le manchon *gg*, soit à 78°, 80° ou 82°, on y ajuste avec une vis l'instrument régulateur *h, k*; puis on ouvre le robinet *o* du réservoir d'alimentation, en se réglant, pour cela, sur son cadran. La liqueur fermentée coule alors en mince filet par le tuyau *o, f*, dans le tube horizontal *p, p*, et se répand par les orifices de distribution qui la portent dans les différentes cases à tablettes, le long desquelles elle descend en zig-zag en suivant le sens des flèches, fig. 68.

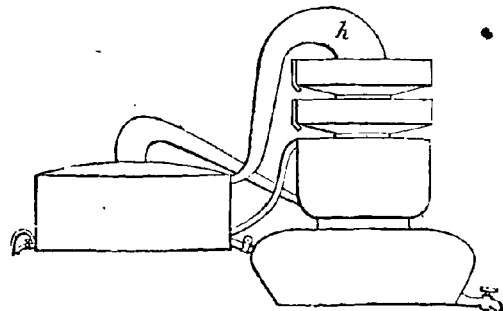
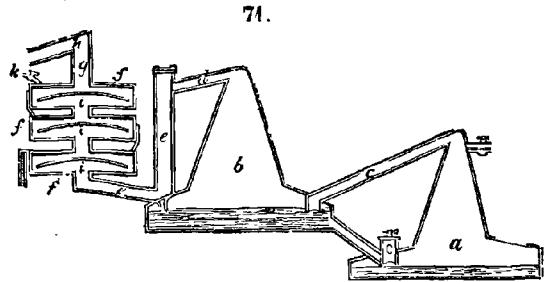
La liqueur froide, arrivant en minces filets sur des surfaces aussi multipliées, détruit, sans dépense de combustible, la tendance continuelle qu'a l'eau du manchon *gg* à s'échauffer. Elle s'échauffe elle-même pendant ce parcours et s'évapore en abondance. Avec cette disposition, il suffit que le robinet *l* fournisse une faible quantité d'eau froide pour que la chaleur du bain soit aussitôt tempérée, car le vin, en descendant le long

des tablettes, a une action réfrigérante bien supérieure à la chaleur produite par la distillation de l'alcool qu'il renferme. Il est à remarquer que l'on obtient ainsi, sans la moindre pression de vapeur dans l'alambic, le résultat distillatoire le plus complet; c'est-à-dire qu'en fort peu de temps, avec très peu de main-d'œuvre et de combustible, on produit une quantité considérable d'alcool pur. La vapeur ne rencontre de résistance sur aucun point de l'appareil, tandis que, dans presque tous les alambics rectificateurs inventés auparavant, les vapeurs avaient à percer plusieurs couches du liquide, ce qui ralentissait le travail et nécessitait une augmentation de température ordinairement préjudiciable. On peut, avec le régulateur que nous avons décrit, refroidir autant qu'on le veut les vapeurs qui traversent le rectificateur.

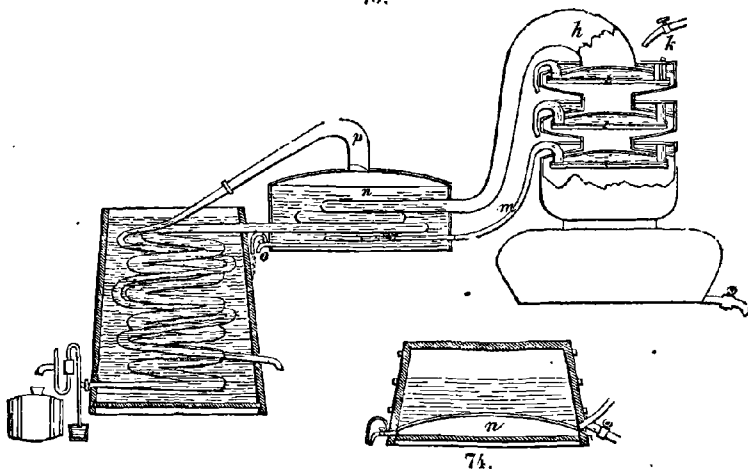
On peut adapter ce procédé à un alambic ordinaire; il suffit pour cela de placer, entre le serpentin et l'alambic, l'appareil rectificateur de la fig. 67. La nouveauté de cette invention consiste dans l'emploi du régulateur *h h* et dans celui des tablettes *mobiles*, qui sont enfermées dans des cases métalliques entourées d'eau. Par cette combinaison, on peut obtenir l'alcool de la qualité désirée en une seule opération et avec un appareil simple, solide et facile à diriger.

On peut éviter l'odeur empyreumatique que les spiritueux sont sujets à prendre lorsqu'on les distille à feu nu, en faisant plon-

ger le col *c* plonge dans un second alambic *b*; le col *d* de ce dernier alambic communique avec le tube



73.



74.

ger l'alambic dans un bain de lessive de potasse *pp* (fig. 70); on pourra encore, de cette manière, porter l'intérieur de la cucurbitte à une température de 450°, ce qui est bien plus que suffisant. Du reste, on se sert le plus souvent de l'alambic à feu nu.

M. Shears de Southwark a pris, au mois de mars de l'année 1830, un brevet pour certains perfectionnements ingénieux apportés à une disposition particulière d'alambics, pour laquelle Joseph Corty avait précédemment pris un brevet en 1818, et que la fig. 74 représente. Ces deux appareils du reste ont, par leur disposition générale, la plus grande ressemblance avec l'appareil à distillation continue de *Laugier*, sur lequel ils semblent en partie calqués, et que nous nous dispenserons de décrire ici, pour ne pas surcharger cet article. L'appareil de Corty consiste dans un premier alambic

recourbé *ee*, qui débouche au fond de l'appareil de condensation *ff*, qui est un véritable rectificateur; c'est cet appareil qui constitue, à proprement parler, le brevet de Corty. Des plaques convexes *iii*, placées horizontalement dans chacun des compartiments qui le composent, servent à condenser les matières aqueuses qui retombent dans l'alambic *b*, tandis que l'alcool, très pur et très concentré, se rend par le tuyau *gh* dans le réfrigérant qui n'est autre qu'un serpentin ordinaire. Un robinet *k* permet de faire arriver un filet continu d'eau sur le rectificateur pour le rafraîchir.

Les perfectionnements apportés par M. Shears sont indiqués dans les fig. 72, 73 et 74. Au-dessus de l'alambic est placé l'appareil rectifiant ou série de boîtes de condensation dont nous avons déjà parlé. Les vapeurs formées dans la cucurbitte circulent successivement le

long des plaques convexes *ii* et sortent par un tuyau placé au sommet.

Cette partie de l'appareil ne diffère de la première qu'en ce qu'au lieu de plaques renversées ce sont des vases convexes creux dans lesquels circule l'eau qui arrive par le robinet *k*, ce qui contribue beaucoup à faciliter la condensation des parties aqueuses de la vapeur redescendant dans l'alambic pendant que les matières alcooliques arrivent au récipient dans un grand état de pureté.

Quand l'eau employée au refroidissement a parcouru toutes les boîtes et tous les vases, elle sort par le tuyau *m* et se rend dans le réservoir *n*, appelé bassin de chauffe, dans lequel on met le vin avant de l'introduire dans l'alambic. Le tuyau *m* est enroulé plusieurs fois sur lui-même au fond du vase *n* et vient enfin déboucher dans l'atmosphère *o*.

L'inventeur propose de remplacer le tuyau recourbé *n* par un double fond métallique (fig. 74) très mince, dans lequel l'eau chaude arrivant par le tuyau *m* circulerait et élèverait de même la température du liquide contenu dans le bassin de chauffe.

Le col *h* (fig. 73) part du sommet de l'alambic, passe à travers le bain *n* auquel il laisse une partie de

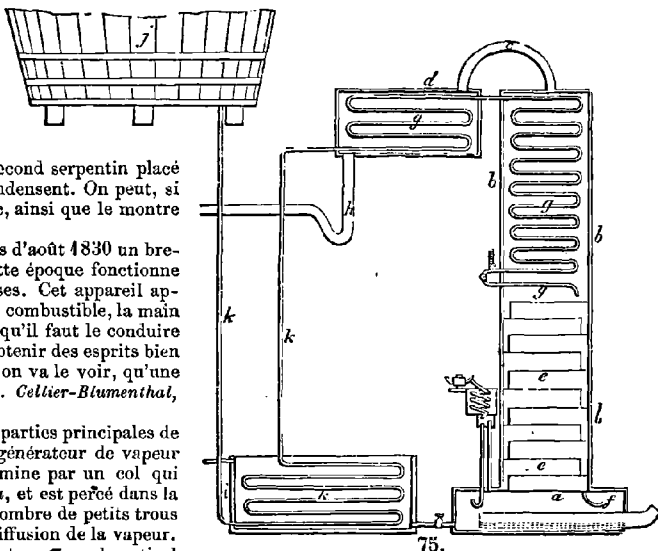
sa chaleur, et conduit de là l'alcool au serpentin; celui-ci s'y condense et se rend par le tube en siphon dans le récipient qui est au-dessous. Les vapeurs alcooliques qui s'élèvent du bassin de chauffe pendant l'opération s'échappent par le col et se rendent dans un second serpentin placé à côté du premier où elles se condensent. On peut, si l'on veut, les renvoyer à l'alambic, ainsi que le montre la fig. 72.

M. Aneas Coffey a pris au mois d'août 1830 un brevet pour un alambic qui depuis cette époque fonctionne dans plusieurs distilleries anglaises. Cet appareil apporte une grande économie dans le combustible, la main d'œuvre et le temps, mais on dit qu'il faut le conduire avec un très grand soin pour en obtenir des esprits bien purifiés; ce n'est du reste, comme on va le voir, qu'une sorte de copie de l'appareil de M. Cellier-Blumenthal, moins parfaite que l'original.

La fig. 75 donne une coupe des parties principales de l'appareil. Un petit alambic ou générateur de vapeur d'eau qui n'est pas figuré se termine par un col qui vient déboucher dans la chambre *a*, et est percé dans la partie qui y pénètre, d'un grand nombre de petits trous destinés à produire une véritable diffusion de la vapeur.

Au-dessus de la chambre *a* existe un canal vertical *bb* divisé en compartiments à l'aide de plaques métalliques minces *ee*, ordinairement en tôle de cuivre. Ces plaques sont disposées de telle sorte que le liquide qui tombe sur la plus haute, les parcourt successivement, et vient tomber par le tuyau *f* dans la chambre *a*. Ces plaques portent plusieurs petites soupapes ouvrant de bas en haut pour le passage de la vapeur, et sont en outre percées d'un certain nombre de trous; mais ceux-ci ne doivent être ni assez larges ni assez nombreux pour que toute la vapeur puisse les traverser sans soulever les soupapes. Au sortir du canal *bb*, les vapeurs alcooliques passent, par le tuyau *c*, dans la chambre *d*, et de là, par le tuyau *h*, dans un serpentin ou réfrigérant ordinaire, pour y être condensés. Les eaux mères de la distillation encore presque bouillantes passent de la chambre *a*, par un tuyau muni d'un robinet, dans le bassin *i*. Le vin ou la liqueur fermentée à distiller placé dans la cuve *j* s'écoule par le tube *kg*, en vertu de la pression hydrostatique à laquelle il est soumis, en acquérant dans ce trajet une température assez élevée, et vient tomber sur la plaque supérieure *e*. Il faut que le vin

circule dans le tube *k* avec une rapidité telle, qu'il ne puisse s'y former aucun dépôt, et qu'il n'y atteigne pas une température assez élevée pour y entrer en ébullition. Au sortir du tuyau *gg*, le vin presque bouillant descend le long des plaques *ee*...; pendant ce trajet, il se trouve constamment en contact avec les vapeurs qui s'élèvent en traversant les trous et les soupapes, leur cède l'alcool qu'il renferme à mesure qu'il descend, et en est complètement privé lorsqu'il a atteint la septième ou la huitième plaque; il faut néanmoins, pour plus de sûreté, employer un plus grand nombre de plaques. Un tuyau vertical qui plonge par sa partie inférieure dans la chambre *a*, communique à son autre extrémité avec un serpentin plongé dans un vase rempli d'eau froide; une partie des vapeurs qui remplissent la chambre *a* montent dans le serpentin, s'y condensent presque en totalité et retombent en *a*; ce qui ne se condense pas s'échappe par le haut du serpentin, à l'orifice duquel se trouve placée une petite lampe. Lorsque le vin qui arrive en *a* ne s'est pas entièrement dépouillé, dans son parcours le long des plaques *ee*, de tout l'alcool qu'il renfermait, celui-ci s'élève dans le petit serpentin dont nous venons de parler et s'enflamme à la lampe; c'est un signal qui avertit le distillateur, qu'il faut, ou

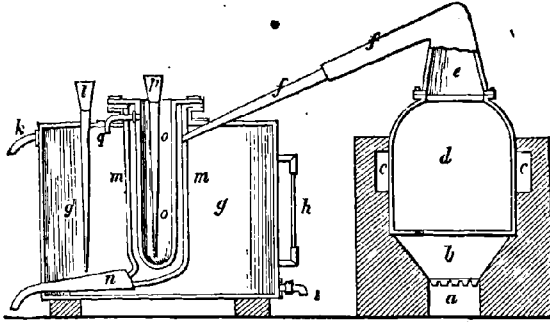


75.

diminuer la quantité de vin qui s'écoule par le tuyau *kg*, ou augmenter la quantité de vapeur d'eau injectée dans la chambre *a*.

Nous terminerons cet article par la description de l'appareil peu coûteux employé à Berlin pour rectifier l'alcool : *a* (fig. 76) est le cendrier; *b* le foyer; la flamme au sortir du foyer circule dans les carneaux *cc* autour de la cucurbite *d*; le chapiteau *e* est en étain et garni d'un rebord en cuivre qui s'adapte avec des boulons à l'ouverture de la cucurbite *d*; *ff* col du chapiteau; *g* réfrigérant ovale en cuivre; l'eau arrive froide au fond du réfrigérant par le tuyau *l* et s'échappe, après s'être échauffée, par le robinet *k* situé près de la surface; *h* tube jaugeur en verre; *i* robinet servant à vider le vase. Il y a dans le réfrigérant deux cylindres en étain concentriques : le cylindre extérieur *mm* qui repose sur trois pieds et se termine à la partie inférieure par un robinet de décharge *n*, et le cylindre intérieur *oo*, ouvert par le haut, qui reçoit de l'eau froide par le tube *p* et la laisse couler par le petit tuyau *q*, dans le réfrigérant, lorsqu'elle est chaude. Les vapeurs venues du chapi-

teau sont condensées dans l'espace étroit qui est entre les deux cylindres et sortent par *n* à l'état liquide. Le réfrigérant est de forme ovale afin de pouvoir contenir



76.

deux condenseurs dans sa longueur. La fig. 76 n'en représente qu'un seul. Voyez DISTILLATION.

ALBATRE. Pierre ordinairement blanchâtre ou jaunâtre, qui se laisse facilement rayer au couteau. Il y a deux espèces d'albâtres : l'*albatre gypseux*, qui est purement un sulfate de chaux hydraté ou pierre à plâtre saccharoïde et translucide; et l'*albatre calcaire* qui est un carbonate de chaux. L'*albatre oriental*, présentant les mêmes caractères intérieurs que le précédent, est toujours calcaire; c'est le plus estimé de tous à cause de ses couleurs vives et agréablement variées, offrant une série de zones alternatives, jaune de miel, jaune brun, rouges, etc. Il est, en outre, susceptible de prendre le poli du marbre.

La finesse du grain de l'albatre, l'uniformité de sa texture, l'éclat du poli, et sa demi-transparence sont autant de qualités qui le rendent précieux pour un sculpteur ou un fabricant d'objets d'ornement.

On trouve fréquemment l'albatre calcaire sous forme d'un dépôt blanc jaunâtre dans certaines sources minérales. Aux bains de *San Felippo* en Toscane, l'eau thermale, presque bouillante, coule sur une énorme masse de stalactites qu'elle a formée, et tient en dissolution du carbonate de chaux, probablement à l'état de bicarbonate qui se décompose au contact de l'atmosphère et se dépose à l'état de carbonate neutre. On a tiré parti de cette propriété pour obtenir des bas-reliefs d'une grande dureté, en plaçant des moules de soufre très inclinés, et presque verticaux dans des cuves de bois ouvertes par le fond. L'ouverture supérieure de ces cuves est surmontée d'une grande croix de bois; on fait d'abord déposer à l'eau de la source, dans un réservoir extérieur, son sédiment le plus grossier, puis on la fait couler sur cette croix de bois, où elle se distribue en petits filets, qui en tombant dans les creux du soufre, y déposent un précipité d'un grain d'autant plus fin que le moule est plus rapproché de la position verticale. Il faut de un à quatre mois pour cette opération selon l'épaisseur que l'on veut donner à l'incrustation. C'est par des procédés semblables que les artistes sont parvenus à mouler en relief des vases, des figures d'animaux et d'autres objets de différentes formes qui ne demandent plus qu'à être un peu retouchés et ensuite polis.

L'albatre commun est un sulfate de chaux analogue à la pierre à plâtre. Il y a cependant quelques variétés qui font effervescence avec les acides, et qui, par conséquent, contiennent du carbonate de chaux. Cet albatre se rencontre avec diverses couleurs et différents degrés de dureté; mais il est toujours plus tendre que le marbre; il forme ordinairement les couches inférieures des carrières de gypse. Les sculpteurs préfèrent les plus durs, les plus blancs, et ceux qui sont d'une texture granulaire, comme le marbre de Carrare, auquel ils res-

semblent parfois tellement, qu'on ne peut les en distinguer que par la dureté.

On travaille l'albatre avec les mêmes outils que le marbre; plus il est tendre, plus il est facile à tailler, mais aussi plus il est difficile à polir à cause de son peu de solidité. Lorsqu'on lui a donné la forme voulue, on l'adoucit en le passant à la pierre ponce, puis on le polit avec une espèce de bouillie faite avec de la craie, du savon et du lait; on lui donne ensuite le dernier fini en le frottant avec de la flanelle. Il est susceptible d'acquieser une teinte jaunâtre.

Indépendamment des variétés plus dures qui sont employées pour sculpter des figures de grande dimension, il y a un albatre plus tendre d'un blanc pur et demi-transparent dont on fait de petits objets d'ornement, tels que des boîtes, des vases, des lampes, des supports, etc. Cette branche d'industrie est très exploitée à Florence, à Livourne, à Milan, etc., et y occupe un grand nombre de tours. De tous les albâtres, celui de Florence mérite la préférence pour sa beauté et son uniformité qui le rendent apte à être taillé en figures de très grandes dimensions. Il existe, dans ce but, de grands ateliers où on le scie, avec des scies d'acier, en blocs et en masses de différentes formes. Il y a d'autres espèces de gypse, tels que ceux de Salzbourg, et d'Autriche, qui renferment des veines de sable, et des nodules durs, ce qui oblige à extraire les blocs de la carrière par des opérations de clivage et par l'emploi de la poudre à canon, qui les mettent dans le cas de se fendre, et les rendent impropres à être façonnés en objets délicats de sculpture. Ce genre d'albatre est, en outre, d'une nuance grise, et souvent taché de noir. L'albatre le plus propre à la fabrication des objets d'ornement est déjà assez blanc quand on le détache de la carrière, et il devient plus blanc encore à sa surface en se séchant. Il se taille aisément au couteau ou au ciseau, et on lui donne facilement toutes les formes voulues avec des outils d'acier appropriés à cet usage. On le travaille, soit à la main, soit au tour; les outils du tour ne doivent pas être trop minces ni trop tranchants; ceux qui servent à travailler l'ivoire et le cuivre jaune conviennent tout à fait à l'albatre, on les emploie principalement à raser et à gratter la surface. Les statuettes et objets analogues, se travaillent à la râpe et au ciseau.

Pour bien polir des ouvrages de ce genre il faut avoir recours à un procédé particulier. La pierre ponce réduite en poudre en adoucit très bien la surface, mais elle altère la blancheur de l'albatre. La prêle sèche (*équisetum*), si employée par les tourneurs, convient beaucoup mieux pour faire disparaître les inégalités; en frottant avec cette plante et de l'eau on polit les aspérités que le ciseau a laissées; ensuite on fait disparaître les petites stries que laisse la prêle elle-même, en frottant la pièce avec de la chaux éteinte, réduite en poudre fine et passée au tamis, dont on forme une pâte ou une espèce de mastic avec de l'eau. Le poli et le lustre satiné de la surface s'obtiennent en frottant avec de l'eau de savon et de la chaux, et finalement avec du talc ou de la craie de France réduite en poudre et décaillée (*blanc d'Espagne*); quand les articles sont composés de plusieurs pièces, on joint celles-ci avec un ciment composé de chaux vive et de blanc d'œuf, ou avec du plâtre de Paris bien caloiné et bien tamisé, gâché avec la plus petite quantité d'eau possible.

Les objets d'albatre sont susceptibles de jaunir avec le temps; ils sont spécialement gâtés par la fumée, la poussière, etc. On peut alors les restaurer jusqu'à un certain point en les lavant avec du savon et de l'eau,

puis avec de l'eau pure seulement, et en les polissant de nouveau avec de la préle. Les taches de graisse peuvent s'enlever soit en les frottant avec du talc en poudre, soit avec de l'essence de térébenthine.

On peut graver à la surface de l'albâtre en recouvrant les parties qui ne doivent pas être touchées, avec une dissolution de cire dans de l'essence de térébenthine épaisse avec du blanc de céruse (carbonate de plomb), puis, plongeant dans l'eau pure les objets ainsi préparés, on les y laisse de 20 à 50 heures, plus ou moins, selon la profondeur que l'on veut donner à la gravure. Après les avoir retirés on enlève la couche de vernis avec de l'essence de térébenthine; les endroits qui ont été en contact avec l'eau ont perdu leur poli, on les frotte alors avec une brosse et du plâtre réduit en poudre fine, lequel leur donne une espèce d'opacité qui fait contraste avec le reste de la surface polie.

On peut colorer l'albâtre de la même manière que les marbres, soit avec des dissolutions métalliques, soit avec des teintures alcooliques de plantes colorantes, soit enfin avec des huiles colorées.

On peut durcir, dit-on, l'albâtre gypseux en l'exposant à la température d'un four de boulanger pendant un intervalle de 10 à 20 heures, au sortir de la carrière, et après l'avoir dégrossi sous la forme qu'on a l'intention de lui donner. Au sortir du four on le fait tremper pendant deux minutes dans l'eau courante; lorsqu'il est refroidi, il faut l'y faire tremper une seconde fois, et pendant le même temps; après avoir été exposé à l'air pendant plusieurs jours, l'albâtre ainsi traité acquiert une dureté qui approche de celle du marbre. Cela peut avoir lieu surtout lorsque l'albâtre est très impur, et ce serait un phénomène bien connu qui se rapporte à la qualité des plâtres de diverses localités; ainsi le gypse très pur ne produit qu'un plâtre qui offre peu de consistance, tandis que le gypse de Montmartre qui contient une quantité très notable de carbonate de chaux donne, par la cuisson, un plâtre qui gâché avec un peu d'eau prend rapidement consistance et acquiert une dureté et une résistance beaucoup plus grandes que celles qu'il possédait auparavant. (Voyez PLÂTRE).

ALBUMINE. L'albumine est une substance qui fait partie d'un grand nombre de liquides animaux. Elle entre en forte proportion dans le sang. A l'exception d'un peu d'eau et de quelques sels en très petite quantité, elle constitue le blanc d'œuf, d'où elle a tiré son nom.

Elle se coagule avec facilité par l'action de la chaleur, et aussi par la présence de l'alcool, du tannin; elle perd alors sa transparence pour devenir d'un blanc opaque.

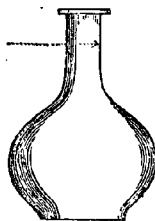
En se coagulant l'albumine fait l'effet d'un réseau qui masse toutes les substances solides répandues dans le liquide. C'est ainsi qu'elle opère dans la clarification des vins, ou elle se trouve coagulée par l'action du tannin et de l'alcool. Il suffit après l'avoir étendue d'un peu d'eau de l'introduire dans la pièce de vin, que l'on fouette et soutire ensuite.

Le sang est employé dans le même but dans les raffineries de sucre, mais c'est par la chaleur du bain que l'albumine est coagulée, le liquide ne doit pas être trop agité au moment de l'ébullition afin que le réseau albumineux ne soit pas brisé.

ALCALIMÈTRE. Instrument servant à apprécier la valeur des alcalis et particulièrement de la potasse et de la soude. La valeur des alcalis s'exprime ordinairement en centièmes d'acide nécessaire pour la saturation (alcalimètre de Decroizilles) ou en centièmes d'alcali pur ou réel (alcalimètre de Gay-Lussac). Les premiers se nomment *degrés alcalimétriques* ou simplement *degrés*, et les seconds représentent le *titre pondéral*. Nous décrirons seulement le procédé de M. Gay-Lussac qui est le plus généralement suivi, en faisant remarquer qu'on peut déduire les degrés alcalimétriques des *pois pondéraux* donnés par l'expérience en divisant les nombres

obtenus, pour la potasse par 0,9614 et pour la soude par 0,637. Le *titre pondéral* d'un alcali étant le nombre de kilogrammes d'alcali réel qu'il renferme au quintal, il faut pour le déterminer, prendre d'une part, une certaine quantité d'acide qu'on divise en 400 parties, et de l'autre une quantité d'alcali telle que si elle était pure, elle saturât exactement les 400 parties d'acide: le nombre de parties d'acide employées pour la saturation d'un alcali impur en exprimera le *titre pondéral*. 5 grammes d'acide sulfurique concentré à 66° Baumé saturant exactement 4^g,807 de potasse pure, la prise d'essai est de 4^g,807 de la potasse à essayer. Si c'était de la soude le poids de la prise d'essai serait de 3^g,202.

L'acide sulfurique à 66° a une densité de 1,8427 à 45° C.; 400^g de cet acide doivent donc occuper à cette température un volume de 54^{cc},268; on pourra en conséquence au besoin se procurer très exactement, sans balance ce poids d'acide, à l'aide d'un tube en verre gradué. Cela fait on prend un ballon en verre (fig. 77) de la capacité d'un litre, on y introduit 400 à 500 grammes d'eau, puis on y verse peu à peu les 400 grammes d'acide concentré, en imprimant au vase un mouvement rapide et continu de rotation; on rince à plusieurs reprises le flacon dans lequel l'acide était contenu, on réunit les eaux de lavage à la liqueur, on laisse refroidir, et l'on complète ensuite le litre avec



77.

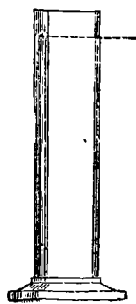
de l'eau; on agite de nouveau et la préparation de l'acide normal est terminée.

La mesure de l'acide normal se fait aisément à l'aide d'une burette B à tube latéral (fig. 78). Cette burette est graduée avec soin et divisée en demi-centimètres cubes de sorte que 400 divisions ou degrés représentent 5 grammes d'acide sulfurique concentré: après l'avoir remplie d'acide titré, un peu plus haut que la division 0, on incline légèrement la burette, et on en fait sortir l'excédant goutte à goutte par le bec b, qui doit être enduit d'une très légère couche de cire. Comme toutes les gouttes que l'on fait tomber occupent sensiblement le même volume, on subdivise avec facilité chaque division en autant de parties qu'elle contient de ces gouttes. En quelques minutes, on acquiert avec cet instrument une dextérité telle que l'on répond facilement d'une seule goutte.

Si l'on pesait directement 4^g,807 de la potasse à essayer, on serait sujet à quelques erreurs, sur



78.



79



80.

tout si l'on n'avait pas à sa disposition de balance très sensible. Pour les éviter, on en prend dix fois plus, c'est-à-dire 48^g,07 qu'on forme de divers échantillons pris çà et là dans toute la masse d'alcali à essayer et qu'on dissout dans de l'eau en faisant en sorte que le volume de la liqueur soit exactement d'un demi-litre; à cet effet on se sert de l'éprouvette (figure 79). Alors, au moyen de la pipette (figure 80) de

50 centim. cubes, on en prend la dixième partie que l'on introduit dans le verre (fig. 84) où la saturation doit avoir lieu, puis on lave la pipette avec un peu d'eau pure que l'on verse également dans le verre.



84.

Le réactif que l'on emploie pour reconnaître le point de saturation est le papier bleu de tournesol : on prend du papier bien collé, coupé en bandes étroites que l'on colore au pinceau, d'un côté seulement, avec une teinture aqueuse de tournesol qui se prépare en dissolvant dans l'eau le tournesol en pains du commerce. L'acide normal, la potasse et le réactif coloré étant ainsi préparés on procède à la saturation. A cet effet, on verse dans le verre (fig. 84), contenant déjà 48,807 de la potasse à essayer en dissolution, une quantité de teinture de tournesol suffisante pour lui donner une couleur bleue prononcée. On remplit, d'autre part, la burette B d'acide titré jusqu'au 0, et la tenant d'une main, puis le verre de l'autre, on verse peu à peu l'acide, dans la dissolution alcaline, en ayant soin d'imprimer au verre un mouvement continu. Aussitôt qu'on a versé plus de la moitié de l'acide nécessaire à la saturation, la couleur bleue, qui ne changerait pas d'abord, commence à virer au rouge vineux. Dès que l'acide ne produit plus en tombant dans la liqueur qu'une faible effervescence, on ne le verse plus que par deux gouttes à la fois ; et l'on a soin après chaque addition, de faire un trait sur un papier bien de tournesol soit avec une baguette de verre soit avec un bout d'allumette. Aussitôt que le point de saturation est dépassé, la liqueur prend une couleur *pe-lure d'ognon*, et le trait fait sur le papier bleu est rouge et persistant. Pour mieux saisir le point de saturation on continue à faire une ou deux additions d'acide de deux gouttes chacune (représentant par exemple un quart de centième) : on lit sur la burette le nombre de centièmes d'acide titré employés pour la saturation, et de ce nombre on retranche autant de quarts de centième que l'on a de traits rouges persistants, plus un. Le nombre restant sera le titre de la potasse.

Il est bon de recommencer une seconde fois l'essai ; ce qui n'exige que fort peu de temps, parce que les dissolutions sont déjà préparées, et que l'on peut verser de suite, à un ou deux centièmes près, la quantité d'acide nécessaire à la saturation. Ce procédé donne facilement, à quatre ou cinq millièmes près, le titre réel d'un alcali. Quand l'alcali que l'on doit essayer contient des sulfures et des sulfites, ce qu'on reconnaît à ce que l'acide sulfurique en dégage des gaz hydrogène sulfuré et sulfureux, on doit avant de procéder à la saturation, les convertir en sulfates ; à cet effet on calcine l'alcali jusqu'au rouge avec une petite quantité (un dixième environ) de chlorate de potasse, et l'on opère ensuite comme il a été dit ci-dessus. Sans cette précaution, les sulfures et les sulfites neutraliseraient une certaine quantité d'acide, et l'on commettrait un erreur qui pourrait être très notable. Le chlorate de potasse ajouté se transforme par la calcination en chlorure de potassium, sel tout à fait neutre, de sorte qu'il n'y a pas lieu à en tenir compte.

ALCALIS. On distingue sous ce nom, les alcalis proprement dits, potasse et soude ; l'alcali volatil, ammoniacque ; et les alcalis terreux, chaux, baryte et strontiane. Les premiers sont extrêmement solubles dans l'eau et l'alcool, verdissent la teinture du chou rouge et le sirop de violette, ramènent au bleu la teinture de tournesol rougie par les acides, font passer au brun la couleur du curcuma ainsi que celle de plusieurs autres teintures jaunes ; et sont enfin des bases salifiables très énergiques. Les alcalis terreux présentent également les mêmes propriétés mais beaucoup moins pro-

noncées, et donnent des carbonates insolubles sans action sur les réactifs ci-dessus, tandis que les carbonates de potasse, de soude et d'ammoniaque sont très solubles et ont une forte réaction alcaline sur les teintures végétales. Tous les alcalis jouissent de la propriété de former des savons avec les huiles et les corps gras, ceux de potasse, de soude et d'ammoniaque sont seuls solubles et on n'emploie que les deux premiers. Nous verrons cependant le savon insoluble de chaux préparé comme produit intermédiaire dans la fabrication des bougies stéariques.

ALCOOL. Liqueur enivrante bien connue que l'on obtient par la distillation de divers sucus végétaux et d'infusions d'une nature sucrée, qui ont éprouvé la fermentation vineuse. L'alcool ordinaire contient la moitié environ de son poids d'eau. On peut le concentrer jusqu'à ce que sa densité se réduise à 0,825 par simple rectification au bain-marie. Mais pour l'obtenir anhydre, il faut le distiller sur du carbonate de potasse sec ou mieux du chlorure de calcium ; on obtient alors un liquide incolore, brûlant sans fumée, avec une légère flamme bleuâtre, d'une odeur agréable et d'une saveur forte et brûlante ; sa densité n'est plus que de 0,7947 à la température de 48° centigrades ; à la densité de 0,825 il contient encore 41 p. 400 d'eau, et dans cet état est aussi volatil que l'alcool absolu. Selon Fuchs, le point d'ébullition de l'alcool absolu est plus élevé que celui de l'alcool qui contient 2 ou 3 p. 400 d'eau ; d'où il résulte que, dans la distillation de l'alcool à 94 centièmes, les premières portions qui se vaporisent sont plus aqueuses que les suivantes. L'alcool absolu bout à 75°,8 centigrades d'après le docteur Ure. Mais quand il contient plus de 6 p. 400 d'eau, les premières portions qui se distillent sont les plus riches en alcool, et le point d'ébullition s'élève à mesure que la distillation avance, comme on peut le voir dans le tableau que nous avons inséré à l'article **ALAMBIC**.

Il résulte de ce fait que l'on peut obtenir, d'un seul coup, un esprit aussi privé d'eau que possible par la simple distillation ; à cet effet, on place au-dessus du chapiteau un bain d'eau à travers lequel on fait passer un tuyau en spirale venant de l'alambic, qu'on fait ensuite descendre obliquement dans le réfrigérant. Si on maintient ce bain à une température constante, ce qui s'exécute comme nous l'avons dit à l'article **ALAMBIC**, il ne passera en vapeur que la quantité d'alcool correspondante à cette température ; tout le reste sera condensé et retombera dans l'alambic. Si on maintient, par exemple, la température de l'eau à 79° centigrades, la vapeur spiritueuse qui passera contiendra, d'après la table que nous venons de citer, 90 p. 400 d'alcool absolu. L'application de ce principe constitue l'amélioration la plus importante qui ait été introduite dans les distilleries modernes. Voy. **DISTILLATION** et **ALAMBIC**.

Soemmering a découvert une autre méthode pour concentrer l'alcool ; elle est fondée sur la propriété qu'ont les vessies de bœuf de laisser transsuder l'eau en dehors, où elle s'évapore, et de ne pas permettre à l'alcool de passer à travers leurs pores, si ce n'est en très petite quantité. De là il résulte que, si on remplit d'esprit-de-vin une vessie de bœuf, qu'on en lie soigneusement l'ouverture et qu'on la tienne suspendue dans un endroit chaud, l'eau s'évaporerait continuellement, et l'alcool deviendrait presque anhydre ; car on peut obtenir par ce moyen de l'alcool à 97 ou 98 centièmes.

D'après Soemmering, on doit choisir pour cela une vessie de bœuf ou de veau, la faire tremper pendant quelque temps dans l'eau, la gonfler, la débarrasser de sa partie graisseuse et de tous les filaments vasculaires qui y sont adhérents et en faire autant à la surface intérieure en retournant la vessie de dedans en dehors. Après l'avoir gonflée de nouveau et fait sécher, on passe

à l'extérieur deux couches et intérieurement quatre couches d'une dissolution de colle de poisson, qui en rend la texture plus serrée, et fait que l'alcool se concentre mieux. Une vessie ainsi préparée peut servir plus de cent fois. On doit la remplir de manière à laisser un petit espace vide; on lie le col en le serrant fortement, et on la suspend dans une étuve maintenue à une température de 50° centigrades, ou bien au-dessus d'un bain de sable ou dans le voisinage d'un four. La surface de la vessie reste humectée d'eau tant que la densité de l'alcool qu'elle renferme reste au-dessus de 0,952. L'esprit-de-vin faible perd son eau plus promptement que le fort; toutefois, quand la température est propice, la concentration de l'alcool peut ne durer que six à douze heures. Cette méthode économique est particulièrement applicable pour obtenir l'alcool qui doit servir à la préparation des vernis. Lorsqu'on destine l'alcool à d'autres emplois, on doit le dépouiller ensuite par une distillation ultérieure de certaines matières en dissolution provenant de la vessie. L'alcool peut encore se concentrer, ainsi que Soemmering s'en est assuré, lorsque le vaisseau qui le contient est recouvert d'une vessie liée sur ses bords, qui n'est point en contact avec le liquide. On peut de même, par ce moyen, rendre plus spiritueux tous les autres liquides qui contiennent de l'alcool, tels que le vin, le cidre, etc.

Pour se procurer de l'alcool absolu, on prend du chlorure de calcium récemment fondu, qu'on concasse grossièrement et qu'on mêle avec son poids d'esprit-de-vin ayant une densité de 0,833 dans une bouteille qu'on a le soin de bien boucher, et qu'on agit jusqu'à ce que le sel soit entièrement dissous. La dissolution s'étant éclaircie, on la verse dans une cornue, on la soumet à une douce chaleur, et on en retire par la distillation la moitié du volume de l'alcool employé. On peut obtenir sans distillation l'alcool presque privé d'eau en ajoutant du carbonate de potasse sec à de l'esprit-de-vin ayant une densité de 0,825. L'eau se combine avec la potasse, et tombe au fond du vase en un liquide épais, tandis que l'alcool pur surnage au-dessus et s'enlève à l'aide d'un siphon; ainsi obtenu, il contient toutefois un peu d'alcali qu'on ne peut séparer que par distillation.

L'alcool anhydre est composé en poids de 52,66 de carbone, de 12,90 d'hydrogène, et de 34,44 d'oxygène. Son poids atomique se compose de

4 at. de carbone,	}	1 at. d'éther, C ⁴ H ¹⁰ O =	468,437
12 at. d'hydrog.,			112,479
2 at. d'oxygène,			580,616

Il est très avide d'eau, et il absorbe avec énergie celle de l'atmosphère; on doit par conséquent, pour le conserver, le tenir dans des vases hermétiquement bouchés. Il s'empare aussi de l'humidité des végétaux et de celle des corps morts, d'où résulte son emploi si répandu pour la conservation des préparations anatomiques. A l'état anhydre, il agit comme un poison mortel, non seulement par son action extrêmement stimulante sur le système nerveux, mais encore parce qu'il s'empare des parties aqueuses des membranes de l'estomac, avec lesquelles il se trouve en contact, et les désorganise. L'alcool est un dissolvant très énergique pour un grand nombre de substances: on s'en sert beaucoup pour dissoudre les résines, les huiles essentielles, le camphre, etc., dans la préparation des vernis, des parfums, etc. La dissolution d'une résine, ou d'une huile essentielle dans l'alcool, devient laiteuse quand on y ajoute de l'eau, parce que celle-ci, par son affinité pour l'alcool, sépare ces substances. Divers sels et particulièrement les sels délignescents sont également dissous par l'alcool, et plusieurs d'entre eux en colorent la flamme; ainsi les dissolutions des sels de strontiane brûlent avec une

flamme cramoisie, celles des sels de cuivre et de borax donnent une flamme verte, celles des sels de chaux rouge, et celles des sels de baryte jaune.

Lorsqu'on mêle de l'eau à de l'alcool, il en résulte un dégagement de chaleur et une condensation de volume. Ces effets sont à leur maximum lorsque le mélange est de 54 p. 100 d'alcool, et de 46 p. 100 d'eau; ils vont en diminuant à mesure qu'on ajoute une plus grande proportion d'eau. Lorsque l'alcool contient 90 p. 100 d'eau, la contraction du volume est de 4,94 p. 100; lorsque la proportion d'eau est de 80 p. 100, la contraction est de 2,87, celle-ci est de 3,44 à 70 p. 100 d'eau, de 3,73 à 60 p. 100, de 3,44 à 40 p. 100, de 2,72 à 30 p. 100, de 4,72 à 20 p. 100, et de 0,72 à 10 p. 100. D'où il suit que, pour apprécier la quantité d'alcool qu'il y a dans un esprit, il devient nécessaire de s'assurer de la pesanteur spécifique qui correspond à chaque proportion déterminée d'alcool et d'eau mêlés ensemble. Cela fait on peut, au moyen d'un aréomètre construit pour les liquides plus légers que l'eau, déterminer la force d'un esprit, soit d'après une échelle des densités, soit d'après une graduation arbitraire correspondante à certains objets de commerce. Un aréomètre construit dans ce but s'appelle un alcoomètre, particulièrement lorsque l'échelle est graduée de manière qu'au lieu d'indiquer la pesanteur spécifique, elle indique immédiatement le nombre de centièmes d'alcool anhydre qui est contenu dans un poids ou un volume donné de liquide.

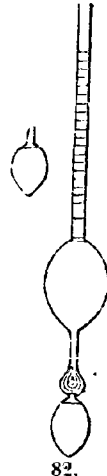
Les plus employés de ces appareils sont l'alcoomètre centésimal imaginé par M. Gay-Lussac, et les aréomètres de Baumé et de Cartier, dont nous parlerons à l'article ARÉOMÈTRE. D'après le principe de la graduation de l'alcoomètre centésimal, la force d'un liquide spiritueux est le nombre de centièmes (en volume) d'alcool pur que ce liquide renferme à la température de 15° centig., d'où il suit que l'on obtiendra toujours facilement et, immédiatement la quantité d'alcool réel contenu dans un esprit, en multipliant le nombre qui exprime le volume de cet esprit par la force de ce même liquide; force donnée par l'instrument.

L'alcoomètre (fig. 82) a la forme d'un aréomètre ordinaire, son échelle est divisée en 100 parties ou degrés, dont chacun desquels indique un centième d'alcool; la division 0, au bas du tube correspond à la densité de l'eau pure, et la division 100 vers le haut, à celle de l'alcool absolu. Lorsqu'il est plongé dans un liquide spiritueux à la température de 15° centig., il en donne immédiatement la force, si on le plonge dans un esprit à la température de 15° centig., et qu'il s'y enfonce, par exemple, jusqu'à la division 50, c'est que la force du liquide est de 50 p. 100, ou qu'il contient 50 centièmes d'alcool pur.

Déjà les gouvernements de France, de Suède et de Prusse ont adopté exclusivement l'alcoomètre centésimal, et il serait à désirer qu'on le substituât partout à l'aréomètre de Cartier, qui est beaucoup moins exact et surtout moins commode.

Nous rapporterons ici quelques tables extraites du travail de M. Gay-Lussac, qui est imprimé sous le titre de: *Instruction pour l'usage de l'alcoomètre centésimal et des tables qui l'accompagnent*, et se vend ainsi que les instruments, chez M. Collardeau, rue du Faubourg-St-Martin, 60.

Le tableau suivant donne les densités de l'alcool absolu, et de son mélange avec l'eau, à la température de 15° centig. d'après M. Gay-Lussac.



82.

ALCOOL.

Alcool en centièmes.	Densité de la liqueur.
400	0,7947
95	0,8168
90	0,8346
85	0,8502
80	0,8645
75	0,8779
70	0,8907
65	0,9027
60	0,9141
55	0,9248
50	0,9348
45	0,9440
40	0,9523
35	0,9595
30	0,9636

Nous extrayons encore les tables ci-jointes, des grandes tables dressées par M. Gay-Lussac, et servant à déterminer la richesse alcoolique. La première colonne verticale indique les températures auxquelles on opère; les colonnes suivantes, le degré marqué par l'instrument, à ces diverses températures, et pour les différents centièmes de richesse réelle; enfin, les nombres écrits en petits chiffres au-dessous des précédents expriment le volume que prendraient à 45° centig., 1000 parties du liquide soumis à l'essai :

Pour montrer la manière de se servir de ces tables nous allons en donner un exemple : supposons qu'à la température de 24° C. l'alcomètre marque 72,2, dans une liqueur qui occupe un volume de 725 litres; en rapportant le tout à la température de 45° C., la liqueur occuperait un volume de 725 × 0,992 litres, et marquerait 75, de sorte que la quantité d'alcool absolu renfermé dans la liqueur, où sa richesse, est 725 × 0,992 × 0,75 = 539,4 litres.

ALCOOL.

Quelquefois, après une automne humide, lorsqu'une certaine quantité de grain s'est détériorée, l'alcool qu'on obtient par la distillation de ces grains fermentés contient un corps volatil huileux, d'une nature particulière, ayant à peu près l'odeur d'une dissolution alcoolique de cyanogène, et irritant le nez et les yeux lorsqu'on le respire. Les esprits qui en contiennent enivrent avec beaucoup plus d'énergie qu'un esprit pur de même force; cette substance se produit également dans la fermentation des pommes de terre. On peut en dépouiller presque en totalité les liqueurs alcooliques, en les laissant digérer pendant quelques temps avant leur rectification avec du noir animal bien calciné, ou bien en agitant le liquide spiritueux impur avec une certaine quantité d'huile grasse, telle que l'huile d'olive, qu'on décante ensuite, et redistillant après avoir ajouté un peu d'eau. Cette matière huileuse, purifiée par lavage et par digestion avec du chlorure de calcium, se présente sous la forme d'un liquide incolore qui bout à 430° C.; sa densité est de 0,842; la densité de sa vapeur est de 3,343; il solidifie au-dessous de - 20° C° sa composition est donnée par la formule C¹⁰H²⁰; O² = C¹⁰H²⁰ + 2H²O, qui représente 4 vol. de vapeur. En le traitant par l'acide phosphorique vitreux, on enlève les deux atomes d'eau, et on obtient un liquide huileux (*amylène*) qui bout à 160°, et dont la composition est représentée par la formule C¹⁰H²⁰.

L'*amylène* forme une série de composés tout à fait analogues à ceux de l'*éthyle* et du *méthylène* dont nous ne parlerons pas ici, vu qu'ils n'ont aucun emploi dans l'industrie. Voyez pour ce qui se rapporte à la préparation des liqueurs alcooliques les articles ALAMBIC, EAUX-DE-VIE, DISTILLATION et FERMENTATION.

Extrait des Tables alcoométriques pour l'évaluation de la force réelle, dressées par M. GAY-LUSSAC.

Tempér. C.	31c	32c	33c	34c	35c	36c	37c	38c	39c	40c	41c	42c	43c	44c	45c
40	33,0 1002	34 1002	35 1003	36 1003	37 1003	38 1003	39 1003	40 1003	41 1003	42 1005	43 1005	44 1004	45 1001	46 1004	46,9 1004
41	32,6 1002	33,6 1002	34,6 1002	35,6 1002	36,6 1002	37,6 1002	38,6 1002	39,6 1002	40,6 1003	41,6 1005	42,6 1005	43,6 1005	44,6 1005	45,6 1005	46,6 1005
42	32,2 1001	33,2 1001	34,2 1002	35,2 1002	36,2 1002	37,2 1002	38,2 1002	39,2 1002	40,2 1002	41,2 1002	42,2 1002	43,2 1002	44,2 1002	45,2 1002	46,2 1002
43	31,8 1001	32,8 1001	33,8 1001	34,8 1001	35,8 1001	36,8 1001	37,8 1001	38,8 1001	39,8 1001	40,8 1001	41,8 1001	42,8 1001	43,8 1001	44,8 1002	45,8 1002
44	31,4 1001	32,4 1001	33,4 1001	34,4 1001	35,4 1001	36,4 1001	37,4 1001	38,4 1001	39,4 1001	40,4 1001	41,4 1001	42,4 1001	43,4 1001	44,4 1001	45,4 1001
45	31 1000	32 1000	33 1000	34 1000	35 1000	36 1000	37 1000	38 1000	39 1000	40 1000	41 1000	42 1000	43 1000	44 1000	45 1000
46	30,6 1000	31,6 1000	32,5 999	33,5 999	34,5 999	35,5 999	36,5 999	37,5 999	38,5 999	39,5 999	40,6 999	41,6 999	42,6 999	43,6 999	44,6 999
47	30,2 999	31,2 999	32,4 999	33,4 999	34,4 999	35,4 999	36,4 999	37,4 999	38,4 999	39,4 999	40,2 999	41,2 999	42,2 999	43,2 998	44,2 998
48	29,8 999	30,8 999	31,7 998	32,7 998	33,7 998	34,7 998	35,7 998	36,7 998	37,7 998	38,7 998	39,8 998	40,8 998	41,8 998	42,8 998	43,8 998
49	29,4 998	30,4 998	31,3 998	32,3 998	33,3 998	34,3 998	35,3 998	36,3 998	37,3 997	38,3 997	39,4 997	40,4 997	41,4 997	42,5 997	43,5 997
20	29 998	30 998	30,9 997	31,9 997	32,9 997	33,9 997	34,9 997	35,9 997	36,9 997	37,9 997	39 997	40 997	41 997	42,4 997	43,4 997
21	28,6 997	29,6 997	30,5 997	31,5 997	32,5 997	33,5 997	34,5 996	35,5 996	36,5 996	37,5 996	38,6 996	39,6 996	40,6 996	41,7 996	42,7 996
22	28,2 997	29,2 997	30,4 996	31,4 996	32,4 996	33,4 996	34,4 996	35,4 996	36,4 996	37,4 996	38,2 996	39,2 996	40,2 996	41,3 996	42,3 996
23	27,8 996	28,8 996	29,7 996	30,7 996	31,7 996	32,7 996	33,7 996	34,7 995	35,7 995	36,7 995	37,8 995	38,8 995	39,8 995	40,9 995	41,9 995
24	27,4 996	28,4 996	29,3 995	30,3 995	31,3 995	32,3 995	33,3 995	34,3 995	35,3 995	36,3 994	37,4 994	38,4 994	39,4 994	40,5 994	41,5 994
25	27 995	28 995	28,9 995	29,9 995	30,9 995	31,9 994	32,9 994	33,9 994	34,9 994	35,9 994	37 994	38 994	39 994	40,1 994	41,1 994

Extrait des Tables alcoométriques pour l'évaluation de la force réelle, dressées par M. GAY-LUSSAC.

Tempér. C.	46c	47c	48c	49c	50c	51c	52c	53c	54c	55c	56c	57c	58c	59c	60c
10	47,9 1004	48,9 1004	49,9 1004	50,9 1004	51,8 1004	52,8 1004	53,8 1004	54,8 1004	55,8 1004	56,8 1004	57,8 1004	58,8 1004	59,7 1004	60,7 1004	61,7 1004
11	47,6 1105	48,6 1005	49,5 1005	50,5 1005	51,5 1005	52,5 1005	53,5 1005	54,4 1005	55,4 1005	56,4 1005	57,4 1005	58,4 1005	59,4 1005	60,4 1005	61,4 1005
12	47,2 1002	48,2 1002	49,2 1002	50,2 1002	50,2 1002	52,1 1002	53,1 1002	54,1 1002	55 1002	56 1002	57 1002	58 1002	59 1002	60 1002	61 1002
13	46,8 1002	47,8 1002	48,8 1002	49,8 1002	50,8 1002	51,8 1002	52,7 1002	53,7 1002	54,7 1002	55,7 1002	56,7 1002	57,7 1002	58,7 1002	59,7 1002	60,7 1002
14	46,4 1001	47,4 1001	48,4 1001	49,4 1001	50,4 1001	51,4 1001	52,3 1001	53,3 1001	54,3 1001	55,3 1001	56,3 1001	57,3 1001	58,3 1001	59,3 1001	60,3 1001
15	46 1000	47 1000	48 1000	49 1000	50 1000	51 1000	52 1000	53 1000	54 1000	55 1000	56 1000	57 1000	58 1000	59 1000	60 1000
16	45,6 999	46,6 999	47,6 999	48,6 999	49,6 999	50,6 999	51,6 999	52,6 999	53,6 999	54,6 999	55,6 999	56,6 999	57,6 999	58,6 999	59,6 999
17	45,2 998	46,2 998	47,2 998	48,2 998	49,2 998	50,3 998	51,3 998	52,3 998	53,3 998	54,3 998	55,3 998	56,3 998	57,3 998	58,3 998	59,3 998
18	44,9 998	45,9 998	46,9 998	47,9 998	48,9 998	49,9 998	50,9 998	51,9 998	52,9 998	53,9 998	54,9 998	55,9 998	56,9 997	57,9 997	58,9 997
19	44,5 997	45,5 997	46,5 997	47,5 997	48,5 997	49,5 997	50,6 997	51,6 997	52,6 997	53,6 997	54,6 997	55,6 997	56,6 997	57,6 997	58,6 997
20	44,1 996	45,1 996	46,1 996	47,2 996	48,2 996	49,2 996	50,2 996	51,2 996	52,2 996	53,2 996	54,2 996	55,2 996	56,2 996	57,2 996	58,2 996
21	43,7 996	44,8 996	45,8 996	46,8 995	47,8 995	48,8 995	49,8 995	50,8 995	51,8 995	52,9 995	53,9 995	54,9 995	55,9 995	56,9 995	57,9 995
22	43,3 995	44,3 995	45,3 995	46,4 995	47,4 995	48,4 995	49,4 995	50,4 995	51,4 994	52,5 994	53,5 994	54,5 994	55,5 994	56,5 994	57,5 994
23	42,9 994	43,9 994	44,9 994	46 994	47 994	48 994	49,1 994	50,1 994	51,1 994	52,1 994	53,1 994	54,1 994	55,1 993	56,1 993	57,1 993
24	42,5 994	43,6 994	44,6 994	45,6 993	46,6 993	47,6 993	48,7 993	49,7 993	50,7 993	51,8 993	52,8 993	53,8 993	54,8 993	55,8 993	56,8 992
25	42,2 993	43,2 993	44,2 993	45,2 995	46,3 995	47,3 995	48,3 995	49,3 995	50,3 995	51,4 992	52,4 992	53,4 992	54,4 992	55,5 992	56,5 992

Tempér. C.	61c	62c	63c	64c	65c	66c	67c	68c	69c	70c	71c	72c	73c	74c	75c
10	62,7 1001	63,7 1004	64,7 1004	65,7 1004	66,7 1004	67,6 1004	68,6 1004	69,6 1004	70,6 1004	71,6 1004	72,6 1004	73,5 1004	74,5 1005	75,5 1005	76,5 1005
11	62,4 1005	63,4 1005	64,4 1005	65,4 1005	66,4 1005	67,3 1005	68,3 1005	69,3 1004	70,3 1004	71,3 1004	72,3 1004	73,2 1004	74,2 1004	75,2 1004	76,2 1004
12	62 1002	63 1002	64 1002	65 1002	66 1002	67 1002	68 1003	69 1005	70 1005	71 1005	72 1005	72,9 1005	73,9 1005	74,9 1005	75,9 1005
13	61,7 1002	62,7 1002	63,7 1002	64,7 1002	65,7 1002	66,7 1002	67,7 1002	68,7 1002	69,6 1002	70,6 1002	71,6 1002	72,6 1002	73,6 1002	74,6 1002	75,6 1002
14	61,3 1001	62,3 1001	63,3 1001	64,3 1001	65,3 1001	66,3 1001	67,3 1001	68,3 1001	69,3 1001	70,3 1001	71,3 1001	72,3 1001	73,3 1001	74,3 1001	75,3 1001
15	61 1000	62 1000	63 1000	64 1000	65 1000	66 1000	67 1000	68 1000	69 1000	70 1000	71 1000	72 1000	73 1000	74 1000	75 1000
16	60,6 999	61,7 999	62,7 999	63,7 999	64,7 999	65,7 999	66,7 999	67,7 999	68,7 999	69,7 999	70,7 999	71,7 999	72,7 999	73,7 999	74,7 999
17	60,3 998	61,3 998	62,3 998	63,3 998	64,3 998	65,3 998	66,3 998	67,3 998	68,3 998	69,3 998	70,3 998	71,3 998	72,3 998	73,3 998	74,3 998
18	59,9 997	61 997	62 997	63 997	64 997	65 997	66 997	67 997	68 997	69 997	70 997	71 997	72 997	73 997	74 997
19	59,6 997	60,6 997	61,6 997	62,7 997	63,7 997	64,7 997	65,7 997	66,7 997	67,7 996	68,7 996	69,7 996	70,7 996	71,7 996	72,7 996	73,7 996
20	59,2 996	60,3 996	61,3 996	62,3 996	63,3 996	64,3 996	65,4 996	66,4 996	67,4 996	68,4 996	69,4 996	70,4 996	71,4 995	72,4 995	73,4 995
21	58,9 995	59,9 995	61 995	62 995	63 995	64 995	65 995	66 995	67 995	68,1 995	69,1 995	70,1 995	71,1 995	72,1 991	73,1 994
22	58,5 994	59,5 994	60,6 994	61,6 994	62,7 994	63,7 994	64,7 994	65,7 994	66,7 994	67,8 994	68,8 994	69,8 994	70,8 994	71,8 994	72,8 995
23	58,1 995	59,2 995	60,2 995	61,3 995	62,3 995	63,3 995	64,3 995	65,4 995	66,4 995	67,4 995	68,4 995	69,4 995	70,5 995	71,5 995	72,5 995
24	57,8 992	58,9 992	59,9 992	61 992	62 992	63 992	64 992	65 992	66 992	67,1 992	68,1 992	69,1 992	70,1 992	71,2 992	72,2 992
25	57,5 992	58,5 992	59,5 992	60,6 991	61,6 991	62,6 991	63,7 991	64,7 991	65,7 991	66,7 991	67,8 991	68,8 991	69,8 991	70,8 991	71,8 991

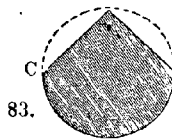
Extrait des Tables alcoométriques pour l'évaluation de la force réelle, dressées par M. GAY-LUSSAC.

Tempér. C.	76c	77c	78c	79c	80c	81c	82c	83c	84c	85c	86c	87c	88c	89c	90c
10	77,5 1005	78,5 1005	79,5 1005	80,5 1005	81,5 1005	82,4 1005	83,4 1005	84,4 1005	85,4 1005	86,4 1005	87,4 1005	88,3 1005	89,3 1005	90,2 1005	91,2 1005
11	77,2 1004	78,2 1004	79,2 1004	80,2 1004	81,2 1004	82,2 1004	83,4 1004	84,4 1004	85,4 1004	86,4 1004	87,4 1004	88 1004	89 1004	90 1004	91 1004
12	76,9 1003	77,9 1003	78,9 1003	79,9 1003	80,9 1003	81,9 1003	82,9 1003	83,9 1003	84,8 1003	85,8 1003	86,8 1003	87,8 1003	88,7 1003	89,7 1003	90,7 1003
13	76,6 1002	77,6 1002	78,6 1002	79,6 1002	80,6 1002	81,6 1002	82,6 1002	83,6 1002	84,6 1002	85,5 1002	86,5 1002	87,5 1002	88,5 1002	89,5 1002	90,5 1002
14	76,3 1001	77,3 1001	78,3 1001	79,3 1001	80,3 1001	81,3 1001	82,3 1001	83,3 1001	84,3 1001	85,3 1001	86,3 1001	87,3 1001	88,2 1001	89,2 1001	90,2 1001
15	76 1000	77 1000	78 1000	79 1000	80 1000	81 1000	82 1000	83 1000	84 1000	85 1000	86 1000	87 1000	88 1000	89 1000	90 1000
16	75,7 999	76,7 999	77,7 999	78,7 999	79,7 999	80,7 999	81,7 999	82,7 999	83,7 999	84,7 999	85,7 999	86,7 999	87,7 999	88,7 999	89,7 999
17	75,4 998	76,4 998	77,4 998	78,4 998	79,4 998	80,4 998	81,4 998	82,4 998	83,4 998	84,4 998	85,4 998	86,4 998	87,4 998	88,4 998	89,4 998
18	75,1 997	76,1 997	77,1 997	78,1 997	79,1 997	80,1 997	81,1 997	82,1 997	83,1 997	84,1 997	85,2 997	86,2 997	87,2 997	88,2 997	89,2 997
19	74,7 996	75,8 996	76,8 996	77,8 996	78,8 996	79,8 996	80,8 996	81,9 996	82,9 996	83,9 996	84,9 996	85,9 996	86,9 996	87,9 996	88,9 996
20	74,4 995	75,5 995	76,5 995	77,5 995	78,5 995	79,5 995	80,5 995	81,6 995	82,6 995	83,6 995	84,6 995	85,6 995	86,6 995	87,7 995	88,7 995
21	74,1 994	75,2 994	76,2 994	77,2 994	78,2 994	79,2 994	80,2 994	81,3 994	82,3 994	83,3 994	84,3 994	85,3 994	86,4 994	87,4 994	88,4 994
22	73,8 993	74,8 993	75,9 993	76,9 993	77,9 993	78,9 993	79,9 993	81 993	82 993	83 993	84 993	85 993	86,4 993	87,4 993	88,2 993
23	73,5 992	74,5 992	75,5 992	76,6 992	77,6 992	78,6 992	79,6 992	80,7 992	81,7 992	82,7 992	83,8 992	84,8 992	85,8 992	86,8 992	88,9 992
24	73,2 991	74,2 991	75,2 991	76,3 991	77,3 991	78,3 991	79,3 991	80,4 991	81,4 991	82,4 991	83,5 991	84,5 991	85,5 991	86,5 991	87,6 991
25	72,8 990	73,9 990	74,9 990	76 990	77 990	78 990	79 990	80,4 990	81,4 990	82,4 990	83,2 990	84,2 990	85,2 990	86,3 990	87,4 990

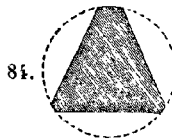
ALÉSOIR. L'alésoir est une machine destinée à terminer des surfaces cylindriques concaves, comme l'intérieur d'un coussinet, d'un cylindre de machine à vapeur, d'un tube, etc. — Les outils et machines destinés à remplir ce but sont assez variés, leur forme dépendant du diamètre des trous à aléser. Il ne faut pas confondre ici l'alésage avec le forage, qui ne consiste qu'à percer au moyen d'une *mèche* ou d'un *foret* un trou d'une pièce, et nullement à exécuter comme au moyen de l'alésoir un cylindre creux parfaitement régulier.

On alèse les pièces dans lesquelles doivent se mouvoir très exactement d'autres pièces cylindriques tournées au même diamètre. Ainsi un cylindre de machine à vapeur, un coussinet, sont alésés pour recevoir un piston ou un arbre tournés. — Quand les trous à aléser ne dépassent pas 45 à 20 millimètres de diamètre et 40 à 15 centimètres de profondeur, on emploie des alésoirs pleins en acier que l'on fait tourner à la main, soit au moyen d'un vilebrequin, soit au moyen d'un tourne-à-gauche. Le trou est d'abord exécuté avec un foret, puis agrandi avec des équarisseurs; on le termine complètement au moyen des alésoirs. Ce sont des barreaux d'acier ayant en coupe la forme indiquée dans les figures 83, 84 et 85.

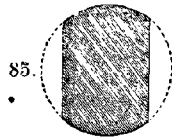
L'alésoir (fig. 83) se fait avec un barreau d'acier de 43 centim. de longueur, que l'on place sur le tour et que l'on tourne conique sur le tiers de la longueur; la partie tournée cylindrique a exactement le diamètre du trou à aléser et se termine par une partie carrée que l'on place dans le trou du vilebrequin ou du tourne-à-gauche; les deux pans se font à la machine à raboter ou à la lime. On introduit l'alésoir dans le trou par sa partie conique;



83.



84.



85.

on le tourne et on le fait descendre au moyen d'une vis qui pèse sur le vilebrequin.

La forme de l'alésoir (fig. 84) est préférable, la matière est attaquée à la fois par trois angles, par conséquent l'outil s'use moins; de plus, les angles restent toujours sur la circonférence extérieure, tandis que l'angle de l'outil (fig. 83) étant usé, cet outil ne coupe plus la matière que par l'arête C; en second lieu, trois parties cylindriques discontinues guident mieux qu'une partie cylindrique continue.

Cet outil (fig. 84) se forge et se tourne comme l'outil (fig. 83). Il en est de même pour l'outil (fig. 85) qui coupe la matière par deux angles et n'est guidé que par deux parties cylindriques.

Dans les coupes de ces trois outils, les parties abattues sont planes, on les fait quelquefois concaves. La matière à attaquer est alors moins refoulée, l'outil présente moins de résistance, et la limaille et les copeaux sortent plus facilement du trou.

Ces outils se trempent au rouge cerise, on les fait ensuite revenir plus ou moins suivant la nature de l'acier employé, et la matière sur laquelle ils sont destinés à agir. Quand les angles sont émoussés, on les affûte sur une meule cylindrique ou sur une pierre.

Dès que les trous à finir prennent des dimensions un peu fortes, on doit rejeter l'emploi de ces outils qui coupent la matière sur toute la longueur du trou et qui exigeraient pour les faire marcher un effort considérable, on fixe alors sur un arbre un ou plusieurs outils ; on fait passer cet arbre dans le trou, et on le fait tourner en lui donnant en même temps un mouvement très lent dans le sens de sa longueur. Les outils n'attaquent alors la matière que sur une étendue peu considérable, et quand l'arbre est bien guidé dans ses coussinets et qu'il n'éprouve pas de vibrations, on obtient des surfaces parfaitement unies et régulières.

Tel est le principe d'après lequel sont construits les divers alésoirs employés dans les ateliers de construction, et dont on se sert pour travailler l'intérieur des cylindres à vapeur, des moyeux de roues, des coussinets, etc.

Les alésoirs pour les cylindres à vapeur sont établis en général sur de très fortes proportions, on les divise suivant la position de l'arbre qui porte les outils en deux classes : les alésoirs horizontaux et les alésoirs verticaux.

Quelquefois l'arbre et les outils sont fixes et c'est le cylindre qui tourne ; cette disposition est en général fort peu employée.

Les alésoirs horizontaux sont employés pour l'alésage des petits cylindres à vapeur. Quand on doit aléser de grands cylindres sur une machine horizontale, il est presque impossible d'obtenir un résultat convenable, parce que l'épaisseur du cylindre étant très faible relativement au diamètre, surtout si ce sont des cylindres de machines soufflantes, son poids seul suffit pour déformer la pièce qui une fois sortie de la machine peut fort bien être elliptique.

Ces inconvénients ne se présentent pas sur une machine verticale, si l'on prend les précautions convenables pour ne pas trop serrer le cylindre dans certaines parties ; en outre, il est plus facile de mettre la pièce en place, et les copeaux enlevés par les outils tombent par leur propre poids, tandis qu'il remplissent le cylindre quand il est placé horizontalement.

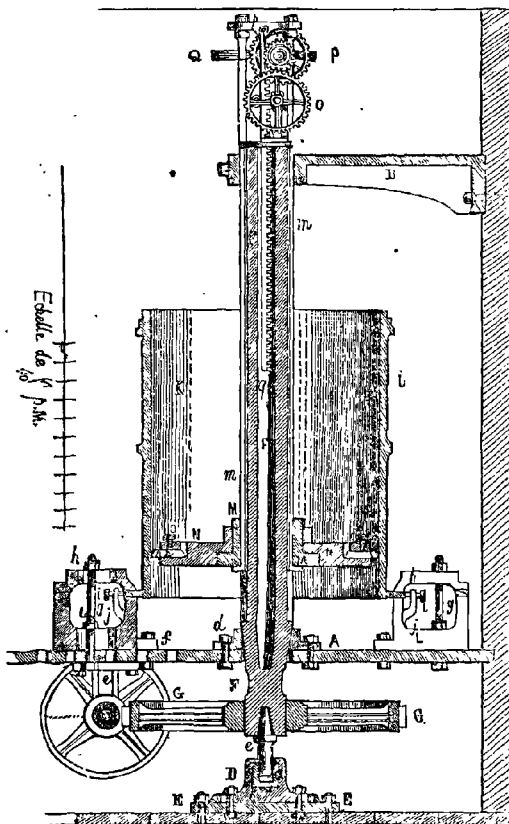
Ces considérations ont fait rejeter l'emploi des alésoirs horizontaux pour l'alésage des grands cylindres. Il faut aussi remarquer que quand l'arbre est horizontal son poids et celui du plateau où sont placés les outils tendent à le faire fléchir, et lui font éprouver des vibrations sensibles qui nuisent au résultat final, c'est-à-dire à la perfection des surfaces obtenues.

Pour de petits cylindres, l'alésoir horizontal est généralement employé. Le porte-outils est fixé à l'arbre qui le transporte avec lui ; le cylindre est placé sur plusieurs pièces de bois perpendiculaires à son axe et fixées sur deux jumelles, on change ces pièces de bois suivant le diamètre du cylindre, qu'on réunit solidement aux jumelles au moyen de chaînes fortement tendues. La vitesse des outils qui attaquent la fonte est de 4 à 5 centimètres par seconde, elle est d'autant moindre que la fonte est plus dure. Le mouvement de translation est toujours communiqué à l'arbre par la machine elle-même.

On alése quelquefois des cylindres sur des tours parallèles, le porte-lames n'a alors qu'un mouvement de rotation, et c'est la pièce qui avance. Dans ce cas, on est toujours limité par la hauteur du centre des poupées au-dessus du banc, on ne peut jamais y placer des pièces qui auraient un rayon extérieur plus grand que cette distance.

Nous donnons ici (fig. 86) la description d'un grand alésoir vertical sur lequel on peut placer des cylindres ayant

jusqu'à deux mètres de diamètre. Sa construction est à la fois simple et solide. Tout le système est placé près d'un mur à la partie supérieure duquel se trouve un support B portant un coussinet où tourne le haut de l'arbre F. Cet arbre, à la partie inférieure, porte un pivot e qui repose dans une crapaudine a située au-dessous d'une grande plaque en fonte A placée au niveau



86.

du sol de l'atelier ; l'arbre est encore soutenu par un support d boulonné sur cette plaque. Cet arbre, dont le diamètre est de 30 centimètres, est ainsi fixé d'une manière très solide, condition fort importante, car il est nécessaire, si l'on veut aléser le cylindre en une seule passe, que les outils n'éprouvent aucune vibration. Au-dessous de la plaque A est une roue d'engrenage G à laquelle une vis sans fin I communique le mouvement de rotation. Comme l'arbre doit marcher très lentement, cette disposition est préférable comme simplicité, à tout autre système d'engrenages que l'on pourrait employer pour diminuer la vitesse du moteur.

Des pièces L, placées sur le grand plateau A et pouvant s'éloigner plus ou moins de l'arbre, supportent le cylindre et serrent fortement au moyen de boulons et d'érous la bride placée à sa partie inférieure. Plus haut le cylindre est entouré par des chaînes l fixées à des supports extérieurs, et qui servent encore à augmenter sa stabilité.

Pour placer le cylindre sur le plateau, on enlève l'arbre au moyen de poupées et de cordes placées au-dessus, on amène le cylindre sur les pièces L, on laisse

redescendre l'arbre, on règle la position du cylindre au moyen des vis *t*, et on serre fortement les écrous et les chaînes.

Pendant la marche, l'arbre creux tourne, mais il est immobile dans le sens de sa longueur, c'est le plateau N où sont fixés les burins qui descendent peu à peu au moyen de la disposition suivante :

Une pièce Q circulaire que l'on peut envisager comme un grand écrou, porte intérieurement un filet très peu incliné qui ne fait que deux ou trois fois le tour; une roue P, dont les dents sont taillées convenablement pour s'engager dans les filets de l'écrou et dont l'axe est horizontal, est entraînée par l'arbre F auquel elle est fixée par des supports, dans son mouvement de rotation; il est facile de comprendre que cette roue tourne autour de son axe avec une vitesse très faible; son mouvement de rotation est communiqué par l'intermédiaire d'un pignon S, à une roue O, aussi fixée sur l'arbre vertical, et dont l'arbre porte un second pignon engrenant avec une crémaillère *q*.

Cette crémaillère pénètre dans l'intérieur de l'arbre vertical, et est assemblée à sa partie supérieure avec une traverse *p* aux deux extrémités de laquelle se trouvent deux tringles méplates *m* qui soutiennent le porte-outils N. On conçoit qu'à mesure que la crémaillère descend, les tiges *m* qui sont liées avec elle, déterminent le mouvement descensionnel du porte-outils N.

Le plateau N porte à son pourtour deux outils ou burins en acier, qui attaquent simultanément la matière. Ces outils sont serrés dans des trous pratiqués dans le plateau au moyen de vis *o*. Quelques constructeurs emploient une seconde vis qui pousse le burin dans le sens de sa longueur, et qui, tout en l'empêchant de reculer permet de le fixer à la distance convenable du centre de rotation.

Quel que soit le nombre d'outils placés à la circonférence du plateau, il faut les disposer de manière à leur faire partager le travail afin d'éviter leur échauffement, et des vibrations nuisibles à la perfection de l'alésage. Les outils qui décroûtent sont situés plus bas et moins avancés vers la circonférence, ce sont eux qui fatiguent le plus, mais ils laissent moins à faire aux autres et l'alésage est plus parfait. Le dernier outil à la forme d'une plane de tourneur, c'est-à-dire, qu'il a son arête tranchante parallèle à l'axe de rotation, et qu'il ne fait, pour ainsi dire, que polir la matière. Aussi, quand on prend les précautions convenables, le cylindre est poli à l'intérieur comme une glace, sans qu'on soit obligé de donner une seconde passe. On a différents plateaux, porte-outils suivant le diamètre des cylindres à alésier.

Ordinairement on rôde les cylindres qui sortent de l'alésoir; on les place alors horizontalement ou inclinés, on fait marcher dans le sens de la longueur une masse de plomb, et on jette dans le cylindre, que l'on fait tourner peu à peu, de l'eau et de l'émeri; on obtient ainsi une surface striée dans le sens de la longueur, ce qui facilite beaucoup la marche du piston et diminue les chances d'usé.

Quelques grands alésoirs verticaux établis dans différents ateliers, présentent une disposition un peu différente de celle que nous avons décrite. Le mouvement descensionnel est communiqué au porte-outils par une vis placée dans l'intérieur de l'arbre, ou par deux vis placées de chaque côté. Enfin, l'alésoir tout entier est souvent établi dans une fosse placée dans le sol, où l'on descend le cylindre. Cette fosse est recouverte par un plateau situé au niveau du sol de l'atelier.

Nous avons dit qu'on employait encore dans les ateliers de construction, de petits alésoirs destinés à travailler des coussinets, des moyeux de roues d'engrenage, des trous de manivelles, etc. Leur disposition est en général assez simple; l'arbre est vertical et passe

dans un coussinet fixé au plateau horizontal sur lequel on place la pièce à alésier; l'outil, ou burin, entre dans une mortaise pratiquée dans cet arbre, et on l'y serre par une clavette; outre son mouvement de rotation, l'arbre possède un mouvement lent dans le sens de sa longueur. Quelquefois l'arbre ne descend pas, il ne fait que tourner, et on fait marcher l'outil horizontalement; on exécute alors une surface plane, et la machine se transforme en machine à raboter.

On emploie cette disposition sur l'alésoir vertical pour dresser les parties planes par lesquelles le cylindre s'ajuste à son fond et à son couvercle, on fixe sur l'arbre une pièce horizontale, portant une coulisse où marche une petite pièce dans laquelle on place l'outil, cette pièce forme l'écrou d'une vis située dans la coulisse et qui se termine par une étoile en dehors de la pièce horizontale; à chaque tour de l'arbre, une des branches de l'étoile rencontre un arrêt, l'étoile et la vis tournent d'une petite quantité, l'outil avance dans sa coulisse, et une nouvelle portion de la matière est attaquée.

DUBIED.

ALGÉRIE. L'avenir industriel de l'Algérie, la seule question que nous puissions traiter ici, et son importance relativement à la richesse de la France, sont encore trop incertains pour qu'il soit possible de rien établir de positif à cet égard. La possibilité des cultures tropicales, et particulièrement du coton, ne paraît pas être encore démontrée, au moins à un prix de revient avantageux, surtout avec les efforts que fait le gouvernement pour organiser la petite propriété, si nécessaire au point de vue politique, mais qui ne peut guère produire que les objets nécessaires à la nourriture des colons, devenus le but et non le moyen de la colonisation.

Mais si le littoral et les plaines fertiles de l'Algérie doivent être occupés par une nombreuse population européenne, les parties plus reculées, les immenses étendues qui bordent le désert, et le Sahara lui-même, où la végétation pousse encore quelques touffes d'herbes, ne peuvent être utilisés qu'au parcage et à l'alimentation des bestiaux. Au reste il n'y a pas à créer sous ce rapport; la population arabe, presque tout entière pastorale, élève d'immenses troupeaux qui constituent toute sa richesse.

On pourra cependant, nous le croyons du moins, régulariser et augmenter cette production. Que l'on étudie ce que les Hollandais ont fait à Java, où le sol, comme dans l'Algérie, est presque entièrement propriété de l'État, pour développer la culture du café, qui est pour la métropole la source d'énormes revenus, tant en faisant payer les impôts en nature qu'en assurant la jouissance paisible du sol, les moyens de production et surtout d'échange aux populations malaises, et nous ne doutons pas qu'il ne soit possible de développer dans l'Algérie, au grand profit de la France, une immense production de bestiaux, de cuirs, mais surtout de laines, la matière première de l'industrie la plus importante peut-être de la France, celle qui est le plus en avance sur les industries étrangères, et dont les progrès ne sont limités que par le prix élevé de la matière première.

La question à résoudre à cet égard se réduit à ceci : suffit-il de compter sur le commerce, sur l'intérêt de la race arabe pour le développement de son industrie, ou faudrait-il, comme l'ont fait les Hollandais à Java pour la race malaise, forcer cette production par les institutions, et faire du gouvernement de l'Algérie, non seulement un commandement militaire, mais encore une exploitation industrielle? Pour qui connaît les merveilleux résultats du système hollandais, et l'apatie des Arabes, nous croyons que la réponse ne saurait être douteuse. Les faits rapportés ci-dessus, ceux de la production de l'indigo et de la soie, dans l'Inde anglaise, au profit de l'Angleterre, prouvent qu'il ne suffit plus

ALLIAGES

aujourd'hui aux grandes nations industrielles de laisser leurs citoyens se livrer aux entreprises commerciales, mais qu'elles-mêmes, en outre, doivent coopérer à de grandes spéculations pour lesquelles la puissance collective de toute la nation est nécessaire, afin d'ouvrir à des classes nombreuses de citoyens des sources de richesses et de prospérité.

ALLIAGES (*angl.* alloy, *all.* legirung.) Les alliages métalliques peuvent être considérés, relativement à l'industrie, comme constituant de nouveaux métaux, jouissant de propriétés spéciales plus ou moins différentes de celles qui appartiennent aux métaux qui les composent. Le rôle que jouent les métaux dans l'industrie est d'une telle importance, qu'on ne peut mettre en doute l'immense intérêt qui doit s'attacher à l'étude des alliages qu'ils fournissent par leurs combinaisons mutuelles. Malheureusement cette partie de la science a été peu cultivée jusqu'à ce jour, surtout sous le rapport de ses applications; espérons que cette lacune sera bientôt comblée par quelque savant plus jaloux de l'utilité que de l'éclat de ses travaux! C'est le désir de montrer tout l'intérêt que mérite une étude semblable, qui nous a engagés à donner à cet article un développement peut-être exagéré; mais, tant que les lois des variations de dureté, de fusibilité, etc., des alliages, en proportion des métaux employés, seront inconnues, on ne saurait faire rien de plus utile que d'enregistrer de nombreux résultats d'expérience, pouvant guider le praticien dans une question fondamentale pour une foule d'industries.

Les alliages ont été fort longtemps considérés comme de simples mélanges, et cela parce qu'il est possible de mélanger en proportions quelconques des métaux fusibles, qui restent unis par la solidification qui résulte du refroidissement. Mais, sauf ce phénomène accessoire, le cas est absolument le même que celui d'un acide dissous dans l'eau; en conclut-on que l'acide ne persiste pas et qu'il change de nature à mesure qu'on augmente le volume de l'eau? Aussi, aujourd'hui, admet-on que les métaux se combinent comme tous les corps en proportions définies, malgré leur dissolution dans un métal ou dans d'autres combinaisons. Ce qui le prouve, c'est que, si on laisse un alliage fondu se refroidir, on reconnaît qu'il se sépare en deux ou plusieurs couches qui sont des composés différents à proportions déterminées; c'est surtout ce qu'il est facile de constater dans tous les cas où il y a cristallisation.

L'étude scientifique des alliages devrait donc avoir pour base celle des composés à proportions définies, qu'il faudrait bien déterminer. Ce sont les combinaisons et mélanges de ces alliages atomiques entre eux, et avec les métaux constituants, qui forment les alliages qu'emploie l'industrie.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES ALLIAGES EN GÉNÉRAL. *Densité.* La densité des alliages est tantôt moindre, tantôt plus grande que celle qui serait déduite des densités et des proportions des métaux dont ils sont formés. Aucune loi n'a été reconnue à cet égard. On connaît seulement, par expérience, pour un certain nombre d'alliages, dans quel sens marche la densité.

Lorsque dans un alliage il n'y a ni contraction ni dilatation, la pesanteur spécifique ou densité de l'alliage

$$\text{est donnée par la formule } \Delta = \frac{(P + p) D d}{P d + p D}$$

dans laquelle P et p désignent les poids des métaux composants qui entrent dans l'alliage, et D et d leur densité respective. Lorsque l'expérience donne pour densité de l'alliage un nombre différent de Δ , on en conclut qu'il y a contraction, si ce nombre est plus grand, et dilatation, s'il est plus faible; c'est ainsi qu'on a pu dresser les tables ci-dessous qui se rapportent aux principaux alliages binaires.

ALLIAGES.

ALLIAGES	ALLIAGES
dont la densité est plus grande que la densité moyenne des métaux qui les constituent.	dont la densité est moins grande que la densité moyenne des métaux qui les constituent.
Or et zinc.	Or et argent.
Or et étain.	Or et fer.
Or et bismuth.	Or et plomb.
Argent et zinc.	Or et cuivre.
Argent et plomb.	Argent et cuivre.
Argent et étain.	Étain et plomb.
Argent et bismuth.	Étain et antimoine.
Argent et antimoine.	Cuivre et plomb.
Cuivre et zinc.	Zinc et antimoine.
Cuivre et étain.	Fer et bismuth.
Cuivre et bismuth.	Fer et plomb.
Cuivre et antimoine.	Fer et antimoine.
Plomb et bismuth.	
Plomb et antimoine.	

Si l'on voulait absolument déduire de ce tableau la loi qu'il renferme, quoiqu'il soit beaucoup trop incomplet pour arriver à aucun résultat certain, on serait amené à admettre qu'il y a en général condensation quand l'alliage est composé de deux métaux ayant une grande affinité réciproque, et que par suite la combinaison est intime et *vice versa* qu'il y a dilatation quand les deux métaux ont peu d'affinité l'un pour l'autre et ne sont pour ainsi dire que mélangés. Ainsi le cuivre, qui a beaucoup d'affinité pour le zinc et l'étain, forme avec ces métaux des composés d'une densité plus grande que la densité moyenne, tandis qu'avec le plomb, métal avec lequel il forme plutôt des mélanges que des combinaisons, il donne des alliages d'une densité au-dessous de la densité moyenne. Pour un même métal, la même loi devrait s'appliquer, si on augmentait au-delà du point de saturation du premier métal composant l'alliage, la proportion du second. C'est ce que paraîtraient démontrer des expériences de Muschenbroeck sur les variations de densité des alliages dans lesquels on fait varier la proportion des métaux. Elles tendraient à établir qu'il existe un point de combinaison plus intime pour chaque alliage correspondant sans doute à un composé défini. Ainsi l'alliage de plomb et d'argent a donné :

Argent	Plomb	Densités.
1	1	10,480
2	1	11,032
3	1	10,834

La densité des alliages peut servir à faire connaître, au moins d'une manière approximative, la proportion des éléments. Tel est l'*essai à la balle* employé pour reconnaître la pureté de l'étain. On coule de l'étain dans un moule à balle et on pèse celle-ci comparativement avec une balle semblable d'étain pur. La présence du plomb est indiquée par l'augmentation du poids.

Dureté. — Ductilité. — Ténacité. Les alliages sont en général plus durs, plus aigres et ont moins de ductilité et de ténacité que celui des métaux constituants, le plus ductile et le plus tenace.

Elasticité des alliages. Nous extrayons du rapport fait par M. Babinet, à l'Institut, sur un intéressant mémoire de M. Wertheim, traitant de l'élasticité des métaux et des alliages, ce qui est relatif à ces derniers. Nous reviendrons sur ce travail à l'article ELASTICITÉ. M. Wertheim a cherché à constater le rapport qui peut exister entre les propriétés mécaniques des métaux et celles des alliages afin d'en déduire la connaissance de l'état moléculaire de ces composés.

Les alliages ont été préparés avec des métaux purs. Après les avoir suffisamment mêlés et brassés à plusieurs reprises pendant la fusion, il les a coulés dans une lingotière de 50 centim. de longueur qui fut

quelquefois chauffée jusqu'au rouge. Les alliages ductiles furent ensuite étirés, les autres furent calibrés à la lime.

Chaque alliage a été soumis à l'analyse chimique, quoiqu'il y en ait pour la plupart d'entre eux, les métaux eussent été combinés dans le rapport de leurs poids atomiques ou des multiples les plus simples de ces poids. Mais l'inégale oxydabilité des constituants, ou la volatilité de l'un d'eux avait souvent notablement changé ces rapports. Il a fallu avoir égard, en outre, à la non homogénéité de leur composition; ceux surtout dans lesquels entrent des métaux dont les poids spécifiques diffèrent beaucoup entre eux, offrent souvent de grandes inégalités de composition, qui se trahissent déjà par des différences de couleur et de malléabilité, mais que l'on reconnaît sûrement au moyen de deux analyses faites sur des parties que l'on prend aux deux extrémités des verges. L'auteur a rejeté toutes celles qui offraient de trop grandes inégalités.

Les expériences de M. Wertheim portent sur 54 alliages binaires et 9 alliages ternaires de composition simple et connue; dans ce nombre se trouvent la plupart des alliages qu'on emploie si fréquemment dans les arts, sans bien connaître leurs propriétés mécaniques; tels sont le laiton, le bronze, le tombac, le pack-fong, le métal des tam-tam trempé et non trempé, l'alliage des caractères d'imprimerie.

Ces expériences ont conduit l'auteur aux résultats suivants :

1° Les coefficients d'élasticité des alliages s'accordent assez bien avec la moyenne des coefficients d'élasticité des métaux constituants; les condensations et les dilatations qui ont lieu pendant la formation de l'alliage n'influent pas sensiblement sur ce coefficient.

On peut donc déterminer d'avance quelle doit être la composition d'un alliage pour qu'il ait une certaine élasticité, ou pour qu'il conduise le son avec une vitesse donnée; pourvu que cette élasticité ou cette vitesse tombe entre les valeurs extrêmes des mêmes quantités des métaux connus.

2° Ni la cohésion, ni la limite d'élasticité, ni l'allongement maximum ne peuvent être déterminés à priori au moyen des quantités connues pour les métaux simples qui les composent.

3° Les alliages se comportent comme les métaux simples quant aux vibrations et quant à l'allongement.

4° Si l'on suppose que toutes les molécules des alliages sont à la même distance les unes des autres, on trouve que plus cette moyenne distance est petite, plus le coefficient d'élasticité est grand. Toutefois, cet accord n'est pas suffisamment exact pour qu'on en puisse conclure avec sûreté que l'arrangement moléculaire est réellement tel qu'il a été supposé.

Fusibilité. Les alliages sont toujours plus fusibles que le moins fusible des métaux composants et très souvent plus que chacun d'eux pris séparément. L'alliage fusible de Darcet, en est un exemple remarquable.

Chaleur spécifique. M. Régnault dans ses belles recherches sur les chaleurs spécifiques, a démontré que la chaleur spécifique des alliages était exactement la moyenne des chaleurs spécifiques des métaux composants; les observations étant faites à une distance suffisante des points de fusion et de ramollissement.

Chaleur latente. Un beau travail de M. Rudberg, le plus curieux qui ait été fait dans ces dernières années sur les alliages en général repose sur les propriétés de la chaleur latente.

Il a observé que quand on laisse refroidir un alliage fondu, le thermomètre devenait en général deux fois stationnaire entre le point de fusion et de solidification, s'arrêtant une fois à un point commun à tous les alliages des deux mêmes métaux et une autre fois à un point

qui varie avec leurs proportions. Il explique ainsi ce phénomène.

Deux métaux fondus ensemble et bien mélangés doivent former une combinaison à proportions définies, qui se trouve répandue dans celui d'entre eux qui est en excès. L'alliage chimique quand il est seul, se solidifie à un degré déterminé que M. Rudberg appelle le *point fixe*. Mais quand il y a excès d'un des métaux, la solidification du métal et de l'alliage n'ayant plus lieu au même degré, l'excès de métal qui généralement se solidifie le premier, dégage alors sa chaleur latente, ce qui produit un retard dans la marche du thermomètre. Ce métal solidifié reste ainsi disséminé dans l'alliage chimique encore fluide; qui lors de sa solidification occasionne à son tour un second arrêt du thermomètre, par le dégagement de sa chaleur latente. Ainsi d'après M. Rudberg le plomb se solidifie à 325°, l'étain à 228° et pour les alliages d'étain et de plomb le point fixe est à 187°, c'est le point de fusion de l'alliage chimique Pb Sn³.

PROPHÉTÉS CHIMIQUES DES ALLIAGES. En général les alliages se comportent comme le feraient les métaux séparés. L'état de combinaison modifie cependant dans certains cas, d'une manière très notable, l'action des divers agents chimiques.

Oxydation. L'action de l'air est en général moindre sur les alliages que sur les métaux qui les composent. Il y a cependant des cas où elle est plus grande, ainsi l'alliage de 3 parties de plomb et 4 d'étain brûle et s'oxyde au rouge avec une extrême rapidité. Cet effet paraît résulter de la combinaison rapide qui se produit entre les deux oxydes avec dégagement de chaleur, et sans doute d'un état électrique favorable à l'oxydation qui en provient.

Quand l'un des métaux qui entre dans un alliage s'oxyde avec facilité, tandis que le second n'est pas oxydable, on peut les séparer en convertissant le premier en oxyde, tandis que le second reste intact; c'est sur cette propriété que reposent les procédés de coupellation qui permettent de séparer l'argent du plomb.

On séparerait encore en grande partie par ce procédé deux métaux différemment oxydables, celui qui jouit de cette propriété au plus haut degré, s'oxydant bien plus rapidement que le second. C'est ainsi qu'on est parvenu pendant la Révolution à séparer le cuivre de l'étain, pour convertir en bronze à canons le métal des cloches.

Action des acides. Ils agissent en général sur l'alliage comme sur le métal prédominant.

PRÉPARATION DES ALLIAGES. Premier procédé. — Le procédé le plus généralement suivi consiste à fondre ensemble les deux métaux à allier, soit en les renfermant tous deux dans le même creuset, soit en ajoutant l'un des métaux au premier quand il est fondu. Il se développe une forte chaleur au moment du mélange.

Deuxième procédé. — Quand l'un des métaux est volatil, ou que la réduction des oxydes isolés est très difficile, on prépare les alliages en réduisant par le charbon les oxydes des métaux à allier mélangés, ou l'un des métaux à l'état d'oxyde mélangé avec l'autre à l'état métallique. Le mélange des oxydes a sur le mélange des métaux l'avantage de fournir des alliages beaucoup plus homogènes, néanmoins ce procédé est bien plus fréquemment employé dans les laboratoires que dans les ateliers.

MOULAGE DES ALLIAGES. Quand un alliage a été formé, on le coule dans des moules de formes déterminées, ou dans des lingotières. Avant de le couler, il faut brasser le bain avec soin, autrement l'alliage ne serait pas homogène, s'il y avait une grande différence de pesanteur spécifique entre les métaux alliés; la partie inférieure contiendrait le métal le plus pesant en

plus grande quantité que la partie supérieure. Aussi a-t-on soin de faire les lingotières larges et peu profondes pour diminuer autant que possible cet effet.

La pesanteur n'est pas la seule cause de la séparation qui se produit pendant la solidification. Dès que l'alliage commence à se figer, il se partage le plus souvent en un alliage moins fusible qui se solidifie le long des surfaces suivant lesquelles le refroidissement a lieu, et un autre alliage plus fusible et plus léger qui remonte vers le haut. C'est cet effet de séparation qui fait la grande difficulté de la fabrication des bouches à feu, dans lesquelles se rencontrent parfois des taches blanches, composées d'un alliage très riche en étain et qui forment des cavités lorsque la chaleur produite par l'explosion de la poudre les a fait fondre. Le seul moyen de lutter contre de semblables effets par le mode de moulage est d'activer le refroidissement; il n'y a pas de séparation, si le métal est solidifié presque aussitôt qu'il a touché le moule.

Un autre effet qui cause souvent une altération fâcheuse dans la ténacité des alliages, c'est la cristallisation qu'engendre le refroidissement lent qui se produit lors de la solidification dans des moules non métalliques.

L'alliage chimique forme alors dans la masse, des cristaux qui augmentent généralement la dureté de la masse, mais en diminuent considérablement la ténacité. Il faut éviter autant que possible cet effet de cristallisation, qui trop considérable dans certains alliages, contraint à renoncer à leur emploi dans beaucoup de cas. On y parvient en accélérant le refroidissement et aussi quelquefois en soumettant l'alliage pendant son refroidissement à une forte pression qui gêne ce mouvement moléculaire. Cet effet s'obtient souvent en partie par l'emploi de masselottes ou masses considérables qu'on coule à la partie supérieure des pièces qu'il s'agit de fondre. Dans d'autres cas, cet effet est produit, et plus sûrement par une percussion sur la masse fluide, au moment où elle va se figer. C'est sur des alliages fondus dans cette condition que devraient être faites les comparaisons de densité, de dureté, de ténacité qui se font trop souvent sur des produits fondus dans des conditions différentes, ce qui ne peut conduire à aucun résultat.

DE LA LIQUATION. Si l'on chauffe un alliage à une température insuffisante pour déterminer sa fusion, et s'il peut se former par certaines proportions des métaux un alliage fusible à cette température, celui-ci prendra naissance et abandonnera la masse métallique qui subsistera sous forme d'une carcasse. C'est sur cette propriété qu'est basé le procédé de liquation fort usité dans la métallurgie. Ainsi pour séparer l'argent du cuivre, on commence par fondre cet alliage avec une quantité de plomb, telle que le plomb et le cuivre soient atome à atome dans le composé. Lorsqu'on vient à chauffer l'alliage à un certain degré de chaleur, il se forme 2 alliages dont l'un beaucoup plus fusible, contient 12 atomes de plomb et 4 atome de cuivre; et l'autre moins fusible renferme au contraire 12 atomes de cuivre et 4 atome de plomb. Le premier entraîne les douze treizièmes de l'argent, que l'on peut en retirer par la compellation.

IMPORTANCE DE L'ORDRE DE PRÉPARATION DES ALLIAGES ÉLÉMENTAIRES QUI CONSTITUENT L'ALLIAGE COMPOSÉ. De la séparation d'un alliage simple ou compliqué en plusieurs alliages suivant leur ordre de fusibilité, il nous paraît qu'on doit en tirer une conséquence importante relativement à leur préparation et qui ne se trouvant pas jusqu'à ce jour nettement formulée, est cependant la base de recettes pour la préparation de qualités estimées dans le commerce; c'est qu'il n'est nullement indifférent de préparer un alliage en ajoutant les métaux dans un ordre quelconque, et que deux alliages dans lesquels l'analyse chi-

mique fait reconnaître des proportions identiques des mêmes métaux peuvent néanmoins être doués de propriétés très différentes. Un exemple nous servira à bien faire comprendre notre idée.

C'est une chose bien connue dans l'artillerie que les bouches à feu en bronze fabriquées aujourd'hui, ne valent pas celles fondues sous le règne de Louis XIV, par les frères Keller. Le général Gassendi le dit positivement dans son aide-mémoire, et il ne faisait que proclamer un résultat que venait de constater l'usure de nombre de pièces de canon de cette époque. Rien n'était plus facile néanmoins que de faire l'analyse du métal employé par les frères Keller, et on reconnut qu'il contenait 2 à 3 parties de zinc. M. Dusaussay, qui fit en 1825 des expériences nombreuses en vue de déterminer les avantages qui résulteraient de l'addition du zinc dans l'alliage, a conclu des résultats obtenus qu'elle ne produisait pas d'effet utile. La tradition s'était-elle trompée? Nous ne le pensons pas.

Ce n'était pas du zinc que les frères Keller ajoutaient à leur bronze, mais bien un alliage de cuivre et de zinc déjà préparé. Leurs proportions étaient : 400 parties de cuivre, 9 d'étain, 6 de laiton. Or, n'y a-t-il pas grande différence d'ajouter à un bain de cuivre et d'étain quelques centièmes de zinc, ce qui constituera un alliage ternaire, ou du laiton, composé de cuivre et de zinc intimement alliés, qui, restant unis, formeront un alliage quaternaire. Il est probable que des expériences faites dans cette direction eussent donné des résultats plus avantageux, et qu'on eût positivement reconnu (ce que les expériences ont à peine indiqué) que le mélange plus intime qui résultait de l'introduction du laiton, diminuait l'effet des liquations intérieures.

On peut par une expérience bien simple constater l'influence de l'ordre suivi dans la préparation des alliages. Qu'on combine 90 étain et 10 de cuivre, et qu'à cet alliage on ajoute 10 parties d'antimoine, ou qu'on combine 10 parties d'antimoine à 10 parties de cuivre, et qu'on ajoute 90 parties d'étain; on aura deux alliages chimiquement les mêmes, et pourtant il sera facile de reconnaître que sous tous les autres rapports, fusibilité, ténacité, etc., ils diffèrent totalement. D'où cela peut-il résulter? Evidemment de la nature de leur combinaison qui résulte de l'ordre suivi dans la préparation, et qui persiste après le mélange. L'expérience indique encore dans beaucoup de cas, notamment dans la préparation des alliages de plomb et d'antimoine, que si on élève la température de l'alliage à un degré bien supérieur au point de fusion, l'alliage devient aigre et cassant. Cela provient probablement d'alliages qui se sont formés à cette température élevée qui ne peuvent plus ensuite se redissoudre dans la masse.

ALLIAGES DIVERS. Passons en revue succinctement les principaux alliages qui ont fait l'objet de quelques travaux intéressants. On trouvera des détails plus complets sur ceux qui sont d'un grand intérêt dans l'industrie aux divers articles qui en traitent plus spécialement (VOIR BRONZE, LAITON).

Les métaux similaires n'ayant en général que des réactions insignifiantes les uns sur les autres, et donnant lieu plutôt à de simples mélanges qu'à des alliages, tandis que les métaux de nature différente donnent des produits d'un grand intérêt, il importe de grouper les métaux dans un ordre qui simplifie l'étude, au point de vue des propriétés physiques des composés.

Les métaux d'un usage réel et étendu, en ne comptant pas le platine qui ne s'emploie guère qu'à l'état de pureté, sont au nombre de 11. Ce sont les seuls dont il y ait à s'occuper au point de vue de l'application.

Nous les diviserons en cinq classes, d'après leurs propriétés physiques.

ALLIAGES.

ALLIAGES.

DURETÉ.	POINT DE FUSION.		TÉNACITÉ en nombres proportionnels.	DENSITÉ.
1° MÉTAUX CASSANTS.				
Rayé par le verre.	ANTIMOINE.	Fusible un peu au-dessus du rouge.	} presque nulle.	6,70
Rayé par le carbonate de chaux.	ARSENIC. BISMUTH.	Se volatilise au-dessous du rouge. 256° centigr.		9,82
2° MÉTAL INTERMÉDIAIRE.				
Rayé par le verre.	ZINC.	370° centigr.	4,9	7
3° MÉTAUX DUCTILES				
DANS L'ORDRE DE LEUR MOINDRE FUSIBILITÉ.				
Rayé par le verre.	FER.	430° pyromètre de Wegwood.	24	7,78
Rayé par le carbonate de chaux.	OR.	32° — — — —	6,80	19,25
— — — —	CUIVRE.	27° — — — —	43	8,89
— — — —	ARGENT.	20° — — — —	8,5	10,47
4° MÉTAUX MOUS.				
Rayé par l'ongle.	PLOMB.	322° centigr.	4	11,35
Rayé par le carbonate de chaux.	ÉTAIN.	240° centigr.	4,50	7,29
5° MÉTAL LIQUIDE.				
	MERCURE.	— — — —	—	13,56

Nous avons beaucoup emprunté pour les tableaux ci-après, à l'excellent ouvrage de M. Berthier.

ALLIAGES BINAIRES DES MÉTAUX CASSANTS. — Arsenic, l'antimoine et le bismuth, entre eux. — Les alliages de ces métaux cassants, et qui pour cette raison ne peuvent être employés seuls dans l'industrie, sont également cassants, et par suite sans usage. Aussi, si ces métaux sont souvent mélangés, c'est qu'il se ren-

contrent fréquemment ensemble dans leurs mines; car il n'y a pas d'intérêt à les allier. Les métaux cassants forment avec les autres métaux des alliages très utiles, parce qu'ils leurs donnent de la dureté sans détruire (quand ils n'entrent que dans certaines proportions) leur ténacité.

Nous les avons rassemblés dans les tableaux qui suivent.

ALLIAGES DES DIVERS MÉTAUX AVEC LES MÉTAUX CASSANTS.

Métaux combinés.

ARSENIC.
Les arsénies ont tous l'éclat métallique. Très cassants. En général très fusibles.

ANTIMOINE.
Aigrit beaucoup les métaux avec lesquels il est allié, même quand il est en très petite quantité.

BISMUTH.
Aigrit beaucoup moins les métaux avec lesquels il est allié que l'arsenic ou l'antimoine: forme des alliages en général très fusibles.

Métal intermédiaire.

ZINC. { D'une préparation difficile. Très cassant. Sans intérêt.

Très cassant. Gris d'acier; dur et très combustible.

Inconnu.

Métaux ductiles.

FER. { Blanchâtre, dur, aigre, cassure approchant de celle de l'acier, susceptible de prendre un beau poli, ce qui l'a fait employer dit-on, pour la bijouterie.

L'alliage formé d'un atome des deux métaux ou en poids de 70 ant. et 50 de fer est assez fusible, très dur, blanc. L'alliage de 2 de fer pour 1 d'ant. plus dur encore; donne des étincelles quand on le lime rapidement.

Combinaison douteuse.

OR. { Gris métallique. Très cassant.

L'antimoine a une très grande affinité pour l'or et le dissout rapidement. La moindre fumée d'ant. suffit pour altérer la ductilité de l'or. Les alliages sont jaune-pâle, à cassure grenue et mate comme celle de la porcelaine.

Effet tout à fait semblable à celui de l'antimoine. Il y a de même contraction dans l'alliage formé. Couleur jaune-verdâtre, cassure terreuse.

CUIVRE. { Le composé de 62 p. cuivre et 37 arsenic, Cu² As, est gris éclatant, très cassant, fusible au rouge, inaltérable par la chaleur. En augmentant la quantité de cuivre il devient blanchâtre, un peu ductile. Sert pour la fab. des boutons sous le nom de cuivre blanc ou tombac.

Combinaison rapide par la fusion des deux métaux. Alliages cassants. Celui formé de parties égales des deux métaux est d'une belle couleur violette.

Alliages cassants. Couleur rouge pâle.

ARGENT. { L'arsénure composé de 35 p. argent, 14 arsenic Ag² As, est gris-blanc, mat, cassant, prend l'éclat métallique par le frottement. Très fusible, indécomposable par la chaleur.

L'antimoine et l'argent ont beaucoup d'affinité. Alliages d'autant moins blancs qu'il entre plus d'antimoine. Toujours cassants.

Alliages cassants et lamelleux. Très fusibles; assez blancs. S'aplatissent un peu sous le marteau avant de se briser.

ALLIAGES DES DIVERS MÉTAUX AVEC LES MÉTAUX CASSANTS.

Métaux mous.

ARSENIC.

ANTIMOINE.

BISMUTH.

PLOMB. L'arsenic rend le plomb cassant. Les arsénures sont gris-blanc; leur cassure est lamellaire et éclatante. L'arsénure non décomposable par la chaleur, signe d'une combinaison atomique intime, est composé de 84 p. plomb et 16 arsenic, et correspond à $Pb^3 As$. L'arsénure de plomb sert pour la fabrication du plomb de chasse amené par simple fusion à la forme globulaire. L'introduction de 2 ou 3 millièmes d'arsenic détermine la formation d'un arsénure qui, se solidifiant entouré de plomb, forme de chaque gouttelette une petite sphère, sous l'influence de l'attraction intérieure partant du centre.

L'antimoine donne de la dureté au plomb, et ne le rend très cassant que quand il entre en grande proportion dans l'alliage. Celui composé de 76 p. plomb et 24 p. antimoine, correspondant à $Pb^2 Sb$ paraît le point de saturation des deux métaux. Il est plus fusible que la moyenne des composants, ductile, beaucoup plus dur que le plomb. Il sert à la fabrication des caractères d'imprimerie, sans offrir, pour les petits, toute la dureté désirable. Il se gonfle en se figeant, condition essentielle pour obtenir un moulage parfait. Quand on augmente la prop. d'antimoine, l'alliage devient bientôt très cassant, vitreux, cristallisant facilement, et se réduit en poussière sous un faible effort.

Les alliages de bismuth et de plomb, sont moins cassants, plus ductiles, que les antimonures, mais aussi moins durs. Néanmoins l'alliage de 5 p. de plomb et 2 de bismuth est encore dix fois plus dur que le plomb. — Celui composé de 66 p. de plomb et 34 de bismuth, ou $Pb^2 Bi$ a une couleur intermédiaire entre celle de l'étain et celle du plomb. Il est très ductile. Fond à 166° cent. Le point fixe de ces alliages est à 429°, c'est le point de fusion de l'alliage $Pb^2 Bi^3$. La grande fusibilité de ces alliages comme de beaucoup d'autres où, entre le bismuth rendra l'emploi de ce métal très fréquent, le jour où on l'obtiendra abondamment, à un prix peu élevé.

ÉTAIN. Composés cassants, gris, lamelleux, moins fusibles que l'étain. — 6 p. d'arsenic sur 100 d'étain suffisent pour faire cristalliser l'alliage en grandes lames comme le bismuth et ôter toute ductilité au composé.

Les alliages d'antimoine et d'étain sont aussi blancs que l'étain, beaucoup plus durs et moins ductiles. Ils deviennent cassants quand l'antimoine s'y trouve en forte proportion. L'alliage formé de 80 p. étain 20 antimoine, sert à faire tous les ustensiles en étain. Il est assez ductile pour pouvoir être réduit en planches assez dures pour servir à la gravure de la musique. Celui formé de 75 p. étain 25 antimoine, est plus dur, plus brillant, mais plus cassant que le précédent (*métal d'Alger*).

L'étain et le bismuth s'allient facilement en toutes proportions par la fusion. Les alliages ont plus de dureté, d'éclat, de sonorité que l'étain; aussi ajoute-t-on habituellement un peu de bismuth à l'étain pour les objets de luxe fabriqués avec ce métal. Les alliages sont plus fusibles que chacun des deux métaux séparés. Le point fixe des alliages est à 445°, ce qui correspond à l'alliage $Sn^3 Bi^2$.

Métal liquide.

Sans intérêt.

Sans intérêt. Alliages grenus, blancs, sans consistance.

MERCURE.

Le mercure peut dissoudre beaucoup de bismuth sans cesser d'être liquide, seulement il forme des gouttelettes allongées, et fait la queue. L'alliage de 4 p. de bismuth, 4 de mercure est très fusible, peut servir à étamer, et s'attache fortement aux corps avec lesquels il est mis en contact.

ALLIAGES DU ZINC

(Métal intermédiaire entre les métaux cassants et les métaux ductiles),
AVEC LES MÉTAUX DUCTILES, MOUS ET LIQUIDES.

Il résulte de la nature du zinc que sa présence doit durcir les métaux avec lesquels il entre en combinaison; comme il n'est pas cristallisable, et qu'il a par lui-même une certaine ténacité, il s'ensuit que cet effet sera produit sans une altération de ténacité analogue à celle que font naître les métaux cristallins ordinairement cassants. — Il est encore une circonstance importante à noter et qui rend compte de la difficulté que présente la fabrication des alliages du zinc, c'est qu'il est volatil, et que son oxydation est très rapide.

Métaux ductiles.

FER. — Alliage qui ne se produit que par une action très prolongée des deux métaux, d'une préparation directe difficile, l'un des métaux étant volatil et l'autre très réfractaire. L'action du zinc sur le fer n'est pourtant pas douteuse et a servi de base à la préparation d'une espèce de fer-blanc où l'étain est remplacé par le zinc (voyez FER GALVANISÉ).

OR. — Alliages jaunes-verdâtres, cassants, susceptibles de prendre un beau poli.

CUIVRE. — Les alliages de cuivre et zinc, appelés laiton, ou cuivre jaune, sont d'une très grande importance pour l'industrie.

Le zinc pâlit la couleur du cuivre; 20 p. de zinc, alliées à 80 p. de cuivre, forment un alliage ayant une belle couleur jaune d'or, et qui fait par cette raison la base de la bijouterie d'imitation. Quand la proportion de zinc est plus grande, la couleur devient jaune-verdâtre et passe au gris-bleuâtre, quand il entre pour plus de moitié dans l'alliage. Ces alliages sont tous plus fusibles, plus durs, plus raides, moins oxydables que le cuivre, et enfin d'un prix moins élevé. Ceux qui renferment au plus le tiers de leur poids de zinc sont très malléables et très ductiles à la température ordinaire, mais deviennent très fragiles à une chaleur un peu élevée.

ALLIAGES.

L'alliage le plus employé qui sert à fabriquer les ustensiles de ménage, les tringlos, les fils, etc., contient 2 atomes, ou 66 p. de cuivre et 1 atome ou 34 p. de zinc. On emploie des alliages renfermant moitié de leur poids de zinc pour les objets de moulerie, qui n'ont pas besoin de malléabilité et qu'il importe d'obtenir à bas prix.

ARGENT. — L'argent et le zinc se combinent facilement. Composés cassants, blancs bleuâtres ; texture grenue à grain fin. Sans emploi.

Métaux mous.

PLOMB. — Le zinc donne au plomb de la dureté et la propriété de pouvoir prendre un beau poli, sans diminuer sa malléabilité. Le composé est aussi plus tenace que le plomb et sa pesanteur spécifique plus grande que la moyenne des deux métaux.

ÉTAIN. — L'alliage d'étain et de zinc est extrêmement remarquable par sa grande dureté et sa fusibilité. Celui composé de parties égales d'étain et de zinc est presque aussi tenace que le laiton, très dur, il résiste aussi bien au frottement. Il fond de 460° à 500° et est très fluide. L'alliage composé de 4 d'étain et 2 de zinc fond de 300 à 360° ; celui composé de 4 d'étain et 3 de zinc fond de 250 à 300°.

Métal liquide.

MERCURE. — Composés blancs, très cassants ; pâteux quand le mercure est en proportion notable.

MÉTAUX DUCTILES.

ALLIAGES QU'ILS FORMENT ENTRE EUX ET AVEC LES MÉTAUX MOUS.

FER.	OR.	CUIVRE.	ARGENT.
	Le fer et l'or s'allient facilement ; l'alliage est d'une décomposition difficile. L'alliage qui renferme un douzième de fer est jaune pâle, celui qui en renferme de un cinquième à un sixième est jaune-gris. Ce dernier s'emploie dans la bijouterie sous le nom d'or gris. L'alliage qui renferme 3 ou 4 de fer pour 1 d'or est gris-blanc, très dur. Ces alliages durcissent par la trempe. Le dernier surtout pourrait servir à fabriquer des instruments tranchants.	Le cuivre et le fer ne peuvent former de véritables alliages ; on peut cependant les mélanger par la fusion, et le fer retient toujours une petite quantité de cuivre qui le rend aigre et cassant. Un dixième de cuivre combiné avec la fonte, donne un produit homogène, très dur, plus tenace que la fonte et qui peut trouver un jour un utile emploi.	Alliage douteux peu étudié.
		L'or et le cuivre s'allient en toutes proportions ; la dureté de l'alliage est plus grande que celle de l'or ; le maximum appartient à l'alliage renfermant un huitième de cuivre. Il est aussi plus fusible que l'or, et un peu moins ductile. C'est à cause de sa plus grande dureté que cet alliage remplace l'or dans les monnaies, la bijouterie,	L'or et l'argent se mélangent facilement ensemble, mais ne paraissent pas former de véritable combinaison. Ces alliages sont d'un blanc verdâtre ; un vingtième d'argent suffit pour changer la couleur de l'or. Ils sont plus fusibles que l'or, ductiles, plus durs, plus élastiques et plus sonores que l'or et que l'argent. Les bijoutiers emploient souvent l'or vert composé de 70 p. d'or et 50 p. argent qui correspond à peu près à l'alliage possédant le maximum de dureté.
		L'argent et le cuivre s'allient facilement en toutes proportions. On fait grand usage dans les arts de ces alliages, qui sont presque aussi ductiles que l'argent pur tout en ayant beaucoup plus de dureté et d'élasticité. Ils restent blancs, même quand le cuivre entre pour moitié. Le maximum de dureté appartient à l'alliage renfermant un cinquième de cuivre.	

Métaux mous.

PLOMB.	Ne paraissent pas pouvoir former d'alliages.	Alliages très cassants ; un deux millième de plomb suffit pour altérer la ductilité de l'or. L'alliage renfermant huit pour cent de plomb, est jaune pâle, extrêmement fragile. Il y a expansion dans tous ces alliages.	Ne paraissent pas pouvoir former de véritables alliages.	Le plomb et l'argent s'unissent en toutes proportions ; une très petite quantité de plomb diminue beaucoup la ductilité de l'argent. Les alliages sont cependant ductiles ; ils sont aussi plus fusibles et plus denses que la moyenne des métaux composants. Le plomb fondu dissout au rouge une grande proportion d'argent.
--------	--	--	--	---

MÉTAUX DUCTILES.

ALLIAGES QU'ILS FORMENT AVEC LES MÉTAUX MOUS.

Métaux mous

	FER.	OR.	CUIVRE.	ARGENT.
ÉTAIN.	Les alliages d'étain et de fer sont cassants. Une très petite quantité de fer suffit pour diminuer la malléabilité de l'étain, ternir sa couleur et lui donner de la dureté. L'alliage composé de 6 p. d'étain et 1 de fer, est demi-malléable à froid, cassant à chaud; il se coupe au ciseau. Son grain ressemble à celui de l'acier. Sa densité est 7,246 — Avec 10 p. d'étain et 1 p. fer, on prépare un alliage facilement fusible, dur et tenace, avantageusement employé dans la fonderie en caractères.	Les alliages d'étain et d'or sont cassants; ils conservent néanmoins quelque ductilité quand la proportion d'étain ne dépasse pas un douzième. Leur couleur est pâle ou tout à fait blanche. Ils se contractent en s'unissant.	Les alliages de cuivre et d'étain sont d'une importance extrême pour les arts à cause de leur grande ténacité, de leur dureté et de leur fusibilité. L'alliage composé de 76 p. de cuivre et 24 étain, est blanc, légèrement rose et très éclatant, cassant, à cassure conchoïde et unie. — Celui composé de 90 p. de cuivre et 10 d'étain est jaune sombre, plus fusible, beaucoup plus dur et plus tenace que le cuivre, moins oxydable à l'air, mais peu malléable. (Voyez BRONZE).	Alliages aigres, très durs, une petite quantité d'étain suffit pour détruire la ductilité de l'argent. Il y a contraction dans l'alliage.

Métal liquide.

MERCURE.	Le mercure est sans action sur le fer. C'est pour cela qu'on le renferme dans des vases de ce métal pour le transporter. — Les amalgames qu'on parvient à former ne sont pas stables.	Le mercure a une action très grande sur l'or; il le dissout rapidement et en grande quantité sans que l'amalgame cesse d'être liquide. Le point de saturation paraît être de 2 parties d'or pour une de mercure. Le composé est blanc, pâteux; il cristallise par un refroidissement lent.	Amalgames d'une préparation difficile; sans intérêt.	Le mercure se comporte envers l'argent à peu près comme envers l'or. Aussi emploie-t-on l'amalgame d'argent pour argenter de même que l'amalgame d'or pour dorcer.
----------	---	--	--	--

MÉTAUX MOUS.

ALLIAGES QU'ILS FORMENT ENTRE EUX ET AVEC LE MERCURE.

ÉTAIN.

PLOMB.

Métal liquide.

MERCURE.	Le mercure et l'étain se combinent à chaud en toute proportion, et s'amalgament même à froid. L'amalgame formé de parties égales des deux métaux est solide. — Celui formé de 10 p. de mercure et 1 d'étain est liquide et ressemble au mercure sinon qu'il est moins coulant.	Le mercure dissout le plomb à froid par trituration, et très rapidement à chaud. Il peut absorber moitié de son poids de plomb sans perdre sa liquidité. L'amalgame formé de parties égales des deux métaux est susceptible de cristalliser.
----------	--	--

ALLIAGES MULTIPLES. Les alliages binaires formant de nouveaux métaux peuvent servir eux-mêmes à préparer de nouveaux alliages jouissant de nouvelles propriétés; s'ils sont combinés de nouveau avec un métal il en résulte ordinairement un nouvel alliage binaire, dans lequel l'atome composé du premier alliage joue le rôle d'un atome simple. Si la combinaison a lieu, entre deux alliages préexistants, il se forme un nouveau composé, dans lequel un des corps joue le rôle de base et l'autre celui d'acide; corps dont les propriétés doivent être souvent bien différentes de celles du composé qu'on obtiendrait en combinant successivement chaque métal.

Il s'en faut néanmoins beaucoup que les composés

multiples aient la même importance que les alliages binaires. Ceux-ci ayant été déterminés en vue de modifier la nature du métal le plus convenable au but qu'il s'agit d'atteindre; l'addition d'un autre métal ou d'un autre alliage n'a pour but que de modifier, dans des limites encore plus restreintes, la nature du premier. Aussi les cas où les combinaisons de cette nature sont employées sont-ils peu nombreux, et le nouvel élément n'entre-t-il qu'en proportion minime dans le nouveau composé.

En général il y a avantage à faire entrer dans un alliage quelque élément nouveau, en petite quantité, dit son action propre être presque indifférente. Les effets d'affinité qu'il met en jeu tendent à maintenir un mé-

lange plus intime et s'opposent quelquefois très avantageusement aux effets de séparation qui tendent à se produire dans la masse; et par une combinaison plus intime en augmentent la densité et l'homogénéité.

Passons en revue les métaux, dans l'ordre inverse de celui dans lequel nous avons décrit les alliages, nous indiquerons les quelques cas dans lesquels l'industrie les emploie, eux ou leurs alliages binaires, dans les alliages composés.

1° MÉTAL LIQUIDE. — *Mercur.* Le mercure, dont les composés sont toujours sans consistance, ne s'emploie que pour rendre quelques alliages fusibles à une très basse température. Il suffit pour cela, dans la plupart des cas, de l'introduire dans l'alliage en très petite quantité.

MÉTAL MOUS. — 4° *Étain.* L'étain est employé pour augmenter la fusibilité et la tenacité de quelques alliages.

Le métal des caractères d'imprimerie, composé de 75 p. de plomb et 25 d'antimoine, est amélioré par l'addition de 8 à 10 p. d'étain; il acquiert plus de tenacité et le grain en devient plus fin; lorsqu'on dépasse cette proportion, l'alliage devient cristallin et cassant.

L'alliage de bismuth et de plomb est extrêmement fusible, celui à parties égales des deux métaux fond vers 465°. L'addition de l'étain en augmente encore la fusibilité; tellement que l'alliage composé de 8 p. plomb, 5 bismuth, 3 étain, fond à 94°. En variant les proportions des trois métaux, on obtient des alliages fusibles de 94 à 300°, qui sont employés à divers usages, notamment à confectionner les plaques fusibles qui s'adaptent aux chaudières à vapeur.

2° *Plomb.* Le plomb sert à donner de la sécheresse, empêche le composé de rester fibreux.

Ainsi le laiton le plus estimé par les tourneurs, contient 2 ou 3 centièmes de plomb. Il n'a plus le défaut de graisser la lime, d'empâter l'outil. Il peut alors se scier, se perforer avec netteté et précision. Ce laiton dont la malléabilité est diminuée ne vaudrait rien pour le travail au marteau.

Zinc. Le zinc en petite quantité peut durcir beaucoup les alliages dans lesquels on le fait entrer. Mais le plus souvent au lieu de l'employer directement, on emploie avec avantage le laiton, combinaison intime du zinc. Nous avons déjà dit le rôle important que nous pensions qu'il jouait dans le bronze des frères Keller. Dans la plupart des bronzes du commerce il entre des alliages de ce genre, et c'est de la proportion exacte du bronze proprement dit, du laiton et quelquefois du plomb, ainsi que de l'ordre de la combinaison, que résultent les qualités que recherchent les arts.

Ainsi une analyse de M. Berthier, faite d'un fil de Jemmapes première qualité, a donné : cuivre 0,641, zinc 0,336, plomb 0,020, étain 0,003 — 4,000.

MÉTAL DUCTILES. — 4° *Argent.* N'est pas employé comme accessoire d'autres alliages à cause de sa valeur.

2° *Cuivre.* Le cuivre à cause de la fusibilité de son alliage avec l'étain, et de la tenacité du composé, est souvent employé pour accroître la tenacité des alliages. Ainsi depuis quelques années, les fondeurs en caractères emploient avec succès, d'après nos indications, un alliage formé de 9 p. alliage de plomb et d'antimoine et 1 partie bronze formé de 9 p. étain et 1 cuivre. La résistance des caractères en est de beaucoup augmentée. — On a employé une recette analogue pour fabriquer des couverts en métal d'Alger de bonne qualité.

M. Pelouze, membre de l'Institut, essayeur à la Monnaie, a proposé de remplacer le maillechort par l'alliage de cuivre et nickel, en supprimant le zinc, qui par son oxydation pendant la préparation, le rend plus difficile et moins certain. Il a reconnu que parties égales de nickel et de cuivre donnent un métal, très dur et très malléable; d'un beau blanc et qui reçoit le plus beau poli. Avec 2 parties de cuivre et 1 de nickel on a encore

un métal qui jouit de précieuses qualités; il tire sur le rouge et se rapproche davantage de la nature du cuivre.

3° *Or.* Même observation que pour l'argent.

4° *Fer.* D'une combinaison souvent difficile. Produit un effet analogue à celui du cuivre, en donnant plus de ténacité. On a pris récemment des brevets pour des alliages de fer, nickel et cuivre, très malléables et imitant l'or. Le maillechort est beaucoup amélioré par l'introduction du fer.

MÉTALX CASSANTS. — 4° *Bismuth.* Sert à accroître la fusibilité des alliages, et quelquefois à augmenter leur éclat et leur dureté.

2° *Antimoine.* — 3° *Arsenic.* Servent à donner de la dureté et à rendre cassants les alliages avec lesquels on les combine.

SOUURES. — On réunit les pièces métalliques soit par application mécanique, soit pour le fer, en utilisant l'admirable propriété dont il jouit de se ramollir à une forte chaleur et de pouvoir alors sous l'action du marteau se réunir à la pièce qu'on applique sur lui, ce qui ne peut avoir lieu qu'avec une déformation, soit par soudure, c'est-à-dire par fusion de parties voisines du point de contact qui rétablit la continuité. On doit distinguer deux espèces de soudures :

1° *Soudures autogènes;* ce sont les soudures formées par la fusion du métal lui-même sans introduction d'aucun métal étranger. Comme en général on ne saurait fondre un point métallique sans s'exposer au danger de fondre la pièce métallique tout entière, ou au moins de la déformer considérablement dans les parties voisines du contact, on ne peut espérer réussir dans les applications de ce genre que pour les métaux facilement fusibles et au moyen d'appareils développant une chaleur très intense, de telle sorte que la fusion soit plus rapide que la propagation de la chaleur.

La soudure de l'étain peut se faire ainsi au moyen d'un fer chaud; M. Desbassys de Richemont est parvenu à l'exécuter aussi pour le plomb au moyen du dard d'un fort chalumeau, ce qui a été trouvé fort avantageux pour les soudures des plaques dont sont construites les chambres de plomb qui servent pour la fabrication de l'acide sulfurique. Dans ce cas, l'introduction d'un métal étranger fait naître des actions chimiques extrêmement nuisibles.

2° *Soudures résultant de l'introduction d'un autre métal ou alliage,* au point de contact. Pour souder deux pièces métalliques, on emploie un métal ou un alliage plus fusible que ces pièces, et ayant l'action chimique la plus forte possible sur celle-ci.

Plus on emploiera des corps dont le point de fusion sera voisin de celui des pièces métalliques à souder, meilleure sera en général la soudure, puisque les parties en contact seront amenées bien près de l'état de fusion. plus aussi la soudure sera résistante et participera de la nature des pièces soudées avec lesquelles elle aura formé de véritables alliages. La partie soudée résistera alors en général aux actions mécaniques presque autant que les autres parties, ce sera une soudure ferme.

Ce genre de soudure, généralement composé d'un alliage formé du métal à souder, combiné avec un autre métal qui le rend plus fusible, a nécessairement le défaut de forcer l'ouvrier à chauffer fortement les pièces à souder et de les détériorer par l'action du feu et quelquefois de la soudure qui attaque les parties sur lesquelles elle coule lors de la fusion. Quand cette action doit être évitée et qu'on peut pour atteindre ce résultat sacrifier quelque chose de la solidité; on emploie des soudures molles, c'est-à-dire dont le plomb et l'étain font en général la base, qui sont beaucoup plus fusibles que les métaux à réunir; mais qui ne sauraient alors supporter, à beaucoup près, les mêmes actions mécaniques que les pièces qu'elles sont destinées à réunir.

A l'article SOUDURE, on trouvera les détails de la partie mécanique de l'opération, nous nous contenterons de donner ici la composition de quelques soudures :

Soudure pour le platine, — or.

Soudure ferme pour l'or, — or, 48 parties, cuivre, 40 parties, — argent, 40 parties.

Soudure ferme pour l'argent, — argent, 66 parties, cuivre 23 parties, zinc, 40 parties.

Soudure pour fer, — cuivre rouge.

Pour les petites pièces on emploie une soudure plus fusible composée de cuivre 67, zinc, 33.

Quelquefois on emploie pour soudure molle l'étain, mais elle est sans solidité.

Soudure pour le plomb, — soudure des plombiers, plomb 2 parties, étain 4 p.

Soudure pour le fer-blanc, — plomb 7 parties, étain 4 p.

Soudure pour le cuivre, — étain pour les pièces qui ne doivent pas aller au feu. — Pour les autres un laiton très chargé de zinc.

APPLICATION D'UN MÉTAL SUR UN AUTRE. — L'étude des alliages ne saurait être complète, sans celle des applications d'un métal en couche mince sur un autre qui donnent lieu à nombre d'industries d'une grande importance. Nous ne parlerons pas ici du travail de deux métaux, tous deux d'une certaine épaisseur, soudés ensemble, à cause des détails que l'on trouvera à l'article PLAQUÉ. Nous dirons seulement que l'adhérence d'un métal sur un autre ne peut avoir lieu avec solidité qu'autant qu'il y a combinaison entre les deux métaux juxtaposés, et ne peut réussir qu'autant qu'ils peuvent s'allier ensemble; dans le cas contraire, il faut en général faire d'abord l'application d'un métal intermédiaire ayant affinité pour les deux métaux.

L'application d'un second métal en couche mince à la surface d'un premier métal forme un composé ayant toutes les propriétés intérieures du premier, c'est-à-dire dureté, tenacité, etc., et jouissant de toutes les propriétés extérieures du second, savoir : Éclat, oxydation difficile, etc., suivant les divers besoins auxquels il s'agit de satisfaire. (Voir **ÉTAMAGE, DORURE.**)

Ainsi, le bronze se moule avec facilité, est d'un prix modéré, mais ne peut prendre qu'un faible éclat; doré ou argenté, il offre toute l'apparence de l'or ou de l'argent. Ainsi, les objets en fer ou en acier, c'est-à-dire durs, tranchants, mais oxydables à l'air, peuvent devenir inaltérables s'ils sont recouverts d'or ou d'argent.

EMPLOI DE LA CHALEUR. Si l'on plonge un métal bien décapé dans un métal fondu, pour lequel il ait de l'affinité, il se fera un alliage à la surface, et la pièce, retirée du bain et bien essuyée, sera recouverte d'une couche du métal composant le bain.

On prépare de la sorte le FER-BLANC et le FER GALVANISÉ au moyen de bains d'étain et de zinc, dans le but de rendre la tôle de fer inoxydable. On étame de même les vaisseaux de cuivre et de laiton employés dans l'économie domestique.

L'or et l'argent étant difficilement fusibles, et l'emploi du procédé ci-dessus donnant toujours lieu à l'application de couches fort épaisses, on emploie pour DORER et ARGENTER l'intermédiaire du mercure. On prépare, au moyen de ce métal, un amalgame pâteux qui, appliqué en couches minces sur la pièce bien décapée, est chauffé dans un four. Le mercure, en se volatilissant, laisse déposer une couche très mince d'or ou d'argent qui adhère fortement à la pièce métallique, pour peu que l'or, l'argent ou le mercure aient d'affinité pour ce métal. C'est ainsi qu'on dore et qu'on argenté le cuivre, le laiton et le bronze.

Le fer prend mal la dorure et l'argenture par ce procédé, quand on n'a pas soin de faire d'abord déposer à sa surface une légère pellicule de cuivre, ce qui se fait en plongeant la pièce en fer dans une dissolution acide d'un sel de cuivre.

APPLICATION PAR VOIE HUMIDE. On peut quelquefois faire déposer une couche infiniment mince d'un métal à la surface d'un autre métal, par la réaction de liqueurs contenant le premier en dissolution. Ce procédé est en général très économique.

Dans la fabrication des épingles on étame le laiton par le procédé suivant :

On place dans une bassine des couches successives d'épingles, d'étain en grenailles et de crème de tartre. On ajoute un peu d'eau et on fait bouillir pendant une heure, après laquelle l'étamage est parfait.

La crème de tartre dissout l'étain avec dégagement d'hydrogène; il se forme un tartrate double de protoxyde d'étain et de potasse. Le zinc de la surface du laiton décompose ce sel, et l'étain se précipite à la surface.

M. Elkington est parvenu à exécuter par voie humide une dorure très précieuse pour la fabrication de la fusse bijouterie, par l'économie que procure la simplicité du procédé et la minime épaisseur de la couche d'or qu'il permet de déposer à la surface des objets.

L'or est dissous dans l'eau régale, ce qui le convertit en perchlorure d'or; on mêle celui-ci avec un grand excès de bicarbonate de potasse (sel qui contient toujours quelques traces de matières organiques), et on fait bouillir pendant assez longtemps ce qui paraît convertir le sel en protochlorure. Les pièces de bronze, laiton ou cuivre, bien décapées, sont plongées dans la liqueur bouillante, et la dorure s'applique immédiatement, tandis qu'une portion de cuivre se dissout pour remplacer l'or qui se précipite. Voy. **DORURE.**

APPLICATION AU MOYEN DE LA PILE GALVANIQUE. Un nouvel art, basé sur l'emploi de la pile galvanique, est venu fournir une brillante et complète solution de la question de l'application d'un métal quelconque sur un autre, et peut être considéré comme un admirable progrès, surtout quand on pense à tous les dangers et à toutes les maladies qu'entraîne, pour les doreurs, l'emploi du mercure.

Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter au rapport de M. Dumas, qui a si brillamment inauguré cette nouvelle industrie, la description des procédés employés. Disons seulement que l'expérience a paru prouver que la dorure obtenue par ce procédé n'était pas aussi continue que celle obtenue par le mercure, et qu'elle ne forme qu'une espèce de réseau extrêmement serré, de sorte qu'on doit y attacher moins d'importance pour les cas où il s'agit de préserver les corps d'actions chimiques que pour ceux où il s'agit de décorations, qui sont, au reste, les plus fréquents. On a pu apprécier aux expositions de l'industrie, l'immense développement que cette industrie a pris entre les mains de M. Cristofle et C^{ie}, et s'assurer que le nouveau procédé pouvait parfaitement répondre à tous les besoins de l'industrie.

Dorure. M. de la Rive, qui parvint le premier à dorer, au moyen de la pile, après avoir dissous l'or, plongeait les deux pôles d'une pile à courant constant dans la dissolution obtenue, l'objet à dorer étant suspendu au pôle négatif, où l'or venait se déposer.

La dorure n'est solide qu'autant qu'on emploie certaines dissolutions. M. Elkington emploie une dissolution formée de 34^g,25 d'or converti en oxyde, 5 hectog. de cyanure de potassium et 4 litres d'eau. M. de Ruolz, en étudiant beaucoup de dissolutions différentes, montra qu'on devait préférer au cyanure, sel coûteux et difficile à conserver, plusieurs dissolutions plus faciles à obtenir, et surtout le sulfure d'or dissous dans le sulfure de potassium neutre. Le chlorure double d'or et de sodium dissous dans la soude, et le chlorure double d'or et de potassium dissous dans le cyanure de potassium, réussissent également bien.

Mais laissons parler le savant M. Dumas, dont le rapport a été reçu à son apparition comme un des

travaux les plus remarquables de chimie industrielle :

« Les trois dissolutions ci-dessus permettent de doror tous les métaux en usage dans le commerce, et même des métaux qui, jusqu'ici, n'y ont pas été employés.

« Ainsi l'on peut doror le platine, soit sur toute sa surface, soit sur certaines parties, de manière à obtenir des dessins d'or sur un fond de platine.

« L'argent se dore si aisément, si régulièrement et avec des couleurs si pures et si belles, qu'il est permis de croire qu'à l'avenir tout le vermeil s'obtiendra de la sorte. On varie à volonté l'épaisseur de la couche d'or, sa couleur même. On peut faire sur la même pièce des mélanges de mat et de poli. Enfin, on dore avec une égale facilité les pièces à grande dimension, les pièces plates ou à reliefs, les pièces creuses ou gravées et les filaments les plus déliés.

« Tout ce qu'on vient de dire de l'argent, il faut le répéter du cuivre, du laiton, du bronze. Rien de plus aisé, de plus régulier que la dorure des objets de diverse nature que le commerce fabrique avec ces trois métaux. Tantôt l'or, appliqué en pellicules excessivement minces, constitue un simple vernis propre à garantir ces objets de l'oxydation; tantôt, appliqué en couches plus épaisses, il est destiné à résister, en outre, au frottement et à l'usage. Par un artifice très simple, on peut varier l'épaisseur de la couche d'or, la laisser mince partout où l'action de l'air est seule à craindre, l'épaissir, au contraire, là où il importe d'empêcher les dégradations dues au frottement. La bijouterie tirera grand parti de ces moyens.

« Le packfong prend très bien la dorure par ce procédé, et il devient facile de convertir en vermeil les couverts en packfong, déjà assez répandus et qui ne sont pas sans danger.

« L'acier, le fer se dorornt bien et solidement par cette méthode, qui n'a aucun rapport, à cet égard, avec les procédés si imparfaits de dorure sur fer ou acier; seulement il faut commencer par mettre sur le fer ou l'acier une pellicule cuivreuse. Les couteaux de dessert, les instruments de laboratoire, les instruments de chirurgie, les armes, les montures de lunettes et une foule d'objets en acier ou en fer recevront ce vernis d'or avec économie et facilité. Nous avons constaté que divers objets de cette nature avaient été reçus avec une vive satisfaction par le commerce. L'emploi des couteaux dorés à l'usage habituel nous a fait voir d'ailleurs que cette application était de nature à résister à un long usage, quand la couche d'or était un peu épaisse.

« L'étain a été, sous ce rapport, l'objet d'expériences très intéressantes de M. de Ruolz. Il s'est assuré qu'il ne se dore pas très bien par lui-même; mais vient-on à le couvrir d'une pellicule infiniment mince de cuivre, au moyen de la pile et d'une dissolution cuivreuse, des lors il se dore aussi aisément que l'argent. Le vermeil d'étain est même d'une telle beauté, qu'on peut assurer que le commerce saura trouver d'utiles débouchés à ce nouveau produit; quoiqu'il soit de notre devoir d'ajouter qu'à raison du prix élevé de l'or il devient difficile de mettre sur des couverts d'étain une couche d'or suffisante pour les rendre durables, sans élever trop leur prix.

« La commission a mis un grand intérêt à s'éclairer d'une manière précise, sur les circonstances de l'opération au moyen de laquelle on applique l'or sur les divers métaux. Diverses questions se présentaient: pouvait-on, en effet, augmenter à volonté l'épaisseur de la couche d'or de manière à produire les mêmes effets qu'au moyen du mercure, ou même de manière à aller plus loin? Le dépôt du métal se faisait-il régulièrement ou d'une manière variable? Quelle était la part de la température du liquide, de sa concentration, du nombre des éléments de la pile, de la nature des métaux employés?

« 1° La précipitation de l'or est régulière; elle est

exactement proportionnelle au temps de l'immersion: circonstance précieuse qui permet de juger de l'épaisseur de la dorure par la durée de l'opération et de la varier à volonté, comme l'ont parfaitement prouvé nos expériences. (Voy. le Compte-Rendu.)

« *Argenture.* — Tout ce que nous venons de dire des applications de l'or, il faut le répéter de celles de l'argent. M. de Ruolz est également parvenu, au moyen du cyanure d'argent dissous dans le cyanure de potassium, à appliquer l'argent avec la plus grande facilité.

« L'argent peut s'appliquer sur l'or et sur le platine, comme affaire de goût et d'ornement.

« Il s'applique très bien aussi sur laiton, bronze et cuivre, de manière à remplacer le plaqué.

« On argente aisément aussi l'étain, le fer, l'acier.

« L'application de l'argent sur le cuivre ou le laiton se fait avec une telle facilité, qu'elle est destinée à remplacer toutes les méthodes d'argenture au pouce, d'argenture par voie humide, et même en bien des cas la fabrication du plaqué.

« L'argent s'applique très bien sur l'étain. Il fournit ainsi le moyen de faire disparaître, à bon marché, l'odeur désagréable des couverts d'étain, en leur donnant d'ailleurs l'aspect et toutes les propriétés extérieures des couverts d'argent. Ce serait là, sans nul doute, une des circonstances les plus importantes des procédés qui nous occupent, si à la place de l'étain, comme corps de la pièce, on pouvait substituer un autre métal plus économique et plus solide.

« Il s'agit du fer ou même de la fonte. Ces métaux, façonnés en couverts et revêtus d'une couche d'argent, permettront de populariser en France, par leur bon marché, des objets déjà usuels en Angleterre. On fabrique, en effet, par d'autres procédés bien plus chers et bien moins parfaits, beaucoup de couverts en fer argenté à Birmingham, et leur usage est habituel dans la plupart des familles en Angleterre. L'expérience en est donc faite, et la Commission a vu avec le plus vif intérêt les procédés de M. de Ruolz fournir une argenture égale et parfaite, sur fer, acier ou fonte, comme le prouvent les objets mis sous les yeux de l'Académie.

« Tout en reconnaissant que l'étain peut s'argenter sans difficulté, il semblerait plus convenable aux vrais intérêts du consommateur de faire des couverts en fer ou fonte argentée, et de réserver l'étain argenté pour des pièces destinées à des manègements moins fréquents, et surtout pour des pièces obtenues par des moulages délicats.

« *Platinure.* — Au premier abord, d'après l'analogie qui existe entre le platine et l'or à beaucoup d'égards, on aurait pu croire que le platine s'appliquerait aussi facilement que l'or sur les divers métaux déjà cités. Cependant ce résultat a offert de graves difficultés pendant longtemps, par la lenteur avec laquelle il obéissait à l'action de la pile. Il fallait avec les dissolutions dans les cyanures, par exemple, donner à l'expérience une durée cent ou deux cents fois plus longue pour le platine que pour l'argent ou l'or, à égales épaisseurs.

« Mais en faisant usage de chlorure double de platine et de potassium dissous dans la potasse caustique, on obtient une liqueur qui permet de platiner avec la même facilité et la même promptitude que lorsqu'il s'agit de doror ou d'argenter.

« Nous n'insisterons pas sur les applications très variées que le platine pourra recevoir dans cette nouvelle direction.

« Comme le platine ainsi appliqué peut s'obtenir de la dissolution brute de la mine de platine, et que les métaux qui accompagnent le platine ne nuisent en rien à l'effet, on voit que le platine en cette occasion coûte à peine autant que l'argent lui-même, car l'expérience prouve qu'à épaisseur moitié moindre, il préserve aussi bien. Il en résulte évidemment que les usages du pla-

tine, trop peu nombreux jusqu'ici pour la production possible de ce métal, vont s'étendre sans limites et lui ouvrir des débouchés certains.

« L'extensibilité extraordinaire de l'or est bien connue; elle a déjà fixé l'attention de Réaumur et de beaucoup de physiciens depuis que cet illustre naturaliste a fait connaître ses observations. Mais on pouvait admettre que le platine ne jouissait pas de la même faculté, ou que du moins son extensibilité était bien tendre.

« Il n'est donc pas sans quelque intérêt de faire remarquer qu'avec 4 seul milligr. de platine, on couvre uniformément une surface de 50 centim. carrés; ce qui correspond à une épaisseur de $\frac{1}{100000}$ de millim., analogue, comme on voit, aux pellicules les plus ténues dont nous puissions nous faire une idée juste par l'observation directe.

« *Cuivrage.* M. de Ruolz ne s'est pas borné à l'application des métaux précieux. Étendant ses procédés à tous les métaux utilisables, il a essayé de cuivrer, de zinquer, de plomber divers métaux usuels.

« Il est évident, en tous cas, que la tôle, le fer, la fonte naturelle ou douce, peuvent recevoir par le cuivrage toutes les propriétés du cuivre en ce qui concerne la couleur, le poli, la résistance à l'air, et que par la nature même de la matière intérieure le bas prix du produit se trouve garanti.

« On cuivre, comme on argente, au moyen du cyanure de cuivre dissous dans les cyanures alcalins; mais la précipitation du cuivre est plus difficile que celle des métaux précieux. Du reste, ce que nous venons de dire du platine montre combien l'influence de la dissolution peut être grande à cet égard.

« Le cuivre précipité sur le fer peut directement servir à le préserver, à donner une belle apparence aux objets de serrurerie, aux balcons, balustrades, grilles, ustensiles de cheminées, etc.

« Il peut, en outre, nous nous en sommes assurés, permettre de renfermer le fer dans une enveloppe ou fourreau de laiton. Il suffit de faire déposer sur le fer ou la fonte, du cuivre et du zinc, puis de chauffer la pièce au rouge dans du charbon en poudre. Le laiton se produit et constitue un vernis métallique moins altérable que le cuivre et d'une couleur qu'on peut varier à volonté.

« Du reste, toutes les fois qu'on voudra faire la dépense de combustible qu'exige cette dernière opération, on pourra produire sur les métaux des dépôts d'alliages aussi aisément que des dépôts de métaux purs. C'est un point de vue dont M. de Ruolz ne s'est pas occupé, mais que nous recommandons à son zèle et à sa pénétration.

« *Plombage.* En agissant sur la dissolution d'oxyde de plomb dans la potasse, au moyen de la pile, on plombe la tôle, le fer, et en général tous les métaux.

« Du reste, il est bien peu de circonstances où le plomb mérite par lui-même la préférence sur d'autres métaux, si ce n'est par son bas prix et son maniement facile. Les nouveaux procédés qui nous occupent auront donc plutôt pour objet d'éviter l'emploi du plomb que de le provoquer. »

Le rapport de M. Dumas comprend ensuite les applications de l'étain, du cobalt, du zinc, par des procédés analogues; mais l'industrie n'a jusqu'à ce jour tiré aucun résultat utile d'un procédé aussi compliqué pour déposer des métaux facilement altérables par le frottement. Nous traiterons à l'article *ÉTAMAGE* des travaux utiles faits dans cette direction.

Si l'on se reporte à l'article *DORURE*, où M. Barral a fort bien analysé tout ce qui se rapporte à ces opérations, on comprendra facilement comment l'emploi des cyanures a été la découverte qui a permis d'obte-

nir la dorure à la pile, dans des conditions de solidité convenable.

La concurrence s'est attachée à trouver des composés différents de ceux employés par M. Elkington, un corps qui pût remplacer les cyanures. Le seul résultat positif en ce genre est celui obtenu par M. Roseleur, qui a proposé les pyro-phosphates.

DES RECHERCHES A FAIRE SUR LES ALLIAGES.
Nous avons cherché dans le travail qui précède à grouper tous les résultats importants que la science possède aujourd'hui sur les alliages. Ils ne sont pas, comme on le voit, en quantité suffisante pour éclairer tous les problèmes que présente la pratique. En effet, la fabrication d'un alliage, ayant des propriétés déterminées, est souvent capitale, et ce n'est que par tâtonnement que l'on s'efforce d'y parvenir le plus souvent.

Si l'on cherche comment il se fait que le nombre considérable de recherches qui ont dû être faites dans cette direction n'ait pas conduit à de meilleurs résultats, on trouvera bientôt que la cause en est que toutes les recherches faites sur ces questions ne sont pas comparables, sont en dehors de toute méthode scientifique, et que, par suite, les recherches successives n'ajoutent rien au domaine de la science. Il n'y a pas de mesure, et par suite pas de science véritable.

Pretons, pour rendre notre idée sensible, le résultat d'une expérience faite par une des personnes qui ont le mieux étudié les alliages, M. Guettier, auteur d'un ouvrage sur la fonderie :

« Alliages : Etain, zinc.
« N° 4. Etain, 30; zinc, 70. — Texture d'un blanc terné. — Tassement moyen. — Casse aisément. — « Cassures à larges facettes, plus brillantes que celles du zinc. — Sec à limer. — Prend à la lime un poli bleuâtre. — Ecclate sous le burin. — Sonne peu. — « Traces de cristallisation à la surface. »

Comment de semblables expériences déduire quelque résultat précis de la part qui revient à chaque métal dans la constitution de l'alliage?

Si au contraire on étudiait concurremment la résistance à la rupture des métaux constituants et des alliages successifs, on aurait des chiffres, des nombres mesurant la résistance, permettant de déduire d'expériences faites des résultats nouveaux pour les cas qui se présenteraient. Savoir qu'un alliage *casse aisément*, c'est ne rien savoir; savoir qu'il rompt sous des charges plus ou moins fortes, pour un millimètre carré, c'est en connaître la valeur industrielle dans la plupart des cas.

Nous ne voulons pas insister à cet égard, car pour de semblables travaux c'est peu de dire ce qui est à faire si on ne les exécute pas. Malheureusement le temps nous a manqué jusqu'ici pour les effectuer, et nous serions heureux de pouvoir contribuer à faire entrer les expérimentateurs dans la seule voie qui peut mener à des résultats utiles.

Une seule série d'expériences bien faites sur des alliages où la quantité de l'un des métaux composants varierait, donnerait un modèle d'expérimentation, et bientôt, par le dévouement des savants et des ingénieurs, la science se compléterait et fournirait des ressources très importantes à l'industrie.

CH. LABOULAYE.

ALLUMETTES. Les allumettes se fabriquent en immergeant dans du soufre fondu de petits morceaux de bois bien sec, d'un décimètre environ de longueur, des chenevottes, des roseaux, ou tout autre matière de nature organique d'une facile combustion. On emploie de préférence le bois de tremble que l'on fend dans la direction de ses fibres et que l'on fait ensuite sécher dans une étuve ou un four.

On se sert encore un peu aujourd'hui des allu-

ALLUMETTES.

mettes dites *oxygénées*, qui sont d'un usage très commode en ce qu'il suffit, pour les enflammer, d'en plonger l'extrémité dans un petit flacon rempli d'amiante lumineuse avec de l'acide sulfurique concentré.

La pâte employée à leur préparation consiste ordinairement en un mélange de 1 partie en poids de soufre et de 3 parties de chlorate de potasse; mélange que l'on ne doit faire qu'avec les plus grandes précautions; après avoir séparément pulvérisé les matières aussi fin que possible, et au moyen d'une carte sur une feuille de papier, afin d'éviter des explosions qui pourraient arriver si l'on broyait les matières ensemble dans un mortier. On ajoute à la poudre un peu de lycopode, on la réduit ensuite en pâte molle à l'aide d'une dissolution de gomme adragante, et l'on colore la masse soit en bleu avec un peu d'indigo, soit en rouge avec un peu de cinabre ou de minium; après quoi on y plonge une à une les allumettes, que l'on pique ensuite par le bout non imprégné, dans un bain de sable où on les laisse sécher.

On peut encore se procurer facilement de la lumière en se servant de phosphore que l'on fond dans un petit tube de plomb ou de verre, avec un peu de magnésie, de sable ou d'oxyde de fer, en ayant soin d'agiter continuellement le mélange pendant toute la durée de son refroidissement. On ferme ensuite le tube avec un bouchon de plomb ou de liège qui doit s'y adapter exactement. Il suffit pour avoir du feu de plonger dans ce briquet un petit morceau de bois quelconque, une allumette ordinaire, le phosphore très divisé s'y enflamme aussitôt qu'il arrive au contact de l'air, et la combustion se communique immédiatement au bois.

Nous terminerons cet article en décrivant le mode de préparation des allumettes chimiques, dont l'usage est actuellement devenu général.

Pour fabriquer les allumettes *sans explosion*, préférées aujourd'hui parce qu'elles ne lancent pas des parcelles de phosphore, on opère comme suit :

Après avoir imprégné de soufre l'extrémité des allumettes, desséchées au feu, on en garnit les extrémités d'une des deux compositions dont nous empruntons la recette à M. Payen :

	Pâte à la colle.	Pâte à la gomme.
Phosphore.	2,5	2,5
Colle forte.	2	2,5
Eau.	4,5	3
Sable fin.	2	2
Ocre rouge.	0,5	0,5
Vermillon.	0,4	0,4

On peut substituer à ces deux substances colorantes 0,05 de bleu de Prusse.

On prépare le mélange à chaud, au bain-marie, pour la pâte à la colle, et à froid pour celle à la gomme. On incorpore le sable fin et la substance colorante avec la colle ou la gomme avant de mettre le phosphore, puis on étend la pâte, bien battue en émulsion et refroidie, sur une table de fonte à l'aide d'une règle. La table de fonte est entretenue à une température de 30° environ par un bain-marie placé en dessous. On plonge les allumettes soufrées dans cette pâte pour qu'elles en soient imprégnées.

Dès que les allumettes sont munies de la pâte, on pose verticalement ou horizontalement les cadres qui les contiennent entre des montants, afin que la dessiccation commence à l'air. On la termine à l'étuve chauffée régulièrement par une circulation de vapeur ou d'eau chaude, car des tuyaux de poêles chauffant toujours certains filets d'air à une température élevée, mettent souvent le feu aux allumettes.

Allumettes sans soufre. On a réussi avec assez de succès à préparer des allumettes sans soufre, afin d'éviter l'odeur désagréable de l'acide sulfureux. Pour cela, on dessèche jusqu'à les faire roussir l'extrémité

ALOËS.

des allumettes placées sur une plaque de fonte chauffée, puis on les pose dans un bassin portant une couche mince d'acide stéarique fondu.

Comme l'acide stéarique est moins facilement inflammable que le soufre, il est bon d'ajouter à la pâte gommeuse un corps très oxydé, tel que du minium.

Allumettes-bougies. On rencontre encore une autre sorte d'allumettes, qui offre l'avantage de durer quelques minutes, de pouvoir servir comme de petites bougies.

Elles se fabriquent très simplement au moyen d'un système analogue à un métier à tisser : 400 ou 200 mèches composées de brins de coton non tordus se déroulent d'un cylindre et sont maintenues écartées par un peigne. Elles passent dans un bain de cire fondue et dans une filière qui régularise la couche de cire. Un couteau mécanique coupe d'un coup toutes ces bougies suivant la longueur voulue; elles sont ensuite garnies de pâte inflammable de la même manière que les allumettes en bois.

ALOËS. Une série d'expériences ont été faites, il y a peu d'années à Paris, pour vérifier la force comparative de câbles faits les uns avec du chanvre, les autres avec de l'aloès tiré de l'Algérie; et l'on dit que ces essais ont été entièrement à l'avantage de l'aloès. Pour des câbles de même grosseur, ceux d'aloès ont soutenu un poids de 2,000 kilogr.; tandis que ceux qui étaient faits de chanvre n'ont supporté qu'un poids de 400 kilogr. On remarquait, il y a quelques années, à l'exposition de l'industrie nationale de Bruxelles, des câbles d'aloès signalés comme étant de beaucoup préférables à ceux de chanvre (VOY. CABLE).

ALUDEL. Vaisseaux en forme de poire, ouverts par chaque bout, dont on forme un tuyau continu, en les enfilant à la suite, ainsi que cela se pratique en Espagne pour la distillation du mercure (VOYEZ MERCURE).

ALUMINE. L'alumine pure est encore à peine connue dans le commerce, et cependant il n'est pas douteux que cette substance ne soit destinée à jouer un rôle important dans les industries chimiques; elle remplacera avec avantage l'alun et même le sulfate d'alumine dans quelques applications considérables. En effet dans ces sels, l'alumine est le seul produit utile au consommateur; or, l'alun n'en renferme que 40 à 42 pour 400, et le sulfate d'alumine 47 à 48. Les frais de transport seraient donc diminués de plus des quatre cinquièmes, par l'emploi du nouveau produit. Mais l'avantage le plus grand est certainement celui de pouvoir transformer à volonté et avec une grande facilité l'alumine pure en sulfate, en acétate ou en chlorure, en la dissolvant dans l'acide sulfurique, dans l'acide acétique ou dans l'acide hydrochlorique. Cet avantage est évident surtout pour la préparation de l'acétate d'alumine dont l'emploi est général dans les fabriques de toiles peintes, et que l'on obtient aujourd'hui par la double décomposition de l'alun et de l'acétate de plomb (VOYEZ ACÉTATES). En traitant directement l'alumine par l'acide acétique, on éviterait cette préparation rendue très coûteuse par l'emploi du sel plombeux.

Voici le procédé que l'on emploie pour préparer le peu d'alumine pure que les fabriques de produits chimiques livrent au commerce : on traite le sulfate d'alumine, dissous dans l'eau de manière à marquer seulement 8 ou 40° à l'aréomètre de Baumé, par une dissolution de cristaux de carbonate de soude; pour 400 kil. de sulfate d'alumine du commerce, contenant 47 kilogr. d'alumine, on emploie à peu près 400 kilogr. de carbonate de soude, de manière en un mot à saturer tout l'acide du sulfate; dans cette réaction, la soude déplace l'alumine qui se précipite, il se forme du sulfate de soude et il y a dégagement d'acide carbonique. Lorsque l'alumine est suffisamment précipitée, on décante la dissolution de sulfate de soude, on recueille le dépôt, on le lave pour enlever les dernières traces de sulfate de soude,

on le fait égoutter, on le dessèche à une assez basse température, et on le calcine très légèrement jusqu'à ce qu'il ne retienne plus à peu près que 10 pour 100 d'eau. Si l'on poussait plus loin la dessiccation, l'alumine, comme on le sait, deviendrait difficilement attaquant par les acides. La dissolution de sulfate de soude est évaporée dans des chaudières en plomb, ou même en tôle, et on doit terminer sa dessiccation sur la tôle d'un four à réverbère. Dans ce procédé, il est évident que le carbonate de soude employé est à peu près complètement perdu; en effet 400 kilogr. de carbonate cristallisé coûtent 33 fr., on en retire à peu près 50 kilogr. de sulfate sec à 16 fr. les 400 kilogr., soit 8 fr.; la perte est donc des trois quarts. Or, comme il faut près de 500 kil. de carbonate de soude pour produire 400 kil. d'alumine, on voit que le prix de revient de cette dernière en est sensiblement augmenté; malgré ces frais considérables, les teinturiers trouvent déjà de l'avantage à préparer leur acétate avec l'alumine pure plutôt qu'avec l'alun; si donc on parvient par un procédé quelconque à éviter la perte de la soude, il est évident que les débouchés ne pourront que s'agrandir. Les fabricants doivent diriger leurs recherches sur ce point important, car il nous paraît probable que l'avenir des aluns et du sulfate d'alumine est en grande partie subordonné à celui de l'alumine pure.

ALUMINE (sulfate d'). Le sulfate neutre d'alumine est composé de 3 équivalents d'acide sulfurique, d'un équivalent d'oxyde d'aluminium et de 48 équivalents d'eau; ou bien, 100 de sulfate renferment : 36 pour 100 d'acide sulfurique anhydre, 15 pour 100 d'alumine et 49 d'eau. Ce sel est très soluble, déliquescant même, en sorte qu'il est impossible de le faire bien cristalliser en grand. On l'obtient et on le livre au commerce en morceaux amorphes.

Le sulfate d'alumine est un produit tout nouveau dans l'industrie, et qui a pris en deux ou trois ans une grande extension. Il est destiné à remplacer les aluns à base de potasse ou d'ammoniaque, qui en définitive n'agissent que par l'alumine qu'ils contiennent. L'emploi du sulfate d'alumine présente donc cela d'avantageux, qu'il économise tout à fait les sulfates de potasse ou d'ammoniaque qui entrent dans la composition des aluns, et que par conséquent l'alumine qu'il contient revient à un prix beaucoup moins élevé que celle de ces sels doubles.

Malheureusement, il y a un revers à la médaille : le sulfate d'alumine que l'on trouve dans le commerce n'a pas toujours une composition identique; souvent il renferme un grand excès d'acide sulfurique et une quantité d'eau plus ou moins considérable. L'alun cristallisé, au contraire, a une composition invariable et qui ne dépend pas de la volonté ou de l'habileté des ouvriers.

Un autre inconvénient du sulfate d'alumine, que n'ont pas les aluns, c'est que les qualités ordinaires contiennent toujours une petite proportion de fer, très nuisible dans quelques applications; on peut, il est vrai, enlever complètement ce métal, mais le procédé est assez coûteux, et nous ne croyons pas qu'il soit encore applicable aux qualités à bas prix.

Les restrictions que nous venons de poser prouvent que la fabrication qui va nous occuper a encore des progrès à faire; mais il n'en est pas moins certain que le sulfate d'alumine, préparé avec soin, est un produit qui remplace l'alun avec avantage dans plusieurs circonstances.

En principe, la préparation du sulfate d'alumine consiste à traiter une argile par l'acide sulfurique, à lessiver le produit de manière à séparer les substances insolubles, à précipiter le fer, enfin à évaporer la dissolution de sulfate jusqu'au degré nécessaire pour qu'il puisse se prendre en masse, par le refroidissement.

L'argile que l'on emploie doit être riche en alumine et très pauvre en fer; à Paris, on fait généralement

usage de l'argile de Vanvres. La première opération qu'elle doit subir est un lavage par décantation qui doit séparer le sable, les cailloux et en général les substances inutiles. L'argile est ensuite soumise à une dessiccation dans un four à réverbère; la température ne doit pas être trop élevée, parce que dans ce cas l'argile serait difficilement attaquant par l'acide sulfurique; 4,000 kilog. d'argile brute sont réduits, après la dessiccation, à 800 kilog. L'argile sèche et concassée est placée dans des cuves ou bacs doublés de plomb; on la délaie avec 4,125 kilog. d'acide sulfurique à 53° Baumé, et on laisse séjourner le mélange pendant vingt-quatre heures; au bout de ce temps, on le porte dans une chaudière ou *bastringue* en plomb, où l'on termine l'attaque en élevant la température jusqu'à l'ébullition. La chaudière en plomb n'a que 30 à 40 centimètres de profondeur sur une grande surface; on peut la fermer au moyen d'un couvercle doublé de plomb, que l'on lute tout autour.

La flamme du foyer s'introduit d'abord sous le couvercle de la chaudière, de manière à lécher la surface de la matière; puis on fait revenir en dessous de la chaudière les produits de la combustion, qui entraînent avec eux toutes les vapeurs acides développées pendant l'attaque.

On emploie du bois pour chauffer la *bastringue*; il salit moins la matière et il donne une chaleur plus uniforme.

L'attaque dure de huit à dix heures, et on obtient environ 4,904 kilog. de sulfate d'alumine brut pour les 800 kilog. d'argile sèche employée, soit 100 kilog. pour 42 kilog. de glaise sèche; l'attaque ne se termine pas entièrement dans la *bastringue*: au sortir de celle-ci, le sulfate brut est porté dans un four à réverbère, où l'on élève la température plus qu'on ne peut le faire dans une chaudière en plomb, mais cependant pas assez pour le décomposer.

Il s'agit maintenant de dissoudre le sulfate brut, pour le séparer de toutes les matières insolubles; le lessivage se fait méthodiquement dans un système de quatre cuiviers doublés de plomb, et on amène ainsi la dissolution à 21° Baumé, si on ne veut pas précipiter le fer. Si, au contraire, on veut obtenir du sulfate parfaitement pur, la dissolution n'a pas besoin d'être aussi concentrée, dans ce cas, on traite la liqueur par une dissolution de prussiate de potasse, qui précipite tout le fer à l'état de bleu de Prusse. Cette précipitation se fait dans de grands bacs doublés de plomb; si la dissolution de sulfate d'alumine était trop concentrée, le bleu de Prusse se déposerait difficilement.

Au bout de huit à dix heures de repos, on décante le liquide clair, qui ne contient plus alors que du sulfate d'alumine et quelques sels incolores en minime quantité; il ne reste plus qu'à l'évaporer pour l'amener à l'état solide.

L'évaporation de la liqueur se fait dans des chaudières en plomb ordinaires, si ce n'est qu'à l'une de leurs extrémités elles sont munies d'une large soupape, qui sert à en évacuer le contenu. L'évaporation doit être poussée jusqu'au moment où un échantillon pris avec une spatule se prend en masse par le refroidissement; à ce point de concentration, la liqueur marque 32° Baumé; on la retire immédiatement en enlevant la soupape placée à l'extrémité de la chaudière. Le sulfate liquide est reçu sur une aire dallée ou sur une feuille de plomb très épaisse, disposée bien horizontalement sur le sol de l'atelier. Par le refroidissement, le sulfate se prend en masse; on le découpe en morceaux et on l'emballé immédiatement dans des tonneaux.

Le bleu de Prusse qui est resté pour résidu est purgé du sulfate d'alumine par des lavages successifs, et en définitive par la filtration, qui l'amène à l'état de pâte. Si l'on n'a pas le débouché de ce bleu, il est nécessaire

ALUN.

de le revivifier pour épurer une nouvelle quantité de sulfate d'alumine; mais il est évident que dans cette manipulation il y a une perte considérable, surtout au prix où se trouve le prussiate de potasse. Jusqu'à présent, toutes les recherches imaginables n'ont pu amener la découverte d'un procédé d'épuration plus économique que par le prussiate.

Aujourd'hui le sulfate d'alumine se vend 32 fr. les 400 kilog., et il renferme à peu près 45 pour 100 d'alumine pure. L'alun à base d'ammoniaque coûte plus cher et ne contient pas autant d'alumine. (Voy. ALUN.)

ALUN (*ang.* alum, *all.* alun). L'alun est un sulfate double d'alumine et de potasse ou d'ammoniaque. L'alun à base de potasse est composé de

4 at. sulfate de potasse.	4089,07	48,34.
4 at. sulfate d'alumine.	2149,80	36,20.
24 at. d'eau.	2699,52	45,46.
	5938,39	100,00.

et l'alun ammoniacal est formé de

4 at. sulfate d'ammoniaque.	746,7	42,88.
4 at. sulfate d'alumine.	2149,8	38,64.
24 at. d'eau.	2699,5	48,48.
	5566,0	100,00.

Il se présente ordinairement sous forme de cristaux octaédriques, a une saveur âpre un peu acide, et rougit la teinture bleue de tournesol.

Il existait des fabriques d'alun, il y a plusieurs siècles, à Roccha, appelée autrefois *Edessa*, en Syrie, et c'est de là qu'est venu l'ancien nom d'alun de *rochs* que l'on donnait à ce sel. On le fabriqua ensuite à *Foya nova*, près de Smyrne et dans les environs de Constantinople. Les Génois, et les autres peuples commerçants de l'Italie importaient l'alun de ces lieux de fabrication dans l'Europe occidentale, pour l'usage des teinturiers en rouge. Vers le milieu du quinzième siècle, on commença à le fabriquer à la *Tolfa*, à *Viterbe*, et à *Volaterra*, en Italie. Après cette époque l'importation de l'alun oriental fut prohibée par le pape, comme préjudiciable aux intérêts de ses états. La fabrication de ce sel s'introduisit en Allemagne au commencement du seizième siècle, et un peu plus tard en Angleterre où elle fut importée par Thomas Chaloner, sous le règne d'Elisabeth.

Tout l'alun employé dans la grande Bretagne, provient du lessivage des schistes alumineux de *Whitby*, en Angleterre, et de *Hurlitt* et *Campsie*, près de Glasgow, en Écosse. L'alun qui se fabrique en Angleterre est à base de potasse. Celui qu'on fait en France est tantôt à base d'ammoniaque, tantôt renferme à la fois de la potasse et de l'ammoniaque et quelquefois est à base de potasse. On peut reconnaître en général l'alun en le dissolvant dans l'eau bouillante et y versant de l'ammoniaque, qui sépare l'alumine sous la forme d'un précipité floconneux blanchâtre. Si la dissolution est froide et très étendue, le précipité restera longtemps suspendu, sous la forme d'une nuage opalescent, avant de se déposer.

Ce précipité recueilli sur un filtre et lavé avec soin à l'eau bouillante est de l'alumine pure, en le dissolvant encore humide dans de l'acide sulfurique faible on obtient du sulfate d'alumine, sel soluble dans deux parties en poids d'eau froide. En versant de l'ammoniaque dans une dissolution froide et concentrée de sulfate d'alumine, il se précipite une poudre blanche insoluble qui est du sous-sulfate d'alumine tribasique. En versant dans la dissolution concentrée de sulfate neutre d'alumine une dissolution également concentrée de sulfate de potasse il se précipitera une poudre blanche, grenue; du véritable alun; mais si l'on a employé des dissolutions étendues et si l'on fait évaporer leur mélange, et

ALUN.

qu'on laisse ensuite refroidir; on obtiendra de l'alun cristallisé.

Lorsque l'on fait bouillir une dissolution d'alun, sur de l'alumine en gelée précipitée, une portion de celle-ci entre en combinaison avec le sel, et constitue un composé insoluble qui se précipite sous la forme de poudre blanche, le même phénomène se produit en ajoutant à une dissolution bouillante d'alun une dissolution de potasse caustique jusqu'à ce que le mélange qui rougissait d'abord fortement le papier de tournesol y paraisse presque neutre. Cet alun basique insoluble, qui a reçu le nom d'alun *aluminé*, est composé de

4 at. sulfate de potasse.	4089,07	49,74.
3 at. sous-sulfate d'alumine tri- basique.	3433,44	62,44.
9 at. d'eau.	4004,92	48,18.
	5527,43	100,00.

On le transforme en alun ordinaire soit en le traitant par une quantité convenable d'acide sulfurique, soit en le calcinant assez pour décomposer le sous-sulfate d'alumine en sulfate neutre et en alumine, puis reprenant par l'eau.

L'alun se présente rarement tout formé dans la nature; on le rencontre accidentellement à l'état d'efflorescences superficielles, et dans certaines eaux minérales des Indes orientales. L'alun du commerce en Europe est fabriqué artificiellement; on le prépare au moyen de la pierre d'alun ou *alunite*, des schistes alumineux, ou de l'argile.

1° *Fabrication de l'alun au moyen de l'alunite.* L'alunite ou pierre d'alun est un minéral assez rare; on l'a trouvée à la *Tolfa* près Civita Vecchia, à *Piombino* en Italie, et en quantité plus considérable en Hongrie, à *Bereghszasz* et à *Muszag*, où elle forme des lits entiers dans une roche dure, caractérisée par de nombreuses cavités ou *druses* dont l'intérieur est tapissé de cristaux d'alunite. L'alunite pure se compose d'après une analyse de M. Cordier de

2 at. sulfate de potasse.	2178	48,53.
2 at. sulfate d'alumine.	4293	38,50.
5 at. hydrate d'alumine.	4903	42,97.
	41374	100,00.

c'est un véritable alun aluminé qui est insoluble. Les gros morceaux contiennent plus ou moins de quartz disséminé dans leur masse, et sont, selon leur qualité, ou mis à part pour en faire de l'alun, ou laissés de côté. Les morceaux choisis sont grillés ou calcinés et c'est dans cette opération que l'hydrate d'alumine, qui est associé avec le sulfate d'alumine perd son eau, et son affinité pour l'alun, de sorte que celui-ci devient libre, et par une exposition subséquente à l'air, l'alunite calcinée se désagrège, et l'alun devient soluble dans l'eau.

La calcination se fait dans des fours à plâtre à la manière ordinaire. Il faut régler le feu, de manière à prévenir la fusion ou le tassement des pierres, et même tout dégagement d'acide sulfurique ou d'acide sulfureux, qui causerait une perte correspondante dans le produit et l'alun. On doit donc pour cette raison éviter autant que possible le contact des pierres incandescentes avec les matières charbonneuses. Aussi est-il infiniment préférable de réduire l'alunite en poudre grossière, et d'effectuer ensuite le grillage dans des fours à réverbère, ce qui permet de le rendre plus complet et plus uniforme, tout en opérant à une température beaucoup plus basse.

L'alunite, ainsi calcinée est ensuite empilée en tas de 80 à 90 centimètres de haut, à l'air libre, et entretenue continuellement humide à l'aide d'un peu d'eau qu'on y fait arriver. A mesure que l'eau se combine avec

ALUN.

l'alun les pierres se délitent, et finissent par se changer en une masse pâteuse qu'on lessive avec de l'eau chaude; on laisse les eaux de lavage s'éclaircir dans un grand réservoir; le liquide clarifié qui surnage est décanté, puis on le fait évaporer et cristalliser; enfin on purifie les premiers cristaux en les dissolvant dans de l'eau chaude et les faisant cristalliser de nouveau; on obtient ainsi un alun propre à être livré au commerce. C'est ainsi qu'on fabrique l'alun de Rome qui est recouvert d'une légère couche rouge de peroxyde de fer. On retirerait de l'alunite une quantité notablement plus considérable d'alun, en la traitant par une quantité d'acide sulfurique suffisante pour transformer tout l'hydrate d'alumine en sulfate; l'attaque se fait avec la plus grande facilité, et il est certain que dans un grand nombre de cas on trouverait beaucoup d'économie à employer ce procédé.

2° *Fabrication de l'alun au moyen des schistes aluminés.* — La plus grande partie de l'alun que l'on trouve dans le commerce, en Angleterre et en Allemagne, s'extraît d'un schiste ardoisier, et alumineux et d'autres minéraux du même genre, contenant plus ou moins de pyrites de fer et de matières charbonneuses ou bitumineuses. Celles-ci sont parfois si abondantes qu'elles rendent le minerai jusqu'à un certain point combustible. Dans les couches de lignite et de bois bitumineux, les lits supérieurs immédiatement recouverts par des couches d'argile, sont composés de matières charbonneuses, mélangées avec de l'argile et des pyrites. On les incinère en tas et on lessive les cendres pour en retirer de l'alun comme nous l'avons vu pratiquer en grand dans tout le nord-ouest de la Bohême. Si l'on y trouve des rognons isolés de pyrites on met celles-ci de côté et on les emploie pour la fabrication de l'acide sulfurique fumant (voyez *acide SULFURIQUE*). Ce triple mélange constitue le caractère de tous les bons schistes aluminés, le charbon sert à économiser le combustible, rend la texture poreuse, et facilite ainsi la sulfatation. En calcinant ces schistes, les pyrites de fer qu'ils renferment perdent la moitié environ de leur soufre sous forme de soufre sublimé et passent à l'état de sulfure noir magnétique qui exposé à l'action de l'air humide, en attire promptement l'oxygène et l'eau et se change en sulfate de protoxyde de fer hydraté, ou *vitriol vert*. Les lignites terreux contiennent souvent des cristaux de vitriol vert qui se sont formés spontanément au milieu d'eux. Le sulfate de fer transmet peu à peu son acide à l'argile, tandis que le fer se peroxyde, par l'action de l'air sous une faible élévation de température, et c'est ainsi que le sulfate d'alumine se produit. Une portion du vitriol vert reste toutefois indécomposée, et il y en a d'autant plus qu'il peut se trouver moins des autres bases salifiables dans l'ardoise alumineuse, pour peu qu'il s'y trouve de magnésie ou de chaux, le vitriol se décompose plus complètement. et il se produit alors une certaine quantité de sel d'epsom et de gypse.

La fabrication de l'alun au moyen des schistes aluminés peut se diviser en six opérations principales qui sont les suivantes : 1° Préparation des schistes aluminés; 2° lessivage; 3° concentration des eaux de lessivage; 4° brevetage; 5° lavage des cristaux; et 6° purification de l'alun.

1° *Préparation des schistes aluminés.* Quelques-uns de ces schistes sont d'une nature telle qu'étant mis en tas en plein air, et humectés de temps à autre, ils s'échauffent spontanément, et s'affaissent par degrés en une masse pulvérulente propre à être lessivée. Mais généralement, il y a beaucoup d'avantage à calciner ou à griller les schistes aluminés; la cohésion se trouve par ce moyen tellement diminuée, que leur décomposition en devient beaucoup plus rapide; les pyrites ayant perdu une portion de leur soufre, se sont transformées en un sulfure qui se sulfatise avec une

ALUN.

grande facilité, et les vapeurs sulfureuses qui se dégagent pendant le grillage attaquent une certaine quantité d'argile, et produisent du sulfate d'alumine.

Lorsque le schiste contient trop peu de matière bitumineuse ou de charbon pour suffire au grillage, on doit le stratifier avec de la houille menue, du bois de fagots ou des branchages, de manière à en former des tas très étendus en surface, et ayant 4^m,00 à 4^m,50 de hauteur; on met le feu sur différents points de la couche inférieure de combustible, et lorsque la masse est bien embrasée, on ajoute successivement des lits de schistes, et au besoin de combustible, au-dessus du tas. A *Whitby*, ce mode d'empilement successif se continue jusqu'à ce que le tas ait atteint une hauteur de 30 à 33 mètres, et l'aire horizontale est augmentée en même temps jusqu'à ce qu'elle offre une surface à la base d'environ 60 mètres de côté, de sorte que la masse totale offre un solide d'environ 400,000 mètres cubes. On modère la rapidité de la combustion en tassant sur les crevasses, du schiste en petits morceaux humectés. Lorsqu'une masse aussi prodigieuse se trouve embrasée, la chaleur est assurément trop forte, et il doit s'en dégager une immense quantité de soufre et d'acide sulfurique. Cette porte a été remarquée aux fabriques de *Whitby*. A *Hurtlett* la hauteur à laquelle on élève les tas est seulement de quelques pieds, tandis que l'aire horizontale est très étendue, ce qui est une disposition beaucoup plus judicieuse. A *Whitby*, il faut 430 tonnes de schiste calciné pour produire une tonne d'alun. Sous le climat humide de l'Angleterre, il serait convenable de recouvrir les strates formées de broussailles ou de houille menue et de schiste, d'un chapeau de schiste menu tassé, dont la surface serait unie et n'offrirait que quelques soupiraux pour faciliter la circulation de l'air; une pareille masse ainsi disposée protégerait le tas entier contre la pluie, et empêcherait en même temps la combustion de devenir trop active. Si une pluie trop forte survenait, on creuserait une gouttière autour du tas pour recevoir la lessive aluminée, et la conduire dans un réservoir.

On doit chercher à produire une chaleur continue, mais lente, et un feu égal; lorsque le feu est trop vif, le sulfate de fer peut former avec les matières terreuses une espèce de scorie, ou le soufre s'échapper à l'état de vapeur; ce sont là deux accidents qui diminuent notablement le produit en alun. Les schistes bitumineux qui ont été employés comme combustible sous les chaudières à vapeur, y éprouvent une combustion si violente que leurs cendres ne contiennent presque plus d'alun. Les tas mêmes qui sont les plus régulièrement conduits sont susceptibles de brûler trop vivement lorsque le vent est fort; on doit, en pareille circonstance, tenir les carneaux bouchés avec soin. On peut admettre comme une règle générale, que plus la combustion sera lente, plus le minerai calciné sera riche en sulfate d'alumine. Lorsque la calcination est complète, le tas à diminué de la moitié de son volume primitif; il est recouvert d'une cendre fine rougeâtre, et est devenu très poreux à l'intérieur, de sorte que l'air peut circuler librement à travers la masse; pour en favoriser l'accès, les tas ne doivent pas être trop élevés, et par un temps sec, on doit parfois les arroser avec une petite quantité d'eau, laquelle dissout et entraîne un peu de matière saline. et rend par ce moyen l'intérieur de la masse plus accessible à l'atmosphère.

Lorsque le minerai calciné s'est entièrement refroidi, on doit procéder au lessivage. Mais comme depuis l'établissement des premières assises des tas jusqu'à leur calcination complète, il peut s'écouler plusieurs semaines et même des mois entiers, on doit avoir soin d'en construire un nombre suffisant ou de les étendre assez, pour être en état de continuer le lessivage et les opérations subséquentes pendant tout le cours de l'année,

ou du moins pendant toute la mauvaise saison, durant laquelle la calcination doit être suspendue. On reconnaît que le grillage est suffisamment avancé : 4° à ce que le tas se recouvre de nombreuses efflorescences salines, et que les cendres ont acquis une forte saveur alumineuse; et 2° par un essai qui consiste à lessiver une certaine quantité du schiste grillé, et à constater ensuite la quantité d'alun que les eaux de lavage donnent, en y ajoutant du sulfate de potasse où d'ammoniaque et faisant cristalliser.

2° *Lessivage.* Le lessivage se fait mieux dans des réservoirs construits en pierres, que dans des cuves en bois; quelques fortes que soient d'abord celles-ci, elles sont bientôt endommagées et exigent de fréquentes réparations. On doit les établir à proximité des tas de grillage afin de diminuer les frais de transport, et les disposer en cascade. Sous ce rapport, une terrasse en pente est la localité la plus convenable pour établir une fabrique d'alun. A la partie inférieure de la terrasse et dans le voisinage de l'atelier de concentration, il y a deux ou trois bassins abrités sous un hangard, assez profonds, et plus ou moins grands pour laisser déposer les eaux brutes du lessivage. On doit établir à un niveau un peu plus élevé les réservoirs destinés aux eaux de lessivage clarifiées. On charge le schiste grillé dans les réservoirs supérieurs, en ayant le soin de placer au fond les gros morceaux, et de les recouvrir avec les cendres les plus fines. On y fait alors couler par-dessus une quantité d'eau suffisante, et on laisse reposer pendant quelque temps, puis on soutire les eaux de lavage à l'aide d'un tuyau à robinet placé au fond du réservoir, et on les laisse couler dans le réservoir suivant dont le niveau est tant soit peu plus bas. On verse ensuite une nouvelle quantité d'eau sur le schiste, en partie épuisé; on laisse encore reposer pendant un temps suffisant, et on soutire l'eau de lavage affaiblie qui en résulte dans un réservoir à part. Dans quelques cas, on lave avec une troisième eau, et l'on réserve l'eau de ce dernier lavage pour le premier lavage d'une nouvelle portion de schiste grillé. Afin d'économiser les frais d'évaporation, il convient toujours d'augmenter la force des eaux faibles, en les employant, au lieu d'eau pure, pour lessiver de nouvelles portions de schiste grillé. L'économie et le succès d'une fabrique d'alun dépendent beaucoup de la disposition relative et de la forme des bassins de lessivage. On doit toujours avoir recours à l'aréomètre pour déterminer le degré de concentration des dissolutions.

La pierre ainsi lessivée étant épuisée de ses parties solubles, est retirée des réservoirs, et tantôt mise en tas dans un endroit convenable, où on la laisse se décomposer par l'action des agents atmosphériques, tantôt soumise à un nouveau grillage après dessiccation à l'air libre.

La densité de la dissolution peut être portée moyennement par lessivage de 1,09 à 1,45. Cette dernière densité peut toujours s'obtenir, en concentrant les dissolutions les plus faibles sur du schiste récemment calciné. On laisse alors déposer le sulfate de chaux, l'oxyde de fer et les matières terreuses, et on décante. Il est avantageux de laisser le liquide exposé à l'air pendant un certain temps, durant lequel le vitriol vert peut se transformer en sulfate de peroxyde de fer, qui réagit, par une partie de son acide, qu'il retient avec très peu de force, sur une certaine quantité de l'argile en présence, et augmente par là la quantité de sulfate d'alumine. La fabrication de l'alun est d'autant plus imparfaite qu'il reste plus de sulfate de fer non décomposé dans la liqueur. On doit donc essayer autant que possible à convertir tout le sulfate de fer en sulfate d'alumine.

3° *Evaporation des eaux de lessivage du schiste alumineux.* Comme les eaux de lessivage, quelque soit le temps qu'on

les ait laissé reposer pour les clarifier, sont néanmoins encore susceptibles de laisser déposer une grande quantité de matières terreuses pendant leur concentration par la chaleur, on les évapore beaucoup mieux en faisant agir le feu sur la surface et par dessous. C'est ainsi qu'on procède à *Hurlett* et à *Campeie* (Angleterre). On construit un réservoir en pierre bien étanche; on met un lit d'argile bien battue derrière les dalles ou carreaux qui revêtent le fond et les côtés. Cette espèce de cuve peut avoir 4^m,25 à 2^m,00 de large, 0^m,70 à 1^m,00 de profondeur, et 10 à 12 mètres de longueur; elle est recouverte dans toute sa longueur d'une voûte en pierre ou en briques. A l'une des extrémités de ce tunnel ou de cette espèce de canal couvert, on établit une grille, et à l'autre extrémité on construit une haute cheminée d'appel. La cuve étant remplie jusqu'au bord avec des eaux de lavage des schistes, on charge de la houille sur la grille; la flamme ainsi que l'air chaud sont forcés de raser dans toute sa longueur la surface du liquide, de manière à le maintenir dans un état permanent d'ébullition et à entraîner toute la vapeur aqueuse qui se forme. La suie qui se condense pendant l'opération tombe au fond du liquide et en clarifie la masse. A mesure que la concentration avance, on introduit une nouvelle quantité d'eau de lavage crue, qu'on fait couler du bassin d'alimentation, qui est placé à un niveau un peu plus élevé. L'on continue ainsi jusqu'à ce que toute la cuve soit remplie d'un liquide clarifié, ayant une pesanteur spécifique suffisamment élevée pour être portée dans les chaudières de plomb.

A *Whitby*, les chaudières de plomb ont 3 mètres de longueur, 1^m,45 de largeur, 0^m,66 de profondeur à l'une des extrémités et 0^m,81 à l'autre. Cette différence de niveau de 0^m,45 entre les deux extrémités facilite la décantation de la lessive concentrée; cette décantation se fait par le moyen d'un siphon qu'on place à l'extrémité inférieure. Le fond de la chaudière est supporté par une série de barres de fer parallèles, placées très près l'une de l'autre. On porte le liquide à l'ébullition, en chauffant les chaudières par dessous. Tous les matins les chaudières sont vidées, et le liquide transvasé dans un cristalliseur en pierre ou en plomb. La densité du liquide doit être ordinairement d'environ 1,4 à 1,5; toutefois, elle doit varier selon les différentes espèces de lessives et d'après le but que se propose le fabricant. En effet, pour un liquide dans lequel il entre deux parties de sulfate d'alumine et une partie de sulfate de fer, il ne faut concentrer la liqueur que jusqu'à ce qu'elle atteigne une densité de 1,25; tandis que, pour une dissolution qui contient deux parties de sulfate de fer et une partie de sulfate d'alumine, il faut, pour que le sulfate de fer puisse se séparer le premier par cristallisation, que la densité du liquide bouillant ne soit pas inférieure à 1,4.

La construction d'un fourneau évaporatoire convenablement adapté à la concentration des eaux de lessivage, alumineuses ou autres, se trouvera décrite à l'article *SOUDE*. Le bassin qui doit contenir le liquide doit être construit en dalles ou en carreaux, joints par du bon ciment hydraulique. On dit qu'un mortier fait de chaux vive, mêlée avec du schiste en poudre complètement épuisé et de la limaille de fer, constitue un ciment très propre à cet usage. Quelquefois au-dessus du four à réverbère on met un bassin plat au lieu d'une voûte, et on y verse le liquide cru pour l'y concentrer en partie. En Allemagne, ce bassin est en cuivre, parce que s'il était en fer il s'userait trop rapidement, et qu'un plomb il serait trop susceptible de fondre. Par cette disposition, la cuve d'évaporation placée par-dessous se trouve graduellement alimentée avec du liquide chaud. Sur l'un des côtés de cette cuve inférieure, on place une porte par laquelle on peut faire sortir, à l'aide d'un râteau, le sédiment à mesure qu'il s'accumule au fond. Cette disposition est très convenable pour ce mode d'évaporation,

et permet aussi de faire promptement toutes les réparations nécessaires. Du reste, une construction ainsi faite et bien établie tout d'abord peut servir bien des années.

Pendant la concentration finale, on est dans l'usage d'ajouter une certaine quantité d'eaux mères provenant d'une opération antérieure; cette quantité doit être réglée d'après une analyse spéciale et la connaissance qu'on doit avoir de leur composition. Si ces eaux mères contiennent beaucoup d'acide sulfurique libre provenant de la formation du sous-sulfate de fer, elles peuvent devenir avantageuses en dissolvant une partie de l'alumine du sédiment, dans lequel il y en a toujours en plus ou moins grande quantité.

4° *Précipitation de l'alun par l'addition de sels alcalins (ou brevêtage).* En règle générale, il est plus avantageux de séparer d'abord des dissolutions clarifiées et concentrées l'alun à l'état de poudre ou de petits cristaux, par l'addition d'un sulfate alcalin, et de laisser dans les eaux mères les sels étrangers tels que le sulfate de fer ou de magnésie, plutôt que d'essayer à séparer ces sels par une cristallisation préalable. Par cette méthode, non seulement on simplifie et on accélère la fabrication de l'alun, en laissant provisoirement de côté les eaux mères, que l'on traite plus tard, mais on ne court pas le risque d'enlever une partie du sulfate d'alumine avec le sulfate de fer ou de magnésie. Dans ce cas, on ne doit pas pousser la concentration assez loin pour que le liquide donne des cristaux, mais seulement faire en sorte que la concentration se rapproche de ce point. On peut à cet égard déterminer d'avance et par expérience la densité ou le degré de concentration le plus convenable.

Arrivé à ce point, on fait passer le liquide clarifié dans la cuve à précipitation, et on y ajoute la quantité convenable de sulfate de potasse ou d'ammoniaque. Au lieu des sulfates, on peut employer du chlorure de potassium ou du carbonate d'ammoniaque; le chlorure de potassium a sur le sulfate de potasse, lorsqu'on peut se le procurer à bon marché, l'avantage d'être plus soluble et de se transformer en sulfate de potasse aux dépens du sulfate de fer, qu'il change en chlorure, lequel cristallise très difficilement, et est par conséquent moins apte que le sulfate à souiller les cristaux d'alun. Le carbonate d'ammoniaque réagit d'une manière analogue sur le sulfate de fer, en donnant lieu à la formation de sulfate d'ammoniaque et à la précipitation d'une quantité correspondante d'oxyde de fer.

La quantité de sels alcalins nécessaire pour précipiter l'alun en poudre granulaire d'une eau de lavage concentrée à un degré convenable dépend, d'un côté, de leur richesse en potasse ou en ammoniaque, et de l'autre, de la teneur des eaux en sulfate d'alumine. L'on doit s'assurer de ces quantités réciproques par une expérience préliminaire faite en petit. Une approximation exacte n'est pas praticable quand on opère sur une grande échelle; mais, comme les eaux mères sont ensuite mêlées ensemble dans une cuve, s'il y a eu un excès de précipitant dans une opération, il sera compensé par un excès de sulfate d'alumine qui sera resté dans une autre, et l'alun qui en résulte se rassemble au fond de la cuve. Lorsque la liqueur est parfaitement refroidie et éclaircie, on décante l'eau mère qui surnage avec une pompe, ou, mieux encore, avec un siphon ou un robinet, et on la fait passer dans une cuve inférieure. Plus le soutirage aura été complet, plus aussi il sera facile de purifier l'alun.

Cette eau mère a généralement une densité de 1,4 à la température moyenne de l'atmosphère, et consiste en une dissolution saturée de chlorure ou de sulfate de protoxyde et de peroxyde de fer, mêlée à du sulfate de magnésie dans certaines localités, à du chlorure de sodium, et enfin du sulfate d'alumine. En ajoutant de temps en temps une certaine quantité de cette eau à des eaux de

lessivage neuves, une portion de ce dernier sulfate se convertit en alun; mais il y a des occasions où il convient de faire évaporer cette eau mère de manière à en retirer, par cristallisation, du sulfate de protoxyde de fer ou vitriol vert, avant de la traiter de nouveau pour alun.

Lorsque les eaux de lessivage contiennent une grande quantité de sulfate de fer, il est bon de commencer par en séparer une partie par cristallisation avant de précipiter l'alun. Dans ce cas, on doit faire évaporer le liquide jusqu'à ce qu'il ait atteint une densité de 1,40, puis, le transvaser dans les cristallisoirs en pierre. Lorsque le vitriol vert s'est séparé, on ramène le liquide à l'aide d'une pompe en plomb dans la cuve d'évaporation, et on le réduit de nouveau à la densité de 1,40. Si on y ajoute alors l'un des précipitants alcalins que nous avons énumérés plus haut, l'alun se séparera de cette solution concentrée, et se précipitera sous forme d'une poudre très tenue, très facile à laver, et à purifier. Mais cette méthode exige plus de vaisseaux et plus de manipulations que la méthode précédente, et l'on ne doit y avoir recours que lorsque la nécessité le commande; de plus, il est à remarquer que la couperose ou vitriol vert, extraite en premier lieu des eaux de lavage, entraîne, ainsi que nous l'avons dit, une portion du sulfate d'alumine, et acquiert par là un aspect terne; tandis que celle qu'on retire des eaux mères après la séparation de l'alun, a au contraire un aspect brillant.

5° *Lavage ou édulcoration de l'alun en poudre.* L'alun pulvérulent et cristallin est d'une couleur brunâtre, ce qui tient à ce qu'il est sali par des eaux ferrugineuses; mais on peut faire disparaître cette couleur par un lavage avec de l'eau très froide qui ne dissout pas plus d'un dix-huitième de son poids d'alun. Après avoir bien agité ensemble la poudre et l'eau, on doit laisser déposer l'alun, et puis on décante l'eau de lavage; on procède ensuite à un second lavage qui rend l'alun presque pur, et même à un plus grand nombre, s'il est nécessaire. Moins on emploie d'eau, et mieux elle est décantée, plus l'opération est complète. La deuxième eau peut être employée au lieu d'eau pure, pour le premier lavage d'une portion de poudre d'alun non encore lavée, etc. Ces eaux de lavage sont toujours saturées d'alun et servent de nouveau dans le lavage de la poudre d'alun, à l'exception de la première eau de lavage qui est préalablement évaporée et donne du sulfate de fer par cristallisation.

6° *Cristallisation.* L'alun lavé est mis dans une cuve de plomb avec la quantité d'eau justement nécessaire pour le dissoudre à la température de l'ébullition: on chauffe et on facilite la dissolution en agitant. Lorsque la solution est arrivée à l'état de saturation, on la fait couler dans les cristallisoirs qu'on appelle en anglais *roching casks*, et en français *masses*. Ce sont des tonneaux qui ont à peu près 4^m,50 de haut, 0^m,90 de large au ventre et un peu moins aux extrémités. Ils sont construits avec de très fortes douves en bois bien ajustées l'une contre l'autre, et maintenues par des cercles de fer épais, qu'on enfonce provisoirement de manière à pouvoir ensuite aisément les enlever, afin d'écartier les douves quand cela devient nécessaire. La dissolution concentrée forme pendant son refroidissement lent dans ces vaisseaux fermés une couche épaisse sur toutes les faces du tonneau, intérieurement tapissée de gros cristaux bien réguliers d'alun. Après huit ou dix jours, plus ou moins, selon le temps, on enlève les cercles et les douves, et on trouve une masse d'alun ayant la forme même du tonneau. L'ouvrier perce alors avec un pic, cette masse sur le côté près du fond, et donne issue à l'eau mère de l'intérieur, qui s'écoule sur les dalles en pente de l'atelier, et se rend dans un bassin destiné à la recueillir. On l'en retire ensuite pour l'ajouter à une nouvelle quantité de poudre lavée, et la faire ser-

vir à sa cristallisation. L'alun est immédiatement brisé en gros morceaux et mis à sécher dans un lieu convenable, puis emballé dans des tonneaux et porté au magasin, où il reste jusqu'à ce qu'il soit livré au commerce. Il se trouve quelquefois au fond du tonneau une petite quantité d'alun basique insoluble (sous-sulfate) qu'on y laisse, et qui, lorsqu'on y verse de nouveau les eaux mères, s'empare de leur acide sulfurique, ou bien qui étant mêlé directement avec une petite quantité d'acide sulfurique se convertit également en alun.

Lorsqu'au lieu de se servir de la potasse ou de ses sels, on emploie des sels ammoniacaux ou de l'urine putréfiée, on produit de l'alun ammoniacal qui est tout à fait semblable à l'alun de potasse par l'apparence et par les propriétés. Soumis à une douce chaleur, ils perdent l'un et l'autre leur eau de cristallisation.

A une température suffisamment élevée, l'alun ammoniacal perd son acide sulfurique et son ammoniacque, il ne reste plus que l'alumine pure, mais en cet état elle est insoluble dans les acides. L'alun ammoniacal se distingue facilement des autres aluns par l'odeur d'ammoniacque qu'il exhale lorsqu'on le triture avec de la chaux vive.

L'alun de Rome, extrait de l'alunite, possède la plupart des propriétés des aluns tirés des schistes alumineux, mais il présente quelques caractères particuliers; il cristallise toujours en cubes opaques, tandis que l'alun commun cristallise en octaèdres transparents. Il est probable que l'alun de Rome est un sulfate double d'alumine et de potasse combiné avec une petite quantité d'hydrate d'alumine. Il reste permanent lorsqu'on le dissout dans l'eau froide, car après une évaporation lente, il reprend sa forme cubique; mais lorsqu'on le dissout dans de l'eau ayant une température supérieure à 40° centigr., ou bien lorsque sa dissolution est chauffée au-delà de ce point, il se précipite une petite quantité d'alun basique ou *alun aluminé*, et par l'évaporation, on obtient des cristaux octaèdres d'alun ordinaire. La composition exacte de l'alun de Rome n'a pas encore été déterminée, du moins à notre connaissance, il diffère probablement aussi de l'alun ordinaire par la quantité d'eau de cristallisation qu'il renferme. L'alun de Rome contient, d'après MM. Thénard et Roard, seulement $\frac{1}{2270}$ de sulfate de fer, tandis que les aluns du commerce ordinaires en contiennent $\frac{1}{1000}$. Il peut être facilement purifié par la dissolution, la granulation, la cristallisation et le lavage, ainsi qu'il a déjà été expliqué.

L'alun se fabrique en France sur une grande échelle avec un sulfate d'alumine artificiel. Dans ce but, on choisit des argiles aussi exemptes que possible de carbonate de chaux et d'oxyde de fer. On les calcine dans des fours à réverbère afin d'en chasser l'eau, de peroxyder le fer, et de rendre l'alumine plus attaquable par l'acide. L'expulsion de l'eau rend l'argile poreuse et capable d'absorber l'acide sulfurique par l'attraction capillaire. La peroxydation du fer rend celui-ci moins soluble dans l'acide sulfurique; la silice de l'argile, par sa réaction sur l'alumine, diminue son agrégation et le rend plus facile à attaquer par l'acide sulfurique. L'argile doit en conséquence n'éprouver qu'une calcination modérée, et ne pas être réduite au degré de dureté de la poterie, car alors elle subit une espèce de fusion qui en condense les molécules et la rend très difficile à attaquer par les acides. On calcine ordinairement l'argile dans un four à réverbère dont on utilise les flammes perdues pour chauffer deux chaudières évaporatoires et un bassin destiné à l'attaque de l'argile calcinée par l'acide sulfurique. Aussitôt que l'argile chargée dans le four est devenue friable, on l'en retire, on la pulvérise, et on la passe au travers d'un tamis fin; on met pour 100 parties d'argile pulvérisée, 45 parties d'a-

cide sulfurique ayant pour densité 4,45; on mêle bien le tout ensemble dans un bassin de pierre voûté en briques. La flamme et l'air chaud d'un fourneau à réverbère sont dirigés le long de la surface du mélange de la manière que nous avons déjà décrite pour l'évaporation des liquides provenant du lessivage des schistes. On agite le mélange de temps en temps, et au bout de quelques jours on le retire, on le met à part dans un lieu bien chaud, et on laisse l'acide agir sur l'argile pendant six ou huit semaines. Au bout de cet intervalle, on doit le laver pour en extraire le sulfate d'alumine; ce lavage s'exécute comme ceux que nous avons décrits ci-dessus. Si l'on se propose de faire de l'alun de potasse, on évapore ce sulfate d'alumine jusqu'à la densité de 4,38. Mais si c'est de l'alun ammoniacal que l'on veut obtenir, la pesanteur spécifique doit être seulement de 4,24, parce que le sulfate d'ammoniacque étant soluble à froid, dans deux fois son poids d'eau, il donnera un précipité d'alun pulvérulent avec une solution plus faible de sulfate d'alumine qu'avec le sulfate de potasse, qui est moins soluble, et que par conséquent on ne peut employer en dissolution aussi concentrée.

L'alun est très employé dans les arts, et particulièrement dans la teinture, dans la fabrication des laques; la préparation des peaux de mouton, le collage du papier, pour clarifier les liquides, etc. La pureté de celui qui est destiné à la teinture peut être constatée par le prussiate de potasse qui donnera en quelques minutes à la solution d'alun une teinte bleue si elle contient la moindre trace de fer. La noix de galle est également un bon réactif pour signaler la présence du fer, quoiqu'un peu moins sensible que le précédent.

AMADOU. Nom donné en France à une substance combustible spongieuse appelée en allemand *Zunderschwamm*, qu'on prépare avec une espèce d'agaric ou de champignon (*le Boletus igniarius*) qui croît sur les vieux troncs des chênes, des frênes, des hêtres, etc. On doit le récolter dans les mois d'août et de septembre. On le prépare en enlevant avec un couteau, l'enveloppe extérieure, et en séparant avec soin la substance spongieuse intérieure qui a une couleur jaune brun d'avec la substance ligneuse qui se trouve par dessous. On coupe la partie spongieuse en plaques minces, que l'on bat avec un maillet, pour les adoucir, jusqu'à ce qu'elles puissent se déchirer facilement avec les doigts. Dans cet état le *Boletus* est une substance précieuse pour arrêter les hémorrhagies lentes, et pour plusieurs autres emplois en chirurgie. Pour le convertir en amadou, il faut recevoir une dernière préparation qui consiste à le faire bouillir dans une forte dissolution de nitre, à le faire sécher, à le battre de nouveau, et à le mettre tremper une deuxième fois dans la dissolution. Quelquefois aussi pour le rendre très inflammable, on l'imbibé avec de la poudre à canon, et c'est de là que vient la distinction entre l'amadou noir et l'amadou brun.

Toutes les vesses de loup qui appartiennent au genre lycopode, et qui ont une structure charnue ou filamenteuse, fournissent un amadou tout de suite prêt si on les plonge dans de l'eau où l'on a délayé de la poudre à canon. Les Hindous font usage, dans le même but, d'une plante légumineuse qu'ils appellent *solu*. Cette plante a une tige épaisse spongieuse qu'ils réduisent en charbon qui prend feu comme l'amadou.

AMALGAMATION. C'est le nom d'un des procédés par lesquels on sépare en grand l'argent et l'or de quelques-uns de leurs minerais. Ce procédé repose sur la propriété qu'a le mercure de dissoudre ces deux métaux quand ils sont disséminés à l'état natif ou à l'état de chlorure, dans les minerais, ce qui permet de les séparer ainsi de leurs matières terreuses. (Voyez les articles MERCURE, MÉTALLURGIE, ARGENT et OR.)

AMALGAME. Nom générique des alliages formés

AMANDE.

par le mercure; ainsi les alliages de mercure et de cuivre, de mercure et d'étain, ... portent le nom d'amalgames de cuivre, d'étain, ... quelques-uns de ces amalgames sont très employés dans certaines industries (Voyez DORURE, ARGENTURE, et étamage des GLACES, etc...)

AMANDE (*angl.* almond; *all.* mandel). On distingue dans le commerce deux sortes d'amandes: les amandes douces et les amandes amères: les amandes douces servent à faire des dragées et du nougat; leur émulsion mêlée avec de l'eau d'orge et du sucre, forme l'orgeat; elles entrent dans beaucoup de préparations pharmaceutiques. On fait avec les amandes amères des massapains, des pâtisseries et des sucreries. Elles servent à préparer l'*amygdaline*; pour cela on écrase les amandes mondées, et on les soumet à une forte pression, dans des sacs en toile, après les avoir légèrement chauffées pour coaguler les matières mucilagineuses; on en sépare ainsi une huile fixe et onctueuse; enfin on traite à plusieurs reprises le résidu par de l'alcool absolu bouillant qui dissout l'*amygdaline*, et la laisse déposer par le refroidissement sous la forme de paillettes blanches et nacrées. Mais, si on écrase les amandes amères dans de l'eau, on obtient une dissolution laiteuse qui contient un ferment très soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool, et qui par sa réaction sur l'*amygdaline* donne naissance à de l'essence d'amandes amères que l'on reconnaît de suite à l'odeur qui se dégage; aussi pour préparer l'*amygdaline* faut-il employer de l'alcool absolu. En distillant l'émulsion d'amandes amères, on obtient un mélange d'essence d'amandes amères ou *hydrure de benzote* et d'acide hydrocyanique. Les amandes douces ne présentent pas de phénomène analogue. Voici les résultats de l'analyse immédiate des deux espèces d'amandes:

	AMANDES DOUCES. d'après Boullay.	AMAND. AMÈR. d'après Vogel.
Pellicules.	5	8,5
Huile fixe.	54	28,0
Sucre incristallisable.	6	6,5
Gomme	3	3,0
Légumine et albumine.	24	30,0
Fibres.	4	5,0
Eau, amygdaline et perte.	4	49,0
	400	400,0

AMANDES (huile d'). Voyez HUILES.

AMBRE GRIS (*angl.* amber gris; *all.* ambra). Sécrétion morbide du foie du cachalot (*physeter macrocephalus*), qu'on trouve ordinairement surnageant à la surface de la mer, sur les côtes de Coromandel, du Japon, des Moluques et de Madagascar. On en a quelquefois extrait du rectum des cachalots pêchés dans la mer du Sud. Sa couleur est d'un gris blanchâtre; il est souvent rayé de noir, ou marbré de jaune et de noir. Il a une odeur forte, mais assez agréable; une saveur grasseuse. Il est plus léger que l'eau, fond à 60° centigr., se dissout promptement dans l'alcool absolu, l'éther et les huiles grasses et volatiles. Il contient 85 pour 100 d'une substance inflammable appelée *ambréine*. On extrait celle-ci de l'ambre gris en le faisant digérer dans de l'alcool à la densité de 0,827, filtrant la solution et l'abandonnant à une évaporation spontanée. On l'obtient ainsi sous forme de houppes blanches et déliées, que l'acide nitrique convertit en acide ambréique. On fait usage de l'ambre gris dans la parfumerie.

AMBRE JAUNE ou SUCCIN (*angl.* amber; *all.* bernstein). Minéral solide d'une couleur jaune diversement nuancée, qui brûle entièrement avec flamme, et est formé de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Sa pesanteur spécifique varie, d'après le docteur Ure, entre 1,080 et 1,085. Il devient négativement et puissamment

AMBRE JAUNE.

électrique par la friction; à la flamme d'une bougie, il prend feu et se boursouffle considérablement en répandant une fumée blanche d'une odeur piquante, mais il ne coule pas. Le copal, qui lui ressemble sous plusieurs rapports, en diffère en ce qu'il est plus mou, et en ce qu'il coule par gouttes à la flamme; tandis que le *molite*, ou *Pierre de miel*, qui est un minéral de même couleur, devient blanc lorsqu'on le pose sur un charbon incandescent.

Le succin est d'une texture résino-vitreuse, sa cassure est conchoïdale et a un éclat vitreux. Il est parfaitement homogène; assez dur pour rayer le gypse et pour prendre un beau poli; toutefois il est rayé par le spath calcaire. Lorsqu'on distille du succin dans une cornue, le dôme de celle-ci se recouvre d'aiguilles cristallines d'acide succinique, et il passe dans le récipient une huile essentielle. Les résines fossiles, telles que celles de Highgate, qu'on a trouvées dans la formation argileuse de Londres, ne donnent point d'acide succinique par la chaleur, le copal non plus. On trouve parfois du succin ayant une couleur blanchâtre ou brunâtre.

On ne rencontre le succin ni en lits continus, comme les silex de la craie, ni en veines, mais en fragments ou rognons isolés, de grosseur variable, très souvent accompagnés de pyrites et disséminés dans des sables, des argiles ou des lignites, appartenant à la formation de l'*argile plastique*.

Le succin nous vient principalement des bords de la mer Baltique. Il se trouve quelquefois interposé en plaques minces entre les couches de lignites, plutôt près de l'écorce des lignites fibreux provenant de végétaux dicotylédons, qui ont conservé la texture ligneuse que vers le milieu du tronc de l'arbre; position qui est analogue à celle des matières résineuses sécrétées par nos végétaux actuels; on est donc porté à lui attribuer une origine animale.

Quelques échantillons de succin présentent à leur surface des empreintes de mailles irrégulières, indiquant une espèce de rétrécissement pendant la consolidation, et par conséquent une matière qui a été à une certaine époque fluide, visqueuse, ou du moins molle.

Les différents corps qui se trouvent renfermés dans le succin et qu'on peut distinguer à cause de sa transparence, démontrent, en effet, de la manière la plus convaincante, son état primitif de liquidité ou de mollesse. Ces corps ont longtemps exercé le talent des naturalistes. Ce sont généralement des insectes, ou des restes d'insectes, et quelquefois des feuilles, des pétioles, ou d'autres portions de végétaux. Certaines familles d'insectes s'y rencontrent plus abondamment que d'autres. Ainsi, celles des *Hyménoptères*, insectes à quatre ailes membraneuses nues, comme l'abeille, la guêpe; et celle des *Diptères*, insectes munis seulement de deux ailes, comme les moucheron, les mouches, les taons, etc., sont les plus fréquentes; viennent ensuite la tribu des araignées; quelques *Coléoptères*, (insectes armés d'écaillés crustacées, ou d'élytres qui se joignent ensemble et forment une suture longitudinale sur le dos), ou des *Scarabées*; principalement de ceux qui vivent sur les arbres, tels que les *Elatérides*, ou les sauteurs, et les *Chrysomérides*. Les *Lépidoptères*, insectes ayant quatre ailes membraneuses, ainsi que les *Ptérogostes* qui sont recouverts d'écaillés en forme de mailles, se rencontrent rarement dans le succin. On voit par cette énumération qui résulte des travaux de Germar de Schweiger, etc., que les insectes qui se trouvent enveloppés dans cette matière résineuse sont en général ceux qui se tiennent sur les troncs des arbres ou qui vivent dans les fissures de leur écorce. Jusqu'à présent, néanmoins, on n'a pu encore parvenir à les rapporter à des espèces vivantes; mais on a observé, qu'en général, ils

AMBRE JAUNE.

ressemblent plus aux insectes des climats chauds qu'à ceux des zones tempérées.

Les districts où le succin se rencontre dans des conditions convenables pour donner lieu à des travaux de mines ne sont pas en grand nombre; mais les localités où on le trouve en petits morceaux dispersés sont très nombreuses. On le recueille principalement dans la Poméranie prussienne, sur les côtes de la mer Baltique, entre Mémel et Dantzick, et particulièrement, dans le voisinage de Koenigsberg, le long du rivage, entre Grossdirschheim et Pillau, et sur divers autres points près de Dantzick.

On le ramasse sur cette côte de plusieurs manières : 1° Dans les lits de petits ruisseaux qui coulent près des villages où on le trouve en fragments arrondis sans écorce, ou bien dans les bancs de sable des rivières, en galets, rejetés par la mer et arrondis par les vagues. 2° Si les morceaux qui sont soulevés par les eaux ne sont pas nombreux, des pêcheurs, revêtus d'habits de peau, entrent dans la mer, ayant de l'eau jusqu'au cou, ils cherchent à découvrir le succin en regardant à travers la surface, et le saisissent avec des filets en forme de sacs, attachés à l'extrémité de très longues perches. Ils concluent que la mer a détaché une grande quantité de succin de la falaise, lorsqu'ils voient beaucoup de morceaux de lignites surnager. Cette manière de se procurer le succin, n'est pas exempte de danger; c'est pourquoi les pêcheurs, s'avancent en troupes dans l'eau, afin de se porter mutuellement secours en cas d'accident; mais malgré toutes ces précautions leur succès est très précaire. 3° La troisième méthode pour se procurer le succin est une véritable exploitation à ciel ouvert, qui consiste à creuser dans les dunes de sable des fossés qui atteignent quelquefois 40 à 50 mètres de profondeur. 4° Le dernier procédé consiste à explorer en bateaux les falaises escarpées, et à en détacher les masses de terre peu adhérentes; on fait usage pour cela de longues perches terminées par des crochets de fer, ce qui est encore un moyen fort hasardeux; on explore avec un grand soin la roche au niveau où se trouvent ordinairement les nodules de succin, et on enfonce les crocs partout où l'on aperçoit des fissures. Dans ce travail, les bateaux vont quelquefois se briser contre les rochers, ou sont coulés bas par une avalanche de terres ou de quartiers de roches éboulées.

Le succin se rencontre en Sicile, disséminé dans les couches d'argile ou de marne qui reposent sur le calcaire grossier. Il y est accompagné de bitume; et quoique le dépôt soit peu riche, on l'exploite néanmoins pour le commerce. Les morceaux sont recouverts d'une espèce d'écorce blanchâtre, ils sont variés en couleurs et renferment beaucoup d'insectes. Le succin se trouve encore dans un très grand nombre de localités des districts sablonneux de la Pologne, à une très grande distance de la mer; il est là mêlé à des pommes de pin. On le trouve également en Saxe, dans le voisinage de Pretsch et de Wittemberg; dans une couche d'argile bitumineuse mêlée à du lignite, à l'embouchure du Jenissey (Sibérie); il en est de même au Groënland ou il accompagne aussi le lignite.

Les beaux morceaux de succin sont très estimés pour la fabrication de certains objets d'ornement; les échantillons de moindre valeur trouvent leur emploi en chimie, en médecine, et dans certains arts. Les Orientaux font plus de cas que les Européens des bijoux en succin; c'est pourquoi la plus grande partie de l'ambre jaune, recueilli en Poméranie, se vend en Turquie. On dit que le gouvernement prussien tire de ce minéral un revenu annuel de 85,000 à 90,000 fr. Un morceau du poids d'un demi-kilogr. vaut 250 fr. Il n'y a pas longtemps, on en a trouvé en Prusse, un échantillon pesant 43 kilogr. 1/2, pour lequel on a offert 25,000 fr., et qui,

AMBRE LIQUIDE.

d'après l'opinion de marchands arméniens rapporterait à Constantinople, de 150,000 à 200,000 fr. Autrefois, on avait l'habitude de faire chauffer les morceaux de succin opaques, à une douce chaleur dans le sable, pendant plusieurs heures, afin de les rendre transparents, ou bien on les mettait tremper pour le même but dans de l'huile de navette chaude; mais rien n'indique jusqu'à quel point ces procédés pouvaient être avantageux.

Lorsque le succin doit être travaillé en bijoux, on le dresse d'abord sur le tour, contre une plaque de plomb (voyez taille des pierres gemmes); ensuite, on lui donne diverses formes avec une pierre à aiguiser, de Suède. On le polit sur le tour avec de la craie et de l'eau ou avec une huile végétale, et on lui donne le fini en le frottant avec de la flanelle. Pendant ces opérations, le succin est susceptible de devenir très électrique, de s'échauffer considérablement, et même de voler en éclats; c'est pourquoi les artistes ne travaillent leurs pièces qu'aussi longtemps de suite, qu'elles ne se sont que peu échauffées. Les ouvriers éprouvent souvent des tremblements nerveux dans les poignets et dans les bras, provenant de l'électricité qui se dégage par le frottement. Des morceaux de succin peuvent être proprement réunis ensemble, en passant sur leurs bords une couche d'huile de lin, et en les pressant fortement l'un contre l'autre; tandis qu'on les tient au-dessus de charbons de bois incandescents. Il existe dans le garde-meuble de la couronne, à Dresde, des échantillons de succin solide qu'on dit avoir été complètement fondus par une application particulière de la chaleur.

On obtient un vernis fort et durable en dissolvant du succin dans de l'huile de lin siccativ. Il faut, toutefois, pour cela, que le succin soit préalablement chauffé dans un pot de fer, sur un feu clair, jusqu'à ce qu'il soit ramolli ou à demi-liquéfié. On verse alors l'huile siccativ (625 gram. d'huile pour un kilogr. de succin) chauffée d'avance, et on agite vivement. Après que les deux substances se sont complètement incorporées, et que le liquide est un peu refroidi, on ajoute 4 kilogr. d'essence de térébenthine. On dit que le vernis noir fin des carrossiers, se prépare en fondant 4 kilogr. de succin dans un pot de fer, ajoutant un tiers de litre d'huile de lin siccativ bouillante, 490 gram. de résine en poudre et autant d'asphalte; après avoir bien malaxé le tout sur le feu, on le retire, on laisse refroidir pendant quelque temps, et on y verse deux tiers de litre d'essence de térébenthine chaude.

L'huile de succin, entre dans la composition d'un ancien article de parfumerie, connu sous le nom d'*eau de Luce*. Elle se convertit par l'action d'une petite quantité d'acide nitrique concentré, en une masse visqueuse analogue à la poix des cordonniers, qui exhale une forte odeur de musc, et qui, sous le nom de musc artificiel, a été prescrite, en solution alcoolique, comme un remède contre la coqueluche, et contre d'autres maladies spasmodiques.

L'acide du succin (acide succinique) est à l'état de sel ammoniacal employé dans la chimie analytique comme un réactif très délicat pour séparer le peroxyde de fer d'un grand nombre d'autres oxydes métalliques.

AMBRE LIQUIDE (*angl.* liquid amber). L'ambre liquide provient d'un arbre appelé *liquidamber styraciflua*, qui croît au Mexique, dans la Louisiane et dans la Virginie. Quelques échantillons de ce liquide ont la fluidité de l'huile; d'autres sont aussi épais que la térébenthine. Il est transparent, à la couleur de l'ambre, exhale une odeur forte, et possède une saveur aromatique et piquante. Il se dissout presque entièrement dans l'alcool. Il renferme une grande quantité d'acide benzoïque.

AMIANTE, ASBESTE, substance minérale qui se rapporte généralement par sa composition à l'*ampsi-*

AMIANTE.

boite, et est très remarquable par sa flexibilité, son éclat soyeux, sa texture fibreuse, et un arrangement moléculaire tel qu'on la confondrait aisément, quant à ses propriétés extérieures, avec la soie ou le lin. Les caractères de ce corps inorganique, incombustible et très difficilement fusible, ont toujours beaucoup attiré l'attention. On s'est souvent proposé d'en faire des étoffes, et on est parvenu à le filer et à le tisser, soit seul, soit, ce qui est bien plus facile, en le mélangeant avec du coton, dont on se débarrasse ensuite en passant l'étoffe au feu. On en a aussi fait du papier. Mais les filaments d'amiante ne sauraient avoir l'élasticité ni la propriété de se feutrer comme du coton ou du fil; et les produits qu'ils donnent présentent, sous le rapport de la solidité et de la durée, une grande infériorité, ce qui joint au peu d'abondance de la matière première et aux difficultés qu'elle présente à la mise en œuvre, suffit pour expliquer leur rareté et leur peu d'emploi. Il est cependant extraordinaire que l'amiante n'ait pas encore reçu d'applications importantes; il est très probable que cela aura lieu quelque jour, surtout en vue de recevoir les métaux fusibles à une haute température, dans des circonstances analogues à celles que nous rapporterons à l'article FONDERIE EN CARACTÈRES par procédé mécanique, pour fondre le cuivre dans des moules métalliques.

On a proposé de faire avec l'amiante des mèches de lampes, qui ne seraient pas susceptibles de se charbonner. On l'emploie comme éponge pour retenir l'acide sulfurique concentré dans les briquets dits *oxygénés* (voyez ALLUMETTES).

AMIDON, FÉCULE (*angl.* starch; *all.* Stärke). L'amidon ou fécula est une poudre blanche formée de granules sphéroïdes, ovoïdes, ou plus ou moins allongés, suivant la nature et l'âge de la plante qui les a produits. On peut l'extraire : 1° des grains de toutes les plantes acotylédones, et par conséquent des blés et autres graminées; 2° d'un grand nombre de racines ou tubercules charnus, tels que les pommes de terre, les *convallulus babatas* et *edulis*, l'*helianthus tuberosus*, le *jatropha manichot*, etc., qui en contiennent une quantité très considérable; 3° des tiges de plusieurs plantes monocotylédones, particulièrement du palmier qui donne le *sagou*, et 4° des racines d'*inula helenium*, des *dahlia*s, de la plupart des plantes de la famille des radiceés et de quelques espèces de lichens. L'amidon qui provient de cette quatrième catégorie porte le nom d'*inuline*. L'*inuline* a la même composition chimique que l'amidon ordinaire, et à peu près les mêmes propriétés; on la distingue en ce qu'elle prend par la teinture d'iode une teinte jaune ou brunâtre, tandis que l'amidon est coloré en bleu ou en violet.

On donne plus particulièrement le nom d'*amidon* à celui retiré des céréales, et celui de *fécula* à l'amidon extrait des pommes de terre. Nous décrirons successivement leur mode de préparation et leurs usages.

AMIDON. Les matières d'où l'on extrait l'amidon livré au commerce, sont ordinairement les farines des céréales et les remoulages de ces farines. On peut encore, sans inconvénient, se servir de farines altérées, car tandis que le gluten, l'albumine et le sucre qui s'y trouvaient ont été décomposés en tout ou en partie, l'amidon y est resté presque en totalité intact.

On emploie deux procédés différents pour séparer l'amidon du gluten; l'un, le plus ancien, surtout en usage dans l'ouest de la France, consiste à altérer profondément les farines par une longue fermentation; le gluten devient soluble et l'on peut alors facilement, mais non sans perte, en séparer l'amidon. L'autre procédé, plus nouveau, évite les longueurs, l'insalubrité et les pertes occasionnées par une fermentation putride, et n'exige en retour qu'un peu plus de main-d'œuvre; le rendement en amidon est d'ailleurs plus

AMIDON.

considérable, et le gluten intact peut servir à différents usages.

Le premier procédé consiste à prendre des grains grossièrement concassés, ou des remoulages de farines, et à les mettre tremper dans de grandes cuves avec de l'eau ordinaire à laquelle on ajoute un huitième à un dixième d'eaux sûres, provenant des opérations précédentes. Ces eaux, rendues acides par la production d'un peu d'acides acétique et lactique, provenant de la fermentation du sucre que contiennent toujours les farines, renferment en outre des matières organiques qui servent de levain pour déterminer ou activer la fermentation. Il faut de 2 à 4 semaines, suivant la température, pour rendre le gluten entièrement soluble; les eaux contiennent alors des acides carbonique, sulfhydrique, acétique et lactique, de l'acétate d'ammoniaque, des matières azotées, du phosphate de chaux, de la dextrine et du gluten soluble. La fermentation terminée, on lave à plusieurs reprises successives, par repos et décantation, pour enlever le gluten, les autres parties solubles et les substances très divisées en suspension. Quand la dernière eau sort claire, on délaie de nouveau l'amidon brut dans de l'eau pure, et on le passe à travers un tamis grossier en crin ou en toile métallique, qui retient les débris de tissu végétal et la plupart des matières étrangères insolubles. Un second tamisage, au travers d'un tamis de soie plus fin que le précédent, épure plus complètement l'amidon. On le laisse ensuite déposer; et avec une spatule, on enlève la couche supérieure qui contient encore du son et quelques substances brunes légères qu'on relave avec une nouvelle quantité d'amidon brut. L'amidon épuré, et qui doit être d'une blancheur éclatante, est égoutté dans des caisses percées de trous, ou des paniers intérieurement recouverts d'une toile, et qui ont ordinairement 0^m,50 de long, 0^m,34 de large et 0^m,28 de profondeur. On complète l'égouttage en renversant les pains sur une aire en plâtre qui absorbe une partie de l'humidité; puis on les divise en pains de moindre dimension, que l'on expose pendant vingt-quatre à trente-six heures dans un séchoir à air libre, jusqu'à ce que leur surface commence à s'écailler légèrement; on les enveloppe alors dans du papier maintenu par de la ficelle, et on termine la dessiccation dans une étuve à courant d'air chaud, où la température, graduellement croissante, ne doit pas dépasser dans le commencement 40° centigrades, mais qui vers la fin peut sans inconvénient être portée à 50, 60 et même 80°, sans aucun inconvénient. Les aiguilles obtenues sont d'autant plus grandes que les pains sont plus gros, et proviennent du retrait régulier qui s'opère dans la masse quand la dessiccation est bien ménagée.

Le second procédé, que l'on suit pour préparer l'amidon, est dû à M. Émile Martin, de Vervins, et consiste à faire une pâte de la matière dont on veut extraire l'amidon, et à soumettre cette pâte à un lavage continu sur un tamis en toile métallique n° 420. On obtient d'une part, dans le liquide, l'amidon en suspension et la matière sucrée dissoute; de l'autre, sur le tamis, le gluten sans altération, si l'on opère sur de la farine de froment de bonne qualité.

La pâte se fait de la même manière que pour la confection du pain, en ajoutant à la farine environ 40 pour 100 de son poids d'eau. On laisse reposer la pâte pendant une demi-heure en été, et une heure ou deux en hiver, avant de la laver, afin de bien hydrater le gluten. La pâte faite avec les farines les plus belles peut être lavée vingt minutes après sa confection en été, les farines très grossières exigent un temps plus long, et qui peut varier de deux à six heures.

Le lavage de la pâte se fait sur une cuve à eau convenablement disposée et proportionnée au nombre de laveurs qu'on veut employer. Au-dessus d'elle est placé un tamis métallique n° 420, doublé pour plus de soli-

dité d'une toile n° 45, et ayant des rebords de 20 centimètres à peu près. Enfin au-dessus de ce tamis, un tube terminé en pompe d'arrosoir projeté de nombreux filets d'eau très fins sur presque toute sa surface, et un robinet, qui alimente ce tuyau, règle à volonté l'écoulement.

Le laveur ou la laveuse prend un morceau de pâte de 4 à 5 kilogr. et le présente sous le tube; puis le posant sur le tamis, il le malaxe avec les deux mains, d'abord doucement, puis à mesure que le gluten se forme en filaments, avec plus de vivacité, jusqu'à ce que l'eau cesse de s'écouler blanchâtre.

Si la matière première n'est pas assez riche en gluten pour former avec l'eau une pâte liante, ce qui est le cas des recoupes et des sons gras, l'ouvrier la délaie sur le tamis et l'y promène avec une brosse molle, de manière à la laver aussi complètement que possible; l'opération terminée, il ferme le robinet, fait égoutter la matière en la pressant légèrement avec la main, la jette dans un baquet, et recommence une nouvelle opération.

L'eau qui tombe sous le tamis entraîne tout l'amidon qui contient la pâte. Le liquide est d'un blanc laiteux parfait, si la matière employée est riche; mais comme il renferme toujours une petite quantité de gluten, on le soumet, dans une chambre chauffée à 20° centigrades environ, à une fermentation de vingt-quatre heures, aidée par le levain que produit l'espèce d'écume ou de levure de l'opération précédente.

On purifie et on dessèche l'amidon de la même manière, et en suivant les mêmes précautions que nous avons indiquées pour l'ancien procédé.

On peut par ce moyen retirer du froment de bonne qualité jusqu'à 50 pour 100 de bel amidon; tandis que par l'ancien procédé, on n'en obtiendrait, toutes choses égales d'ailleurs, que de 35 à 40 pour 100.

Pendant l'épuration de l'amidon, on obtient en outre de l'amidon un peu impur qui, égoutté et desséché, donne 10 pour 100 environ d'amidon de deuxième qualité, d'un très bon emploi pour apprêter les étoffes de couleur, surtout les nuances foncées et grises. Dans quelques amidonneries on fait de la bière avec ce produit pâteux saccharifié par l'orge germé.

Le gluten frais obtenu forme à peu près le quart de la farine employée. Des expériences dues à M. Robine, portent à croire que les pommes de terre seules, bouillies et mélangées avec une certaine quantité de gluten, qui en ferait un pain artificiel en augmentant leur qualité nutritive, formeraient un aliment économique et d'une bonne qualité.

Le gluten frais et pur peut encore servir à la fabrication du vermicelle. En y ajoutant assez de farine pour le durcir, on peut obtenir d'aussi bonne pâte à macaroni qu'en employant les plus belles farines de blés d'Asie. La quantité de farine doit être calculée de façon à conserver la consistance du vermicelle au délayage. On se sert le plus souvent du gluten ainsi obtenu pour nourrir les bestiaux et surtout les porcs; le gluten de 500 kil. de farine, pétri avec 75 kilogr. de son, donne 200 kil. de pain. Les animaux le mangent avec plus de plaisir encore si on ajoute à la pâte un peu de sel ou de mélasse de betteraves.

Le gluten frais se conserve sans altération vingt quatre à trente-six heures pendant l'été, et deux ou trois jours en hiver; le seul moyen de le conserver plus longtemps consiste à le dessécher à une douce température.

FÉCULE. Après la fabrication du sucre de betteraves, l'extraction de la fécula des pommes de terre est, en France, l'une de nos industries agricoles les plus importantes. On peut s'en faire une idée exacte, en se rappelant que ce produit d'une conservation extrêmement facile, peut jusqu'à un certain point, remplacer la farine de blé et met ainsi les pays qui cultivent la pomme de

terre à l'abri de toutes chances de disette, en réalisant le vœu du célèbre *Parmentier*, qui voulait qu'en rendant susceptibles de conservation les pommes de terre ou leurs produits, on pût résoudre cette grande question des réserves; faire venir les années d'abondance au secours des années de disette.

Outre son mélange avec les farines dont elle augmente la blancheur, la fécula sert à la confection du vermicelle, de pâtes dites *semaules*, *tapioka*, *grauu*, *potenta*, et d'une foule d'autres préparations alimentaires; enfin, ses transformations diverses en sucre de raisin, sirops, mélasses, vin, bière, boissons diverses, alcool, vinaigre, etc., lui ouvrent chaque jour de plus grands et de nouveaux débouchés. La meilleure variété de pommes de terre à employer dans la fabrication de la fécula est celle connue sous le nom de *patraque jaune*; en général les pommes de terre renferment de 45 à 24 pour 100 de fécula sèche et 3 pour 100 au plus de tissu cellulaire; le reste se compose d'eau et de quelques sels particuliers.

Dans une grande usine on est obligé de conserver des quantités considérables de pommes de terre pour pouvoir marcher une grande partie de l'année; on emploie à cet égard les mêmes procédés que pour la conservation des betteraves. Voyez SUCRE (fabrication du).

Rien n'est plus facile que l'extraction de la fécula; il suffit en effet pour l'obtenir, de réduire par un moyen quelconque la pomme de terre en pulpe très fine, et de laver celle-ci sur un tamis métallique; la fécula entraînée par l'eau, traverse le tamis, tombe dans une cuve placée au-dessous et s'y rassemble au fond par le repos. La pulpe épuisée, au contraire, reste sur le tamis et peut servir à différents usages, notamment, à la nourriture des bestiaux. Enfin la fécula est épurée d'une manière analogue à l'amidon.

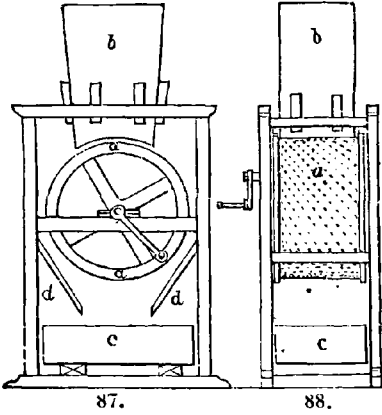
La fabrication de la fécula propre à être versée dans le commerce se compose de 7 opérations distinctes savoir :

- 1° Lavage des tubercules.
- 2° Râpage des tubercules.
- 3° Tamisage de la pulpe.
- 4° Lavage de la fécula brute.
- 5° Egouttage de la fécula lavée.
- 6° Dessiccation de la fécula.
- 7° Blutage de la fécula, mise en magasin, etc...

Le lavage des tubercules s'exécute à la main, ou mieux dans un trommel ou cylindre à claire-voie tournant, autour d'un axe horizontal dans une auge remplie d'eau jusqu'au niveau de l'axe. Ce trommel se compose de deux joutes circulaires, réunies sur leur pourtour par des barres en bois, convenablement espacées; de manière à former une guille à travers laquelle les pommes de terre ne puissent passer.

Les tubercules lavés sont réduits en pulpe à l'aide d'une râpe représentée figures 87 et 88. *a*, est un tambour en bois recouvert d'une feuille de tôle, rendue tranchante sur toute sa surface, au moyen des rebords qui entourent des milliers de trous faits à l'emporte-pièce du côté opposé. On charge les pommes de terre dans la trémie *b*, où coule constamment un petit filet d'eau, afin de nettoyer la surface de la râpe que l'on fait tourner à l'aide de la manivelle fixée sur son axe. La pulpe tombe sur les plans inclinés *d, d*, et de là dans la cuisse *c* qui est mobile et que l'on change lorsqu'elle est pleine. Avec une telle machine, mue par deux hommes relayés par un troisième, on peut râper en douze heures de 2 1/2 à 3 tonneaux de pommes de terre. Lorsqu'on opère en grand on emploie pour râpe ou *cylindre décorateur*, un cylindre de 50 centimètres de diamètre sur 40 à 50 centimètres de long garni à sa circonférence d'un grand nombre de lames de scie, dentées très court et très régulièrement à la mécanique, posées parallèlement à l'axe, et séparées par des tasseaux en fer. Ces cylindres mus par une roue hydraulique ou un manège à chevaux qui

dessert tout l'atelier, doivent être animés d'une très grande vitesse et font en général de 600 à 900 tours par minute.

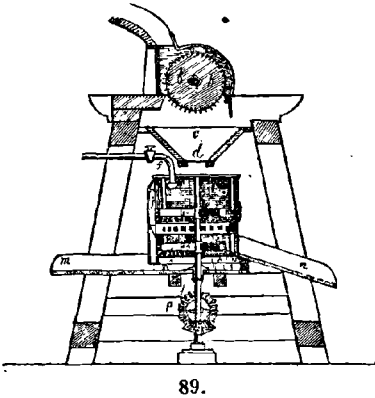


Un seul cylindre des dimensions ci-dessus et faisant 800 à 900 tours par minute peut réduire en pulpe 46 à 48 hectolitres de tubercules par heure.

Le but de la réduction en pulpe étant de déchirer le plus grand nombre possible des cellules végétales qui renferment tous les grains de féculé, les meilleures râpes sont celles qui donnent la pulpe la plus fine.

La pulpe obtenue est lavée soit à la main, soit mécaniquement. Le lavage à la main se fait sur un tamis métallique, absolument comme nous l'avons décrit plus haut en parlant de la fabrication de l'amidon.

Lorsque l'on opère plus en grand, on emploie pour le lavage mécanique, l'appareil de M. Saint-Etienne; cet appareil qui est mis en mouvement par un manège, se compose (fig. 89) d'un cylindre vertical E formé de trois tamis superposés. Un axe q mis en mouvement par



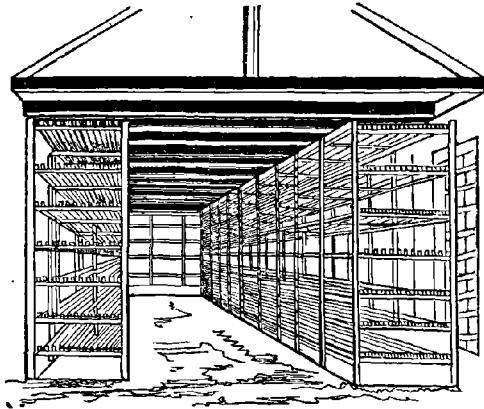
l'engrenage conique p et qui est armé d'ailettes munies de brosses mobiles, tourne sur lui-même, au milieu du cylindre, avec une grande vitesse. La pulpe arrive avec une certaine quantité d'eau, de la râpe bb, par le tuyau f, sur le tamis supérieur, où elle est soumise à l'action mécanique de brosses, animées d'une très grande vitesse et laisse la plus grande partie des matières cellulaires qui la composent, tandis que la féculé passe successivement sur les deux autres tamis qui sont de plus en plus serrés, et y abandonne une nouvelle partie de ses impuretés. L'eau qui a traversé les tamis entraîne la féculé par le canal m dans une série de tonneaux de bois où elle se

dépose. Des portes pratiquées dans le cylindre laveur permettent de retirer la pulpe dès qu'elle est épuisée; on la jette alors de côté et on la remplace par de la pulpe nouvelle. Le tamisage de la féculé se fait aussi à travers les parois du cylindre, qui sont formées de toiles métalliques. La pulpe ainsi traitée, n'est pas complètement épuisée et retient toujours de 2 à 5 p. 400 de féculé; cela tient à ce que toutes les cellules n'ont pas été déchirées; on la soumet de nouveau à l'action d'une râpe plus fine que la première, spécialement employée pour cet objet et on la lave de nouveau.

En résumé, avec une râpe et un appareil de ce genre, mus par un manège attelé de deux chevaux, on peut traiter 9 à 40,000 kilogr. de pommes de terre, par journée de 40 heures de travail.

Quel que soit le mode d'extraction que l'on ait employé, la féculé se rend avec l'eau ayant servi au tamisage dans une série de tonneaux où on la laisse reposer pendant deux ou trois heures et où elle se dépose: on décante le liquide surnageant; on agite bien la féculé avec son volume d'eau pure; et on passe dans un tamis très fin tout le mélange liquide. Le sable et les matières terreuses plus lourdes que la féculé sont restées dans les tonneaux; une partie des débris du tissu cellulaire reste sur le tamis. On répète ce lavage à une ou deux reprises en se servant à chaque fois de tamis de plus en plus fins. Enfin comme il reste toujours quelques impuretés qui sont plus légères que la féculé et qui par conséquent ne se déposent, qu'en dernier lieu, on enlève mécaniquement sur une certaine épaisseur la superficie du dépôt, à l'aide d'une racloire en fer-blanc. La partie ainsi enlevée doit être soumise à un nouveau lavage, lorsqu'on en a réuni une certaine quantité.

La féculé qui s'est déposée après le dernier lavage est en masse assez dure, pour qu'on puisse la couper en morceaux ou pains d'un volume déterminé, que l'on porte dans des paniers légèrement coniques, intérieurement garnis de sacs en toile, et que l'on y tasse par quelques secousses. Après vingt-quatre à trente-six heures, la féculé a pris assez de consistance pour qu'on puisse retirer les pains et les renverser sur une aire en plâtre, de 20 à 30 centim. d'épaisseur, qui forme ordinairement le plancher du séchoir à air libre et qui, en très peu de temps, absorbe toute l'eau encore apparente. Après vingt-quatre heures environ d'exposition sur le plâtre, on la porte dans un séchoir à air libre (fig. 90),

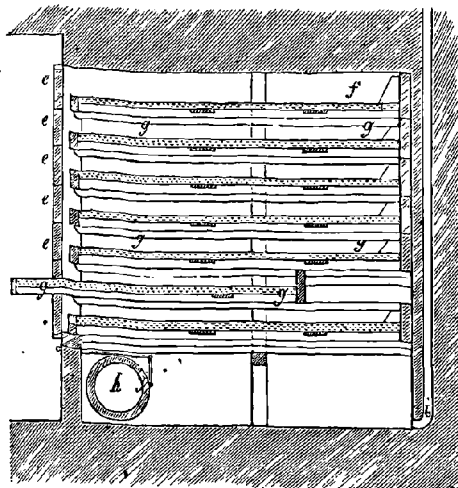


90.

vaste, bien aéré et garni à l'entour de persiennes qui permettent de régler l'affluence de l'air: le séchoir pro-

prement dit, se compose de plusieurs séries de montants verticaux, qui soutiennent des traverses sur lesquelles des tringles horizontales espacées de 2 à 3 centim., forment des planchers à claire-voie superposés qui reçoivent les pains de féculé et laissent circuler l'air atmosphérique.

Enfin le séchage de la féculé se termine dans un séchoir ou étuve à courant d'air chaud (fig. 94).



94.

Le tuyau *h* d'un bon calorifère amène l'air chaud à la partie inférieure du séchoir; ce dernier après avoir circulé au-dessus des 7 tiroirs *f, f*, sur lesquels on place la féculé à dessécher, s'échappe chargé d'humidité par la cheminée d'appel *b*.

Les tiroirs *f, f* sont des châssis en bois tendus de toile qui glissent sur les tasseaux *g, g*; leurs rebords ne sont en saillie que d'un pouce au-dessus de la toile, excepté à leur face antérieure qui a 4 pouces de hauteur, afin qu'elle ferme comme un tiroir chaque ouverture par laquelle on introduit le châssis; la fig. 94 fait aisément comprendre cette forme; on voit que tous les châssis à tiroirs étant placés, la devanture est entièrement close, tandis qu'à l'intérieur il reste entre tous les lits de féculé environ 3 pouces d'espace libre pour la circulation de l'air chaud. Les châssis du premier rang en bas ont un fonds plein afin qu'ils ne perdent rien de la féculé qui passe au travers des fonds en toile des châssis superposés.

On ne porte habituellement la féculé à l'étuve qu'après qu'elle a perdu de 5 à 40 et quelquefois 45 centièmes de son poids d'eau; on la rend pulvérulente en la frottant légèrement entre les mains ou à la pelle, puis on l'étend en couche d'un pouce environ sur chaque châssis que l'on pose ensuite chacun à sa case.

Des bandes en fer-blanc doublées de lisières en drap, couvrent les joints extérieurs entre les tiroirs. Des taquets en bois *e, e*, les maintiennent; il est important que la température de l'air dans l'étuve ne s'élève pas au delà de 55° surtout lorsque la féculé y est portée très humide, car tous les grains se gonfleraient, seraient déchirés et adhéreraient les uns aux autres de manière à former des grumeaux que l'on ne pourrait plus ramener à la forme commerciale.

On s'assure aisément de l'avancement de la dessiccation en ouvrant plusieurs tiroirs, et prenant la féculé que l'on fait rouler entre les doigts; on peut, pour vérification, achever la dessiccation d'une petite quantité de féculé sur une assiette ou une lame de verre; lors-

que la dessiccation est suffisante, on répand la féculé sur une aire unie ou carrelage devant l'étuve, on écrase les plus grosses mottes à l'aide d'un rouleau en fonte semblable à celui qu'emploient les jardiniers, mais moins pesant; on relève ensuite la féculé en tas, puis on la porte au blutoir mécanique.

Le blutoir mécanique se compose d'une trémie ou entonnoir, dans lequel on verse la féculé; de deux tamis superposés à travers lesquels la féculé est successivement obligée de passer par l'action de brosses mues rapidement par un arbre vertical; enfin, d'un espace, placé au-dessous des tamis et qui reçoit la féculé blutée. Des brosses, semblables aux précédentes, expulsent la féculé hors de l'appareil; on la reçoit directement dans des sacs, ou bien elle se rend dans les magasins, où on la conserve jusqu'à la vente.

Le peu d'altérabilité de la féculé permet de la conserver à tous les étages d'une maison; toutefois, il importe qu'elle soit à l'abri des poussières qui pourraient la salir, et que d'un autre côté elle ne perde ni ne gagne d'eau; puisqu'on l'a amenée au terme de siccité commerciale; il convient de la tenir dans un magasin, au rez-de-chaussée, ou même au-dessous du sol; le sol et les parois sont d'ailleurs planchés, et des courants d'air ménagés entre les lambourdes, préservent le bois du contact de la maçonnerie.

La féculé se vend sous les dénominations de *féculé sèche* et *féculé verte*. Cette dernière, simplement égouttée, représente, terme moyen, seulement les deux tiers du poids de la première, et se vend à un prix moins élevé encore que dans cette proportion, puisqu'elle coûte moins de main d'œuvre et n'exige pas de combustible pour le séchage, mais l'élévation des frais de transport ne permet pas de la consommer avantageusement loin des lieux de production.

On distingue encore quelquefois dans le commerce la féculé bien lavée et épurée, comme nous l'avons dit, de la *féculé brute* ou *non lavée*. Celle-ci, recueillie sans autre lavage, après le premier dépôt, se vend moins cher, et sous ce rapport, est quelquefois préférée par les grands consommateurs; tels que les fabricants de sirops communs, les brasseurs, etc.

En quelque état que se vende la féculé, les transactions devraient toujours être basées sur la *proportion de substance sèche* et pure; on éviterait ainsi bien des mécomptes. Par exemple, la féculé dite *sèche* contient une proportion d'eau variable entre 8 et 15 centièmes sans que son prix change; la féculé vendue comme verte contient de 33 à 40 p. 0/0 d'eau et son cours ne varie pas. Cependant les quantités de sirops ou d'alcool obtenues varient dans le même rapport, et les calculs de rendement deviennent illusoirs.

Ces variations peuvent le plus souvent être accidentelles; mais il n'en est pas de même de quelques mélanges vraiment frauduleux, dont nous allons dire un mot. Il est arrivé plusieurs fois que des féculés sèches ou humides ont présenté des déficits énormes aux fabricants de sirops; cela tenait à des additions d'*argile blanche* ou d'*albâtre gypseux* (sulfate de chaux) inaperçues longtemps, car ces corps inertes restaient dans les marcs. Mais les fraudeurs y ayant substitué de la *craie*, il arriva que la conversion en sucre par l'acide sulfurique, fut complètement entravée, puisque l'acide étant saturé avant sa réaction sur la féculé, celle-ci ne devait plus donner et ne donna plus en effet que de l'empois. Une expertise décéla cette fraude et donna lieu à la découverte des autres.

Le moyen le plus simple de constater ces falsifications, se réduit à faire brûler complètement dans une capsule en platine chauffée au rouge une quantité connue (5 ou 10 gram., par exemple), de la féculé à essayer, puis à peser le résidu de la combustion. Si la féculé est d'une pureté commerciale ordinaire, elle devra laisser moins d'un

demi-centième de résidu incombustible, tandis que falsifiée elle laissera probablement au moins dix fois davantage, et jusqu'à quarante fois plus. La fécula très bien épurée laisserait moins d'un demi-millième de son poids de résidu non combustible.

Un procédé plus certain encore pour le cas où la fécula serait mélangée avec quelques matières insolubles dans l'eau, mais combustibles, consisterait à la traiter par la *diastase*, ou une solution d'orge germée, avec les mêmes précautions que celles indiquées ci-après, relativement à l'essai des farines, du pain, du riz et autres matières féculentes ou amylacées. Le même moyen, d'ailleurs, ferait aussi connaître la proportion de toutes substances insolubles dans l'eau combustibles ou non.

Nous donnons plus loin (voyez FÉCULE) quelques détails sur l'organisation des grandes féculeries, considérées comme annexes des entreprises agricoles. Nous donnerons ici le compte de l'extraction de la fécula, d'après M. Payen, compte qui se rapporte, nous pensons, à une exploitation des environs de Paris :

	Par jour de travail.	
Pommes de terre, 200 hectolitres à 4 fr. 50 c.	300 fr.	
Emmagasinage et soins dans les silos.	45	
Main-d'œuvre dans la fabrique.	60	
Direction.	40	
Combustible.	20	
Chevaux (neuf, dont trois attelés et six au repos).	27	
Loyer, entretien.	25	
Transport.	40	
Intérêts, frais imprévus, emballage.	42	
	479 fr.	
Produit { Fécula, 2,295 kil. à 24 fr.	544 fr.	} 544 fr.
les 400 kil.	484 fr.	
Pulpe pressée, 4,400 ^h à 75 c. 33	33	
Bénéfice.	35 fr.	

La pulpe, épuisée après les lavages, pesée, égouttée, environ 45 p. 400 du poids primitif des tubercules, elle contient à peu près 5 p. de matières sèches dont 3 de fécula. Ce marc est vendu aux nourrisseurs, pour être mélangé aux aliments moins aqueux, des vaches et des cochons; on parviendrait à le conserver et à l'améliorer beaucoup en en exprimant l'eau et le faisant sécher sur une touraille.

Outre la fécula de pommes de terre, on trouve dans le commerce plusieurs autres fécules alimentaires dont nous allons dire quelques mots.

La racine de la *maranta arundinacea*, plante qui croît aux Indes-Orientales, étant pilée dans des mortiers, et décantée à travers des tamis, fournit une espèce particulière de fécula qu'on appelle généralement, mais improprement, *arrow-root*. Cette fécula est reconnue pour être plus nourrissante que celles du froment et de la pomme de terre; elle est aussi généralement exempte de toute saveur et de toute odeur particulière; ce qui fait que comme aliment elle est plus agréable au goût que les précédentes. La racine, dans l'état frais, se compose, d'après Benzon, de 0,07 d'huile volatile, de 26 parties de fécula (dont 23 sont obtenues sous forme de poudre, et 3 doivent être extraites de la matière cellulaire réduite à l'état de pâte et traitée par l'eau bouillante); de 4,58 d'albumine végétale; de 0,6 d'une gomme extractive; de 0,25 de chlorure de calcium; de 6 parties de fibrine insoluble, et de 65,6 parties d'eau.

Le *sagou* est une fécula extraite de la moelle du *sagus farinaria*, espèce de palmier qui atteint une hauteur de 9 à 40 mètres, et croît aux Moluques et dans les îles Philippines. On abat l'arbre, et, après l'avoir fendu dans le sens de sa longueur, on enlève la moelle qui on lave

sur un tamis avec de l'eau pour en extraire la fécula qui passe au travers du tamis, et se dépose dans une cuve placée au-dessous, on la laisse sécher jusqu'à ce qu'elle ait acquis une certaine consistance, puis on la force à passer, à l'aide d'une certaine pression, au travers d'une plaque métallique percée de trous, à peu près comme s'il s'agissait de faire du vermicelle, afin de la granuler. Enfin, on dessèche la fécula dans une chaudière en cuivre très plate, chauffée en dessous, en ayant soin de l'agiter constamment.

Le *salep* est le nom que l'on donne aux racines tuberculeuses de plusieurs espèces d'*orchis*, et notamment de l'*orchis mascula*, qui nous viennent de la Perse, et de l'Asie-Mineure. On le rencontre dans le commerce sous la forme de petits grains ovales jaune-blanchâtres, à demi-transparents, d'un aspect corné, très durs, ayant une légère odeur qui leur est particulière et un goût analogue à celui de la gomme adragante mais légèrement salé. Le *salep* est très recherché dans le Levant comme un restaurant très énergique. Ses propriétés aphrodisiaques sont apocryphes. En lavant les bulbes de l'*orchis mascula* qui croît dans nos pays, puis les faisant bouillir pendant quelque temps dans l'eau pour enlever l'odeur forte qu'elles possèdent, et les desséchant ensuite à l'air, on pourrait préparer du *salep* aussi nourrissant que celui de Turquie, et qui reviendrait à un prix beaucoup moins élevé.

Le *tapioka* s'extrait principalement de la racine du manioc (*jatropha manihot*, Linnée). Cette plante qui croît aux Indes-Occidentales, sur les côtes d'Afrique et dans les régions tropicales de l'Amérique, appartient à la famille des euphorbiacées.

On lave ces racines et on les réduit en pulpe à l'aide d'une râpe. Cette pulpe est chargée dans des sacs en toile forte et grossière, que l'on soumet à l'action d'une puissante presse. On sépare ainsi la plus grande partie du suc vénéneux de cette plante, qui est employé par les Indiens pour empoisonner leurs flèches. Comme le principe actif de ce jus est volatil, on a reconnu que c'était de l'acide hydrocyanique ou prussique qui se développait par l'action de la chaleur. On s'en débarrasse aisément en séchant sur une plaque de fer chauffée en dessous la pulpe préalablement comprimée. En distillant 80 kilogr. de jus récemment exprimé, et recueillant les premiers produits de la distillation, on obtient 4 kilogr. d'une dissolution extrêmement vénéneuse; 35 gouttes de cette dissolution administrées, à Cayenne, à un esclave convaincu du crime d'empoisonnement, amenèrent sa mort, au bout de six minutes, au milieu de convulsions tétaniques épouvantables. D'après un mémoire de M. le docteur Ferrain, présenté à l'Académie des sciences de Berlin.

La pulpe séchée comme nous l'avons dit ci-dessus, s'agglomère en pelotes, qui deviennent dures et friables en se refroidissant. On les concasse en fragments plus petits que l'on achève de faire sécher au soleil, et qui, sous le nom de pain de cassave, constituent un aliment très sain qui forme la nourriture principale des nègres et d'un grand nombre de colons. Le pain de cassave est la seule provision que les naturels du Brésil et de la Guyane emportent avec eux dans leurs voyages, sur la rivière des Amazones. En le faisant bouillir dans l'eau, avec un peu de bœuf ou de mouton, ils obtiennent une sorte de soupe très agréable au goût.

Le pain de cassave, envoyé en Europe, se compose presque entièrement de fécula, mélangée seulement d'une petite quantité de matière ligneuse. On peut le purifier en le ramollissant dans l'eau chaude, et passant le liquide laiteux, que l'on obtient, à travers un linge, puis l'évaporant sur le feu en ayant soin de le maintenir dans une agitation continue. La fécula qui s'était dissoute par l'action de la chaleur, s'épaissit à mesure que l'eau s'évapore et se granule lorsqu'on l'agite cou-

stamment, enfin, on finit la dessiccation dans une étuve; sa densité en cet état est de 4,530.

Le produit de ce traitement est connu dans le commerce sous le nom de *tapioka*, et il est souvent recommandé par les médecins comme un aliment très facile à digérer, étant presque absolument composé de féculé pure. On l'importe en traitant la féculé de pommes de terre d'une manière analogue.

Le jus de manioc, séparé par expression, contient en suspension une féculé très fine, qu'il dépose lentement au fond des vases où on le reçoit. En enlevant par décantation, le liquide surnageant, lavant à plusieurs reprises, et desséchant, on obtient une féculé magnifique qui craque quand on la roule entre les doigts. Elle porte, dans la Guyane Française, le nom de *tipipa*, et est employée pour la préparation de divers articles culinaires délicats, surtout dans la pâtisserie; comme poudre à poudrer, etc...

L'amidon ou féculé, quelque soit le procédé par lequel on l'a préparé, est toujours une poudre blanche et douce qui craque lorsqu'on la roule entre les doigts, comme la fleur de soufre; elle est insipide, inodore et inaltérable dans l'air sec; sa pesanteur spécifique est de 4,53.

On peut très aisément reconnaître la nature des féculés et leur pureté, d'après l'observation microscopique de leur forme et de leur grosseur. M. Payen s'est livré sur ce sujet à des recherches fort intéressantes dont nous allons citer quelques-uns des résultats :

La féculé de pommes de terre se distingue par la grosseur de ses grains (0^{mm},140 à 0^{mm},185 de diamètre), par les portions de sphéroïdes et d'ellipsoïdes qui les composent, et enfin par la marque du *hilé* (point par lequel la substance amyloacée s'est introduite), et les traces ou lignes d'accroissement plus faciles à distinguer que sur les autres féculés. L'amidon retiré du blé est en grains à peu près sphériques, ou plutôt lenticulaires et à rebords arrondis, ayant 0^{mm},050 de diamètre. L'arrow-root, le sagou, le salep et le tapioka sont toujours en grains agglomérés; le salep est en grains généralement ovoïdes, plus ou moins irréguliers, ayant 0^{mm},045 de diamètre, et où le hilé est situé sur le gros bout du grain; les grains de sagou importé ont 0^{mm},070 de diamètre; et ceux de sagou frais, non altéré par une sorte de torréfaction, ont seulement 0^{mm},045 de diamètre; l'arrow-root du commerce est en grains sphéroïdaux irréguliers, de 0^{mm},140 de diamètre; et le tapioka est en grains sphériques de 0^{mm},045 à 0^{mm},050 de diamètre.

L'amidon est complètement insoluble dans l'eau froide; mais si l'on chauffe graduellement l'eau, il arrive un point où le tout se prend en masse, en formant une gelée mucilagineuse à laquelle on a donné le nom d'*empois*. Si l'on observe au microscope ce qui se passe pendant cette opération, on remarque que les grains amyloacés s'hydratent et se gonflent énormément, puis se soudent ensemble de manière à former l'empois. La température à laquelle l'empois prend une consistance gélatineuse n'est pas la même pour toutes les féculés; ainsi pour l'amidon retiré des céréales, cette température est de 85 à 90° centigrades, et seulement de 60 à 70° pour la féculé de pommes de terre. Par le refroidissement, l'empois se prend en masse opaque et consistante, qui se sèche à l'air, se fendille quelquefois et se transforme en une matière translucide semblable à de la gomme.

L'amidon est complètement insoluble dans l'alcool même bouillant, et par conséquent n'y forme aucun empois.

La présence des alcalis caustiques détermine même à froid la dissolution de l'amidon dans l'eau; les acides faibles ne le dissolvent que par l'action de la chaleur. Si l'on fait bouillir de l'eau avec de l'amidon, et qu'à l'empois ainsi obtenu, on ajoute une très faible quantité d'acide sulfurique étendu, la liqueur devient presque im-

médiatement parfaitement liquide et limpide; en maintenant le mélange pendant quelque temps à la température de 60 à 70° centigrades, l'amidon se transforme en une substance gommeuse qui porte le nom de *dextrine*. Le principe actif de l'orge germé, qui porte le nom de *diastase* (voyez ce mot), agit sur l'amidon d'une manière tout à fait analogue.

Le nom de *dextrine* vient de ce que cette substance, en dissolution aqueuse ou en plaque mince, détourne à droite plus que toute autre substance connue le plan de polarisation; elle est d'un blanc légèrement jaunâtre, insipide et sans odeur, transparente en plaques minces et à cassure vitreuse, aigre et friable lorsqu'elle est complètement desséchée. Chauffée à 440° centigrades, elle commence à éprouver une sorte d'altération, se colore en brun et répand l'odeur du pain que l'on retire du four.

Pour préparer en grand la dextrine au moyen de la diastase, on met dans une chaudière 400 kilogrammes d'eau avec 5 kilogr. d'orge finement moulu; on chauffe le tout à 60° centigrades, et on y ajoute 400 kilogr. de féculé de pommes de terre par petites portions, et en maintenant le mélange dans une agitation continuelle. On maintient la température à 70° centigrades environ, jusqu'à ce que tout l'amidon se soit dissout et que la liqueur ne se colore plus en bleu violet par la teinture d'iode, puis on fait bouillir pendant quelque temps pour détruire le ferment, sans quoi la dextrine se transformerait subséquemment en sucre de raisin. On laisse ensuite refroidir jusqu'à 50° centigrades environ; on y verse du blanc d'œuf délayé dans une petite quantité d'eau, on mêle bien le tout et on fait bouillir de nouveau; l'albumine se coagule et vient former des écumes que l'on enlève. La liqueur ainsi clarifiée est évaporée, autant qu'il est possible de le faire sans brûler le résidu, qui, par le refroidissement, se prend en une gelée d'une certaine consistance que l'on peut soit employer immédiatement, soit dessécher dans une étuve pour la conserver.

Pour préparer la dextrine à l'aide de l'acide sulfurique, on fait bouillir 25 parties d'acide sulfurique avec 425 parties d'eau, et on y ajoute par petites portions une bouillie de 400 parties d'amidon et de 425 d'eau froide, en ayant soin d'agiter continuellement. La température s'abaisse de 60 à 70° centigrades, où on la maintient; sans cela une grande partie de la féculé se transformerait en sucre. Aussitôt que l'amidon est dissout et forme une liqueur presque claire et fluide, on sature l'acide par de la craie, on filtre pour séparer le sulfate de chaux ou gypse qui s'est formé, et on évapore la liqueur filtrée comme ci-dessus.

Un procédé très commode et peu coûteux, pour préparer en grand la dextrine, découvert par M. Payen, a fait le sujet d'un brevet d'invention, pris par M. Heuzé en 1838. On ajoute à 400 parties de féculé sèche ou à une quantité correspondante de féculé verte, une partie d'acide nitrique ayant une densité de 4,4, et la quantité d'eau nécessaire pour en former une pâte épaisse. Avec la féculé sèche, il est beaucoup plus facile de distribuer l'acide d'une manière uniforme dans la masse, ce qui est de la plus haute importance pour la réussite de l'opération. Cette pâte est d'abord partagée en pains du poids de 12 à 13 kilogr., que l'on sèche par une exposition de quelques heures à l'air libre, puis que l'on égrène et que l'on porte dans une étuve à courant d'air chaud où la température s'élève au plus à 64° centigrades. Après un séjour de vingt heures dans cette étuve, on émotte et on blutte la matière comme dans la préparation de la féculé ordinaire, puis on la torréfie pendant 40 minutes environ dans un four maintenu à la température de 100 à 120° centigrades. Le produit obtenu est d'autant plus blanc que la température de torréfaction a été moins élevée; mais d'un autre côté, la durée de l'opération en

AMIDON.

est augmentée d'autant. La dextrine ainsi préparée donne avec l'eau froide un liquide presque clair, mucilagineux, qui offre la plus grande ressemblance avec une dissolution de gomme arabique, et peut être employé à une foule d'usages en industrie, comme pour épaissir les couleurs dans l'impression des étoffes et celle des tapis, le gommage des tissus, etc. Il n'est pas nécessaire d'ajouter que dans cette préparation l'acide nitrique est complètement détruit par sa réaction sur la fécule, et que l'on n'en retrouve plus la moindre trace dans le produit obtenu.

Winterfeld recommande un procédé tout à fait analogue ; seulement il emploie une quantité d'acide nitrique plus considérable (2 d'acide en poids pour 400 de fécule sèche à traiter), ne dessèche la pâte qu'à une température de 22 à 25° centigr., à l'air libre en été et dans une étuve en hiver, puis effectue la torréfaction à la faible température de 53 à 69° centigr., en ayant soin de retourner fréquemment la matière avec un râble. On prépare par voie sèche, dans les arts, de la dextrine impure, ou amidon torréfié, très employé dans les apprêts, l'encollage, les applications des mordants et des couleurs, etc. On le prépare spécialement avec l'amidon des céréales que l'on pulvérise et que l'on chauffe graduellement à une température de 140 à 160° centigr., dans un four, ou un cylindre en fer-blanc analogue à ceux qui servent à brûler le café, jusqu'à ce que la matière ait pris une teinte brun clair et exhale l'odeur du pain fortement cuit. A Manchester, où la fabrication de l'amidon torréfié se fait très en grand pour l'impression des indiennes et autres étoffes de coton, on opère la torréfaction dans des fourneaux construits en plaques de fonte qui sont chauffées extérieurement, à un point tel que la température intérieure s'y élève à 150° centigr.

On étend l'amidon sur des plaques en tôle munies de rebords, que l'on introduit par quatre à la fois dans le fourneau ; il s'y agglomère et forme des pelottes irrégulières, translucides, d'un brun jaunâtre, que l'on passe au moulin lorsqu'elles sont refroidies pour les réduire en farine, état sous lequel on verse l'amidon torréfié dans le commerce. Ainsi préparé, l'amidon torréfié se dissout assez complètement dans l'eau, en formant une dissolution qui, concentrée, est mucilagineuse et colorée en brun assez foncé, ce qui empêche de l'employer pour l'application de certaines couleurs pâles ou très délicates.

La fécule de pommes de terre ne se torréfie pas bien par les procédés que nous venons d'indiquer, parce qu'elle s'attache aux parois des vases dans lesquels s'opère la torréfaction ; pour remédier à cet inconvénient, on a proposé de faire bouillir une partie de l'amidon avec une certaine quantité d'eau et $\frac{1}{10}$ de son poids d'alun, puis de mélanger cette bouillie avec le reste de la fécule et d'en former une pâte épaisse que l'on briserait en fragments, que l'on ferait sécher et que l'on torréfierait ensuite, comme il est dit ci-dessus.

L'amidon torréfié diffère de la dextrine préparée par voie humide : 1° en ce qu'il n'est pas transformé en sucre de raisin par l'acide sulfurique étendu, ou l'infusion d'orge germé ; 2° en ce que l'amidon torréfié prend une coloration rouge pourpre par l'iode, et la dextrine une coloration brunaire ; enfin, d'après M. le docteur Ure, la composition chimique de ces deux corps ne serait pas la même, comme il résulte des nombres suivants :

	Dextrine.	Amidon torréfié.
Carbone.	35,7	43,5
Hydrogène.	6,2	6,8
Oxygène.	58,1	49,7
	100,0	100,0

Il est à remarquer que la dextrine et l'amidon torréfié, préparés en grand, contiennent presque toujours une certaine quantité d'amidon non décomposé, et que par

AMMONIAQUE.

suite lorsqu'on les traite par l'eau froide, ils donnent lieu à un résidu d'apparence floconneuse plus ou moins considérable.

Nous terminerons cet article en parlant de l'action remarquable de l'iode sur l'amidon.

Lorsqu'on arrose de l'amidon sec avec une dissolution aqueuse d'iode, les granules prennent aussitôt une couleur bleu clair. Si au contraire, on agit de l'empois avec de la teinture d'iode, le tout prend aussitôt une belle couleur bleu foncé, au moyen de laquelle on peut reconnaître dans une liqueur les moindres traces d'amidon et réciproquement, l'amidon est un des moyens les plus précieux et les plus délicats que nous ayons pour découvrir la présence de l'iode. Si l'on chauffe de l'amidon ainsi coloré par l'iode avec de l'eau, la couleur commence par virer au rouge et finit par disparaître presque entièrement, parce que toute la masse s'est dissoute ; par le refroidissement, l'empois s'aggrave peu à peu et la couleur reparait de nouveau. Par l'action prolongée de la lumière, toute coloration disparaît, parce que sous cette action l'iode se transforme en un mélange d'acides iodique et hydriodique ; on peut la faire reparaitre en ajoutant un peu de chlore qui revivifie l'iode ; si l'on en ajoutait trop, il se formerait du chlorure d'iode et la couleur disparaîtrait de nouveau. Il paraîtrait, d'après quelques observations récentes, que les fibres végétales peuvent, dans quelques circonstances, donner, avec l'iode, une coloration bleue, et que par conséquent cette coloration ne serait pas toujours un signe assuré de la présence de l'amidon.

Pour ce qui regarde la transformation de la fécule en sucre de raisin, voyez les articles DIASTASE, FERMENTATION, GLUCOSE.

AMMONIAQUE. L'ammoniaque ou alcali volatil a une assez grande importance industrielle, puisqu'il sert à extraire l'orseille, la cochenille, etc. ; mais cette importance est bien autrement considérable lorsqu'il s'agit des sels, que cette base peut donner en se combinant avec les acides, tels que l'hydrochlorate et surtout le sulfate d'ammoniaque, auxquels nous consacrerons des articles spéciaux (voir CHLORURES et SULFATES).

L'ammoniaque jouit des propriétés alcalines des bases les plus puissantes ; il verdit fortement le sirop de violette, ramène au bleu le papier rouge de tournesol, sature complètement les acides les plus énergiques et forme des sels parfaitement définis et cristallisés ; toutes ces propriétés lui assignent dans l'industrie un rang très élevé et qui tend à grandir chaque jour.

L'ammoniaque anhydre est gazeux à la température et à la pression ordinaires ; ce gaz est incolore, très âcre, caustique, son odeur vive et pénétrante provoque la suffocation et le larmoyement ; il est susceptible de se liquéfier à une très basse température ou sous une forte pression, enfin, et ce qui nous importe surtout ici, il est extrêmement soluble ; à la température et à la pression ordinaires, l'eau en dissout le tiers de son poids, ce qui fait environ 4 ou 500 fois son volume, et la dissolution diminue de densité au fur et à mesure qu'elle contient une plus grande proportion d'ammoniaque.

Voici au reste un tableau, dressé par Davy, et qui indique approximativement la proportion réelle d'ammoniaque qui existe dans une dissolution à des pesanteurs spécifiques différentes.

Ainsi, la pesanteur spécifique de l'eau étant 4,0000, on aura :

Pesanteur spécifique.	Ammoniaque.	Eau.
0,8750	32,50	67,50
0,8875	29,25	70,75
0,9000	26,00	74,00
0,9054	25,37	74,63
0,9166	22,07	77,93
0,9255	19,54	80,46
0,9326	17,52	82,48

AMMONIAQUE.

Pesanteur spécifique.	Ammoniaque.	Eau.
0,9385	45,88	84,42
0,9435	44,53	85,47
0,9476	43,46	86,54
0,9513	42,40	87,60
0,9545	41,56	88,44
0,9575	40,82	89,18
0,9597	40,47	89,83
0,9619	9,60	90,40
0,9692	9,50	90,50
4,0000	0,00	400,00

La dissolution aqueuse d'ammoniaque est très peu stable; à la température de l'ébullition la presque totalité de l'alcali volatil qu'elle tient en dissolution se dégage; exposée à l'air libre, même à la température ordinaire, elle finit également, à la longue, par s'en dépouiller complètement; il faut donc avoir grand soin de conserver les dissolutions d'ammoniaque dans des vases parfaitement fermés. Du reste, la dissolution aqueuse de l'ammoniaque possède les mêmes propriétés que l'alcali gazeux lui-même, et c'est à cet état seulement qu'on le rencontre dans le commerce.

À l'état de gaz, l'ammoniaque est composé de 3 volumes d'hydrogène et de 1 vol. d'azote condensés en 2 volumes, ou bien en nombres de :

Azote.	82,53	} Az ³ H ⁶ .
Hydrogène.	47,47	
	140,00	

À l'état de dissolution, c'est-à-dire tel qu'on le trouve dans le commerce, il est uni à une quantité d'eau telle, qu'il marque de 21° à 22° Baumé, et qu'il forme 48 à 20 p. 400 du poids de la dissolution.

Pour obtenir l'ammoniaque liquide, il existe aujourd'hui deux méthodes parfaitement distinctes : 1° L'ancien procédé qui consiste à prendre un sel ammoniacal cristallisé, préparé d'avance, et à le décomposer par de la chaux caustique; 2° le nouveau procédé qui consiste, au contraire, à retirer directement l'ammoniaque que renferment les eaux de condensation des usines à gaz. On voit tout de suite en quoi diffèrent essentiellement ces deux méthodes; dans la première, l'ammoniaque doit supporter des frais d'acide et de fabrication qui sont complètement supprimés dans la nouvelle fabrication; décrivons successivement les deux procédés.

4° Si l'on mélange intimement un sel ammoniacal tel que l'hydrochlorate ou le sulfate, avec de la chaux parfaitement caustique, puis qu'on chauffe le mélange, on sait que l'ammoniaque est mis en liberté et se dégage à l'état gazeux, tandis que la chaux prend sa place pour former du chlorure de calcium ou du sulfate de chaux. C'est sur cette réaction très simple que repose l'ancien procédé. Le sulfate d'ammoniaque est aujourd'hui exclusivement employé dans cette préparation; il renferme un peu plus d'alcali, et d'ailleurs, son prix est bien moins élevé que celui de l'hydrochlorate (voyez plus loin la préparation de ces deux sels).

On prend à peu près poids égal de sulfate d'ammoniaque cristallisé et de chaux parfaitement défilée, et en poudre impalpable, dont on fait un mélange intime que l'on porte de suite dans l'appareil de décomposition. C'est une chaudière en fonte ou en tôle, qui doit être disposée de manière à pouvoir être chauffée uniformément, ainsi qu'à permettre d'y introduire facilement les matières premières et d'en retirer les résidus de l'opération. Un appareil analogue à ceux qui s'emploient dans la fabrication de l'acide nitrique, réussit très bien, pour de grandes productions.

Le gaz ammoniac qui se dégage par la réaction de la chaux caustique, sur le sulfate d'ammoniaque, est conduit dans une série de vases cylindriques en plomb, disposés en appareil de Woolf; il se rend d'abord dans

AMMONIAQUE.

un premier flacon laveur, destiné à le débarrasser de ses impuretés; puis, dans deux ou trois autres vases dans lesquels on a mis d'avance la quantité d'eau nécessaire pour donner une dissolution à 22°; on doit s'arranger pour que chaque flacon ait au moins le tiers de sa capacité vide. Les tubes qui amènent le gaz ammoniac, doivent plonger jusqu'au fond des vases, sans cette précaution la dissolution, qui est plus légère que l'eau, se ferait difficilement.

L'opération commence immédiatement aussitôt que l'on commence à chauffer; la rapidité plus ou moins grande de l'émission du gaz, que l'on entend barbotter, sert de guide pour augmenter ou diminuer le feu; le flacon laveur absorbe d'abord tout le gaz; mais lorsque la petite quantité d'eau qu'il renferme est saturée, l'ammoniaque se rend dans le premier vase de dissolution; à mesure qu'elle se dissout, le volume du liquide augmente, sa température s'accroît rapidement, et deviendrait même un obstacle à la dissolution si l'on n'avait soin de refroidir le flacon avec de l'eau froide; d'ailleurs, la densité de la dissolution diminue sans cesse jusqu'à la saturation complète du liquide. A ce moment, le vase ne tarde pas à se refroidir, le gaz ammoniac passe entièrement dans le vase suivant, et ainsi de suite.

L'opération est terminée lorsqu'il n'y a plus de dégagement de gaz; à ce moment le sulfate d'ammoniaque est entièrement décomposé, et il ne reste plus dans l'appareil de décomposition, que du sulfate de chaux, de la chaux en excès et les substances étrangères non volatiles que renfermait le sulfate d'ammoniaque.

La dissolution d'ammoniaque, versée dans le commerce, doit marquer 21 à 22° à l'aréomètre Baumé; on la livre dans des bouteilles en grès, exactement fermées au moyen de bouchons en liège, enveloppés d'une rondelle de parchemin et recouverts par de la glaise que l'on enveloppe au moyen d'une nouvelle feuille de parchemin, ficelée autour du col de la bouteille.

2° Le nouveau procédé, qui consiste à retirer directement l'ammoniaque des eaux de condensation du gaz d'éclairage, est en marche régulière depuis quelques mois seulement. M. Mallet est le premier qui se soit occupé de cette fabrication; M. Lamingue, venu en suite, obtient également de bons résultats.

Les eaux de condensation du gaz renferment, entre autres produits, du carbonate et de l'hydrosulfate d'ammoniaque, et marquent à l'aréomètre de Baumé, depuis 4 jusqu'à 5 degrés, terme moyen 2 degrés. En principe, la méthode que l'on emploie est extrêmement simple; elle consiste à distiller ces eaux ammoniacales, sur de la chaux parfaitement éteinte; l'ammoniaque mise en liberté se dégage, et il se forme du carbonate de chaux et du sulfure de calcium, qui reste dans les eaux épurées; tout le secret du procédé réside donc dans la disposition des appareils. L'appareil breveté qu'emploie M. Mallet, se compose : 1° De deux chaudières distillatoires, munies d'agitateurs, dont la première est disposée directement au-dessus du foyer, et la seconde est chauffée par la chaleur perdue, et par les vapeurs de la première; 2° de vases laveurs à la chaux, destinés à purifier le gaz, analogues à ceux employés dans la fabrication du gaz d'éclairage; 3° d'un serpentin condenseur, où se condense le gaz ammoniac, et qui est refroidi par les eaux qui doivent être distillées dans l'opération suivante; 4° d'un vase destiné à recevoir l'ammoniaque condensée dans le serpentin; 5° d'un flacon de lavage destiné à épurer l'ammoniaque; 6° d'un appareil de Woolf pour la dissolution du gaz qui a échappé à la condensation et qui se dissout dans l'eau que contiennent ces vases. L'ammoniaque recueillie dans le premier vase ne marque jamais un degré suffisant, on la remonte dans l'appareil distillatoire, au moyen d'une pompe foulante.

L'alcali, que l'on obtient par ce procédé, marque

21 à 22° à l'aréomètre, il n'est pas parfaitement blanc et contient encore un peu d'huile essentielle; mais l'expérience a prouvé qu'il donnait des résultats aussi bons dans l'application, que l'alcali parfaitement pur. Il ne se vend d'ailleurs que 50 fr. les 400 kil.

Le procédé de M. Lamingue est moins connu, il diffère surtout du précédent, en ce que l'ammoniaque est épurée de l'huile empyreumatique qu'elle renferme au moyen d'une huile grasse qui la dissout complètement; le produit épuré de cette manière est beaucoup plus pur que le précédent, il convient peut-être mieux dans quelques cas où il est nécessaire d'employer de l'alcali parfaitement pur; mais dans la plupart des applications en grand il ne donne pas de meilleurs résultats et il a l'inconvénient de revenir à un prix plus élevé; il se vend aujourd'hui 57 fr. les 400 kilogr.

En préparant l'ammoniaque au moyen du sulfate, il est impossible d'arriver à ces prix, surtout à celui de 50 fr. les 400 kilogr. En effet, le sulfate d'ammoniaque coûte déjà au minimum 50 fr. les 400 kilogr., il ne donne que 440 kilogr. d'ammoniaque à 21° et au prix de la matière première, il faut ajouter les frais de décomposition, la chaux, le combustible, la main d'œuvre, etc., etc., et le bénéfice du fabricant.

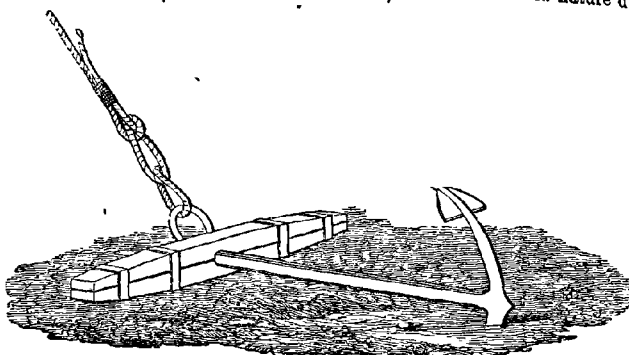
AMMONIAQUE (Gomme résine). C'est le suc épais d'une plante ombellifère (le *Dorema armeniacum*) qui croît en Perse. Il nous arrive en petites larmes blanches réunies entre elles, ou en masses brunâtres mêlées à beaucoup d'impuretés. Il a une odeur particulière ressemblant un peu à celle de l'*assa fetida*, et une saveur amère. On l'emploie en médecine. On ne s'en sert guère dans les arts que pour faire un ciment avec lequel on peut coller ensemble des morceaux de porcelaine cassée ou de verre. On prépare ce mastic de la manière suivante : colle de poisson 46 parties, eau distillée 96 p., faites bouillir et réduire à 48 p.; ajoutez 24 p. de fort esprit-de-vin, faites bouillir le mélange pendant une minute ou deux; passez-le; ajoutez, pendant qu'il est chaud d'abord 8 p. d'une émulsion laiteuse de gomme ammoniacale, et ensuite 5 p. d'une solution alcoolique de résine mastic. Cette composition ressemble à celle que l'on vend dans les boutiques de Londres sous le nom de *ciment diamant*.

AMORPHE (sans forme). Se dit d'un minéral et de toutes les autres substances qui se présentent sous des formes tout à fait irrégulières.

ANALYSE; SYNTHÈSE. Analyser un produit ou une machine, c'est les décomposer et en séparer les parties constituantes ou éléments; recomposer le tout en partant des éléments forme la *synthèse*. On ne saurait trop recommander en industrie, la connaissance et l'emploi de ces deux procédés sans lesquels il n'est pas de progrès possible.

ANCRE (*angl.* anchor, *all.* anker). Crochet de fer d'un poids et d'une force considérables, attaché à l'extrémité d'un câble, qu'on jette au fond de l'eau ou sur le rivage pour y fixer (*amarrer*) un navire. C'est un instrument de la plus grande importance pour le navigateur, puisque c'est de la faculté d'avoir et de conserver prise sur le fond de la mer, que dépend son salut dans une foule d'occasions, et particulièrement lorsque le vent le pousse à la côte et lui fait courir le risque de s'échouer ou de se briser sur les rochers qui la bordent. Les ancres sont généralement faites en fer forgé. La manière dont une ancre agit se trouve représentée par la figure 92. On y voit évidemment d'après la direction de la force, que l'ancre ne peut se mouvoir sans labourer le fond dans

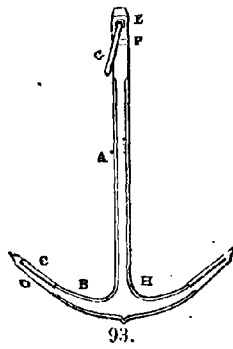
lequel entre une de ses branches ou bras. Lorsque malheureusement cela arrive, soit à cause de la nature du



92.

fond, soit par la manière dont l'ancre a mordu, soit enfin à cause de la violence des vents et des courants, ou dit que le vaisseau *chasse* sur ses ancres. Lorsque le fond est ferme, le câble ou le bras de l'ancre qui pénètre dans le fond, se casserait plutôt que de permettre au vaisseau de chasser. Il y a des ancres de différentes grosseurs, et elles portent des noms différents, selon le but auquel on les fait servir. Ainsi il y a la *mattresse ancre* dite l'ancre de salut ou de *miséricorde*, la *seconde ancre*; l'ancre d'*af-fourche*; l'ancre de *rechange*; l'ancre de *toue* ou de *touée*; le *tonneur*, petite ancre de touée; et l'ancre à *empenneler*. Les vaisseaux de premier rang ont six ancres, et les petits bâtiments tels que les bricks et les schooners en ont trois.

La fabrication des ancres exige une grande habileté dans l'art de les travailler. Nous indiquerons brièvement



93.

ici, le système perfectionné introduit en Angleterre par M. Perring, commissaire de marine à Plymouth, système dans lequel toutes les parties de l'ancre sont admirablement proportionnées aux efforts qu'elles doivent supporter. A (fig. 93) est la vergue ou *vergue*, B le bras ou la *dent*, C la *palle* ou *oreille*, D le *plat* de l'*oreille*, E la *tête* de l'ancre, F le *tenon* de la vergue, G l'*anneau* ou l'*organeau*, et H le *collet* ou l'*encolure*.

Auparavant, on formait la vergue d'un certain nombre de barres de fer carrées assemblées en faisceau cylindrique et liées par des cercles de fer, puis soudées ensemble; pendant cette opération, les barres extérieures ne peuvent manquer d'être en partie brûlées par le grand nombre de réchauffages qu'on leur fait subir. M. Perring a évité cet inconvénient, en employant des barres de fer méplat ayant toute la largeur à donner à la vergue, les posant exactement les unes sur les autres les cerclant et les soudant ensuite toutes ensemble en deux réchauffages seulement. On effectue le soudage à l'aide d'un mouton mû à bras d'hommes, comme les sonnettes à tiraude (voyez SONNETTES), et disposé tout à fait de même. Il vaudrait mieux employer un marteau mouton mû par la vapeur, comme celui dont on se sert dans la belle usine du *Creusot* (Saône-et-Loire), pour forger les plus grosses pièces de machines, et que nous décrirons dans la suite de cet ouvrage, sous le titre MARTEAU A VAPEUR.

ANCRE.

L'encolure se forge d'une manière analogue à la verge. La partie la plus importante et la plus remarquable du procédé de M. Perring, consiste dans la manière dont il réunit les bras à l'encolure. On ne soude pas immédiatement ensemble toutes les barres qui doivent former la couronne; mais on les divise en deux moitiés suivant la largeur, que l'on forge séparément, puis on les juxtapose et on les brase ensemble par l'extrémité qui doit être réunie à la verge, tandis que l'on recourbe à angles droits et en sens inverse, les extrémités opposées qui doivent être plus tard soudées avec les bras. On introduit dans l'angle qui s'est formé par l'écartement des deux parties de l'encolure lorsqu'on les a recourbées, une sorte de coin en fer que l'on y brase, puis on soude de chaque côté les bras formés de plusieurs bandes de fer préalablement brasées ensemble et présentant une épaisseur égale à la moitié de l'épaisseur maximum du bras de l'ancre, qui est formée à sa naissance de la somme des épaisseurs du bras soudé et de la moitié de celle de l'encolure.

On soude ensuite la verge à l'encolure; puis on termine le forgeage de la verge. Enfin après avoir forgé à part les pattes ou oreilles on les soude sur les bras.

Le bras BC fait généralement un angle de 56° avec la verge A; il est ou rond ou polygonal, et sa longueur est à peu près la moitié de celle de la verge.

L'extrémité supérieure E de la verge F (fig. 93) est équerre pour recevoir une sorte de flotteur ou pièce en bois dite *jas* placée dans une direction perpendiculaire à la verge et au plan des branches de l'ancre, et qui oblige l'une de ces branches à se diriger vers la terre et à s'y enfoncer quand on vient à tirer sur le câble. Pour l'empêcher de changer de place, il est retenu par deux oreilles ou espèces de tenons faisant saillie.

Le *jas* de l'ancre (fig. 92) est en bois de chêne. Il consiste en deux fortes pièces qui embrassent la partie équerre de la verge, et y sont solidement assujetties par des boulons et des frettes en fer ainsi que l'indique la figure. Le *jas* est ordinairement un peu plus long que la verge; il a au milieu une épaisseur qui est d'environ un douzième de sa longueur, mais il va en s'amincissant dans un sens jusqu'à n'avoir plus que la moitié de cette épaisseur à ses extrémités. Dans les petites ancres le *jas* est fréquemment en fer; mais dans ce cas il n'embrasse point la verge, on le fait passer au travers d'un trou pratiqué dans le carré qui a été renflé convenablement dans ce but.

Le poids des ancres, pour les différents vaisseaux, est proportionné à leur tonnage. On admet comme une bonne règle d'avoir des ancres qui pèsent, en quintaux métriques, un quarantième du nombre de tonneaux de charge. Ainsi, pour un vaisseau de 4,000 tonnes, il faudrait une maîtresse ancre du poids de 25 quintaux métriques. Les vaisseaux de guerre sont pourvus d'ancres un peu plus pesantes.

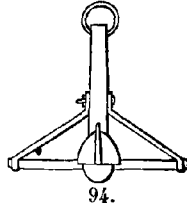
Plusieurs autres formes d'ancres, et d'autres manières de les construire, ont été proposées dans le brevet de M. Piper, dont la date remonte au mois de novembre 1822. Si ce nouveau système était adopté, il en résulterait du moins, quant à la force, des avantages supérieurs à tout ce qui a été pratiqué jusqu'alors.

Le but principal de cette invention a été de donner aux fibres du métal une disposition telle qu'elles puissent offrir la plus grande résistance possible: pour y parvenir, on évite autant que possible de contrarier et de courber ces fibres aux points de jonction de la verge et des bras; de sorte qu'elles ne soient ni tourmentées ni affaiblies, là où précisément elles ont le plus d'effort à supporter.

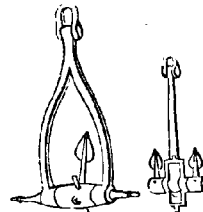
Sous ce rapport, la plupart des ancres sont défectueuses, car presque toujours en réunissant la verge aux bras, le grain du métal est ou contrarié, ou infléchi, au point d'altérer la ténacité des fibres, et par consé-

ANCRE.

quent d'affaiblir l'ancre, là où il est nécessaire au contraire qu'elle soit le plus renforcée. Le premier principe, pratiqué par M. Piper, a été de placer autant que possible les fibres du métal en ligne droite, partout où l'effort doit principalement s'exercer.

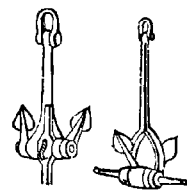


La figure 94 montre une ancre avec un bras tournant, passant entre les deux branches d'une verge fourchue. La partie inférieure de cette ancre qui correspond à l'encolure est traversée par un fuseau autour duquel tourne le bras. On y introduit une cheville quand on veut fixer le bras dans une position déterminée. La verge est formée d'une pièce solide en fer battu, dont les fibres sont disposées en ligne droite, et les trous qui sont percés à la couronne n'occasionnent dans le métal qu'un simple renflement, dont la courbure n'affecte pas ces mêmes fibres au point de les forcer; le bras ainsi que le fuseau qui réunit le bras à la verge sont également formés d'une seule pièce, sensiblement droite. Le fuseau dépasse un peu de chaque côté de l'ancre; cette disposition a pour but de remplacer le *jas*; car lorsque l'une ou l'autre des extrémités du fuseau vient en contact avec le fond, l'ancre s'établit dans une position stable. On peut néanmoins, au lieu de ces saillies, introduire un *jas* de fer auprès de la chaîne. Dans la chute de l'ancre, le bras tombera du côté qui se trouvera le plus près du fond, et elle sera immédiatement en état de mordre dès qu'on le tirera en avant.



La fig. 95 présente le dessin d'une autre ancre établie sur le même principe, mais légèrement modifiée dans sa forme. Dans celle-ci, les branches qui forment l'enfourchement de la verge sont plus rapprochées que dans la première, et il y a deux bras au lieu d'un fixés sur le même manchon. L'un de ces bras tombe dans sa position d'arrêt lorsque l'ancre touche le fond, et il est maintenu invariablement sous son angle d'inclinaison par l'autre bras qui vient buter contre la verge.

La figure 96 présente une autre variation dans la forme de ces ancres perfectionnées; il y a ici deux bras tournants disposés de manière qu'ils puissent mordre en même temps. La verge est, comme dans celles qui précèdent, forgée sans croiser le grain, et les yeux pratiqués soit à l'encolure pour le fuseau, soit auprès de la chaîne pour l'organeau, ont été percés au lieu d'être formés soit en soudant, soit en contourant le fer. Dans ce système, la couronne est munie d'une garde qui fait office de *jas*, en faisant tourner les bras dans la position convenable pour les fixer. Les bras sont forgés, ainsi que nous l'avons déjà dit, dans le sens des fibres du fer, puis percés et fixés au fuseau qui passe à travers l'encolure.



La figure 97 représente une verge sans enfourchement. Elle est en ligne droite dans toute sa longueur. La garde est ici une pièce de fer allongée tenant lieu de *jas*, qui est ainsi que les bras tournants, réunie au fuseau qui passe au travers de l'encolure, et qui fait tomber les bras de l'ancre dans leur position d'arrêt.

Ces diverses ancres étant formées de pièces séparées

ANCRE.

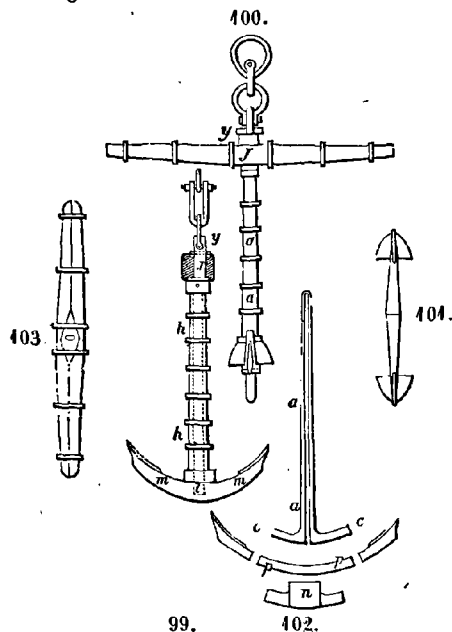
offrent une grande facilité à l'ouvrier pour exécuter parfaitement chaque pièce. En effet, il n'a pas à soulever ni à chauffer des masses aussi lourdes, et alors il peut forger des ancres beaucoup plus résistantes sous un moindre poids. Ensuite, si quelque accident arrive, chaque pièce peut être séparée des autres pour être réparée, et l'on peut embarquer avec soi des pièces de rechange pour celles qui sont le plus sujettes à se briser. Ce système d'ancre est tellement conditionné qu'un seul homme peut en démonter et en remonter une du poids de 4,500 kilogr. en vingt minutes. Toutes les pièces démontées peuvent être arrimées en quelque endroit que ce soit du navire, sans qu'elles y occupent plus de place que de simples barres de fer.

L'ancre qui est représentée fig. 98 a été l'objet d'un brevet pris en Angleterre, par M. Brunton, au mois de février 1822. Le jas traverse l'encolure de manière à faire toujours tomber l'ancre dans sa position d'arrêt. La verge est perforée dans sa partie solide, en deux endroits différents, par des ouvertures elliptiques qui ont pour but de lui donner plus de stabilité, et de lui permettre de mieux résister aux efforts auxquels l'ancre peut être soumise. Le jas est une barre de fer cylindrique, soutenue à ses extrémités par des bras ou supports latéraux boulonnés à la verge.

Cette construction offre, dit-on, de notables avantages, principalement sous le rapport de la stabilité, sur les ancres construites à la manière ordinaire; et elles sont plus économiques, en ce sens qu'il faudrait leur donner un poids moindre pour obtenir un égal degré de force.

Une autre forme d'ancre fort ingénieuse a été l'objet d'un premier brevet pris en 1828 par le lieutenant Rodgers, de la marine royale, qui l'a modifiée ensuite dans un second brevet, en date du mois d'août 1829. Toutes les parties de cette ancre sont reliées entre elles au moyen de bandes ou de frettes en fer, au lieu de boulons ou de clous.

Les figures 99 et 400 sont deux élévations de l'an-



cre de M. Rodgers. La figure 401 est le plan des bras et des pattes. La figure 402 donne les détails de con-

ANIMÉ.

struction de la verge et de l'encolure, et la figure 403, le plan du jas. *a, a*, sont deux bandes en fer servant à consolider la verge, et qui se terminent par deux moignons *c, c*, sur lesquels on ajuste les bras.

L'encolure doit être soudée aux moignons *c, c* (figure 402), de même qu'à l'extrémité *l* de la tige centrale *h, h*; et les empâtures *m, m*, doivent être convenablement taillées pour recevoir les bras. Toutefois avant d'ajuster les bras aux moignons, on renforce l'encolure en y soudant de chaque côté les deux pièces *n, n*, qui (fig. 403) viennent embrasser l'extrémité de la tige *h, h* et les coudes *a, c*. Les moignons *c, c*, sont renforcés de la même manière par les pièces minces et plates *p, p*, soudées de chaque côté. Les pattes sont réunies aux bras de la manière ordinaire, et les bras sont fixés aux moignons, au moyen des longues empâtures *m, m*. Lorsque la verge de l'ancre a été ainsi formée et réunie à ses bras, on peut considérer le travail du forgeron comme terminé.

Un autre perfectionnement apporté à la fabrication des ancres, et signalé dans le brevet en question, consiste dans une nouvelle méthode de fixer le jas à la verge, ce qui se fait de la manière suivante: On voit dans la figure 400 le jas réuni à l'ancre; la fig. 403 le montre isolé; il peut être d'un seul morceau de bois, ou en deux pièces, selon qu'on le juge à propos. On doit toutefois faire observer que le jas doit être complètement achevé avant d'être réuni à la verge. Lorsqu'on lui a donné la forme voulue, on perce au milieu un trou approprié à la partie de la verge à laquelle il doit être fixé; on le recouvre sur ses deux faces de deux plaques en fer qu'on fixe à l'aide de frettes; d'autres frettes sont aussi placées autour du jas comme à l'ordinaire.

Au lieu des tenons établis sur la verge, M. Rodgers a proposé de fixer le jas au moyen d'une frette et d'une clef, comme il est indiqué fig. 99 et 400.

Dans un autre brevet du mois de juillet 1833, M. Rodgers propose de modifier les dimensions et la forme des pattes. L'expérience lui ayant prouvé que de petites pattes non seulement tiennent mieux que des grandes, mais encore que les bras seuls d'une ancre, qui n'avait pas de pattes, ont mieux tenu le fond que des ancres de même poids et de même longueur construites d'après l'ancien système; il a en conséquence établi comme une proportion convenable de donner pour longueur ou pour hauteur à la patte, le cinquième de la longueur du bras; il donne aussi à chacune d'elles plus de largeur que de hauteur.

ANIMÉ (résine). D'une couleur brun jaunâtre pâle, transparente et cassante. Elle transsude du *courbaril*, arbre qui croît à Cayenne et dans plusieurs autres parties de l'Amérique du Sud; elle nous arrive en fragments de diverses grosseurs, qui renferment souvent une quantité prodigieuse d'insectes appartenant à des espèces encore vivantes, d'où lui vient son nom *animé*. Elle renferme une petite quantité d'huile volatile, qui lui donne une odeur agréable. L'alcool et l'huile essentielle de caoutchouc ne dissolvent pas la résine animé pure; mais un mélange à parties égales de ces deux substances l'amènent à l'état d'une bouillie assez molle pour que l'on puisse alors piquer les insectes qu'elle renferme, et les en retirer sans injurier le moins du monde leurs parties les plus délicates.

La pesanteur spécifique de la résine animé varie de 1,054 à 1,057. Chauffée dans une cornue en verre, sur la lampe à esprit-de-vin, elle se ramollit, et si l'on opère avec ménagement, on peut la faire fondre, sans qu'elle se décolore; elle dégage alors quelques vapeurs blanches d'acide succinique.

Cette résine est très employée dans la fabrication des vernis.

ANTIMOINE. On trouve l'antimoine dans la nature tant à l'état métallique qu'à l'état de combinaison; mais

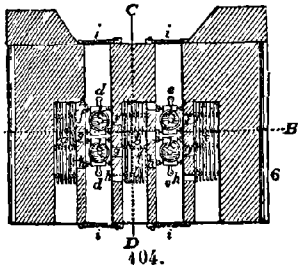
ANTIMOINE.

le seul minerai qui se rencontre en quantité suffisante pour être traité en grand est le sulfure d'antimoine. On le trouve ordinairement en masses composées d'aiguilles prismatiques juxtaposées, d'une couleur gris de plomb tirant sur le gris d'acier et douées d'un éclat fortement métallique. La rayure offre la même couleur. Ces aiguilles sont extrêmement aigres et cassantes, fondent à la simple flamme d'une chandelle, et exhalent une odeur sulfureuse. Réduit en poudre, le sulfure est gris noir, et était autrefois employé par les femmes pour se teindre les sourcils et les paupières. Sur 100 parties en poids, il renferme 72,86 d'antimoine et 27,14 de soufre; sa densité est de 4,43.

Le sulfure d'antimoine est ordinairement associé à du quartz, du sulfate de baryte et du carbonate de chaux; à Allemont on le trouve dans les nombreuses fissures du schiste micacé. Dans le traitement du minerai pour en retirer le métal, la première chose à faire est de séparer le sulfure d'antimoine de la gangue à laquelle il est associé; cette séparation se faisait autrefois dans des pots d'argile, que l'on plaçait soit dans des fosses en plein air, soit sur la sole d'un fourneau où on les chauffait modérément. Le sulfure d'antimoine, qui est très fusible, se séparait par *liqutation* des matières étrangères, auxquelles il était associé, et se rendait par un trou pratiqué au fond de chaque pot dans une série de pots inférieurs dits *boulets*, placés hors de l'action du feu. Les grandes pertes qui résultaient de la casse des pots, ont fait adopter dans beaucoup de localités une autre méthode, qui consiste à concasser grossièrement le minerai trié et à le charger sur la sole concave d'un fourneau à réverbère, près de l'autel. On opère ainsi une liqutation. Les matières terreuses restent où on les a chargées, et le sulfure fond et se rassemble au milieu de la sole, d'où on le coule.

À l'usine de *Malbosc*, dans le département de l'Ardeche, on opère la liqutation d'une manière différente, et que nous allons décrire, parce que cet établissement est un des plus considérables qui existent en France.

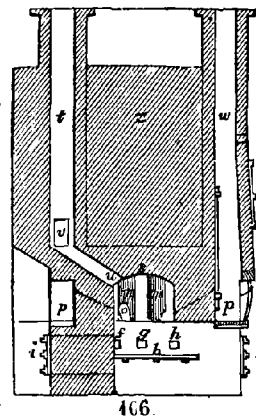
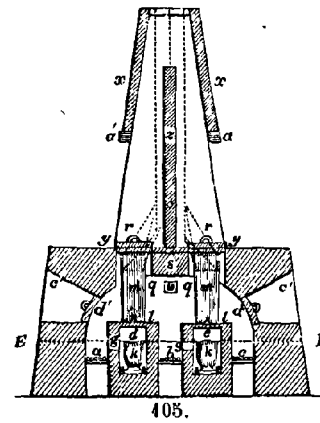
Le fourneau de liqutation est représenté dans les figures 404, 405 et 406; la fig. 404 est une coupe horizontale suivant la ligne EF, figure 405, et les fig. 405 et 406 sont des coupes verticales suivant les lignes AB, CD de la fig. 404. Dans ces trois coupes, les mêmes lettres représentent les mêmes objets. *a*, *b*, *c*, sont les trois



grilles situées au même niveau; elles ont 1^m,37 de long sur 0^m,27 de largeur, et sont séparées par deux murs dans lesquels sont pratiquées les galeries rectangulaires longitudinales *d*, *e*, dont le fond est situé à 0^m,30 au-dessus du niveau du sol de l'usine, et qui sont fermées à leurs extrémités par des portes en fonte *t*, *i*,... munies de regards. Les parois et la partie supérieure de ces galeries sont construites en briques réfractaires. Trois ouvertures *f*, *g*, *h*, pratiquées dans chaque mur de séparation, permettent à une partie de la flamme de s'introduire dans les galeries rectangulaires *d*, *e*, et d'échauffer préalablement les creusets coniques en fonte *k*, *k*,... où le sulfure d'antimoine tombe goutte à goutte à mesure qu'il se sépare des matières étrangères auxquelles il était associé; ces creusets ont 0^m,30 à 0^m,33 de profondeur, 0^m,25 de diamètre à l'ouverture, et 0^m,15 au fond; l'épaisseur de la fonte est de 0^m,04; ils sont portés sur des chariots à roulettes, en fonte, ce

ANTIMOINE.

qui permet de les retirer au besoin; on a soin de les revêtir d'un enduit d'argile réfractaire, afin de prévenir l'action sulfurante du sulfure d'antimoine sur la fonte.



Il y a dans chaque fourneau 4 tubes de liqutation *m*, *m*... en argile réfractaire; ces tubes sont verticaux, légèrement coniques, et ont 4^m,02 de hauteur, 0^m,26 de diamètre intérieur en haut, et 0^m,24 en bas; leur épaisseur est de 0^m,045; des ouvertures *o*, *o*... de 0^m,40 à 0^m,42 de large, placées au bas des tubes de

liqutation, et vis-à-vis les portes *p*, *p*, qui sont bouchées pendant la fonte avec des plaques d'argile, servent à les nettoyer; le sulfure fondu s'écoule par les petits trous *n*, *n*... et tombe dans les creusets *k*, *k*... Les tubes de liqutation traversent la voûte *q*, *q* dans des ouvertures pratiquées à cet effet, et se ferment à l'aide des plaques de recouvrement *r*, *r*. La flamme sort du fourneau par les rampants *u*, *v*, *v*, munis de registres, et se rend dans la cheminée *t*, haute d'environ 4 mètres; une

petite cheminée *w* sert à donner issue aux vapeurs sulfureuses qui se dégagent lorsqu'on enlève les crasses et résidus de la liqutation; une dernière cheminée *x* consolidée par des tirans en fer *a'*, *a'*, et en bois *b'*, *b'*, qui commence, en *y*, *y*, au niveau de la partie supérieure des tubes de liqutation, et est partagée en deux compartiments par un mur de séparation *z*, est destinée à entraîner les fumées qui se dégagent lors du chargement des cylindres *m*, *m*... Enfin des portes *c'*, *c'*, fermées par des plaques *d'*, *d'*, lutées avec de l'argile, permettent de visiter au besoin l'intérieur du fourneau, et d'examiner si l'un quelconque des tubes de liqutation est hors de service.

On charge à la fois, dans chaque tube de liqutation, 220 à 230 kilogr. de minerai d'antimoine, préalablement échauffé sur la voûte même du fourneau; peu de temps après, le sulfure commence à couler goutte à goutte dans les creusets de réception; quant tout écoulement a cessé, on retire les résidus par les ouvertures latérales, et on introduit une nouvelle charge. On laisse les creusets de fonte enduits d'argile se remplir aux trois quarts, puis on les retire du fourneau, où on en introduit d'autres, on les laisse refroidir lentement, et on les vide; chaque lingot pèse environ 40 kilogr. On passe une charge toutes les trois heures, et lorsque l'opération marche bien, on produit par tube de liqutation et par heure, de 40 à 50 kilogr. de sulfure d'antimoine. La durée moyenne des tubes de liqutation est de trois se-

maines ; on en voit même qui durent le double. Le fondage est d'environ 40 jours. Le rendement du minerai en sulfure d'antimoine est de 40 à 50 p. 100, et on consomme 63 parties de houille p. 100 de sulfure d'antimoine obtenu. Ce procédé se recommande par la faible consommation de combustible, l'économie dans la main-d'œuvre, et le grand appauvrissement des résidus. D'après l'ingénieur en chef des mines Fergaud, ce fourneau à donne dans une campagne de 36 jours 23471 kilogr. de sulfure avec un minerai rendant 40 p. 100, en dépenses :

45000 ^k de houille grosse et menue à 2 ^f les 400 ^k , soit.	3000 ^f
240 journées d'ouvriers à 1 ^f ,50 l'une, soit.	360
Renouvellement des cylindres, outils, réparations.	60
Total.	3420 ^f

ce qui donne 3^f,06 pour les frais de traitement, correspondant à la production de 400 kilogr. de sulfure d'antimoine.

« Dans le travail en plein air, les frais de traitement s'élevaient à 8^f,42 par 400 kilogr. de sulfure d'antimoine fondu produit ; ils sont moins considérables dans les fours avec pots à boulets ; mais y sont cependant encore bien supérieurs à ceux du fourneau de Malbosc. »

Le sulfure d'antimoine, ainsi obtenu par la fusion des minerais, porte le nom impropre d'*antimoine cru*, et est en cet état employé, partie à la préparation de différents produits pharmaceutiques, partie à la fabrication de l'antimoine métallique ou *régule*.

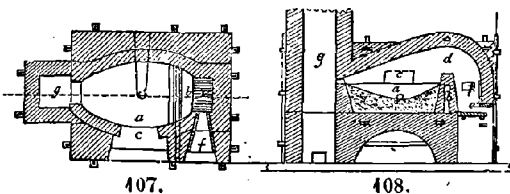
Le procédé le plus simple pour convertir le sulfure d'antimoine en *régule*, consiste à le porter au rouge avec du fer métallique ; il se forme du sulfure de fer et de l'antimoine métallique, un peu ferreux, qui se séparent par la fusion. Les meilleures proportions à observer sont de 42 parties de fer métallique p. 100 de sulfure d'antimoine. Quoique le sulfure d'antimoine renferme 72 parties d'antimoine métallique, on n'en obtient que 50 ; cette perte tient à ce qu'une partie du métal se volatilise pendant l'opération, et à ce qu'une autre partie reste mécaniquement mélangée dans le sulfure d'antimoine. Le rendement augmente d'une manière notable, si l'on ajoute au mélange, du sulfure de potassium ou de sodium, ou bien un mélange de sulfate de soude et de charbon ; il se forme alors un sulfure double de sodium et de fer, beaucoup plus fusible et plus léger que le sulfure de fer, et qui par conséquent se sépare beaucoup mieux de l'antimoine métallique.

D'après M. Berthier, 400 parties de sulfure d'antimoine, 60 de battitures de fer, 45 à 50 de carbonate de soude, et 40 de charbon de bois pulvérisé, donnent par la fusion de 65 à 70 parties d'antimoine métallique. On peut également employer le sulfate de soude au lieu du carbonate, et, avec les proportions suivantes : 400 de sulfure d'antimoine, 80 de battitures de fer, 50 de sulfate de soude, et 47 de charbon, on obtient 57 parties de *régule*.

L'ancien procédé d'extraction, presque entièrement abandonné aujourd'hui, consiste à fondre au rouge, dans des creusets, un mélange de 4 parties en poids de sulfure d'antimoine, 3 parties de tartre, et 1 partie 1/2 de nitre. On n'obtenait que 27 parties de *régule* métallique p. 100 de sulfure employé, ce qui, joint au prix élevé du nitre et du tartre, a été la cause de l'abandon presque général de ce procédé. L'énorme déchet que l'on obtient résulte de ce qu'une grande partie de sulfure d'antimoine se combine avec le sulfure de potassium qui se forme, et échappe ainsi à la réduction. Dans les rares usines où ce procédé est encore appliqué, et où il est juste de dire que l'on obtient un métal d'une grande pureté, on utilise les scories alcalines que l'on obtient

en les dissolvant dans l'eau ; il se précipite du sulfure d'antimoine, qui est lavé, desséché, puis vendu à bas prix sous le nom de *kermès minéral préparé par voie sèche*, et est employé dans la médecine vétérinaire.

Lorsqu'on réduit le sulfure d'antimoine par l'un des procédés indiqués par M. Berthier, la séparation de l'antimoine métallique se fait bien plus aisément et à une plus basse température, de sorte que dans ce cas on peut aisément opérer la réduction sur la sole d'un fourneau à réverbère, et traiter directement le minerai brut. M. Frank, pharmacien à Linz, sur les bords du Rhin, prit en 1828 un brevet à ce sujet ; nous donnons ici (fig. 407 et 408) le plan et la coupe de son fourneau de réduction. Le lit de fusion étant préparé comme nous l'avons dit, on en charge 400 à 450 kilogr. sur la sole, formée d'un mélange bien damé de sable et d'argile, par la porte c qui sert en même temps à retirer les scories. On coule l'antimoine réduit par le trou de percée



a, qui pendant l'opération est bouché avec de la brasque de charbon. On charge le combustible sur la grille e, par la porte f ; la flamme passe par-dessus l'autel d, continuellement rafraîchi par un courant d'air qui traverse le canal b, se réverbère sur la sole du four, et s'échappe enfin par le rampant qui la termine dans la cheminée g. Chaque fonte dure huit à dix heures.

Comme l'antimoine ainsi obtenu n'est pas assez pur pour être immédiatement livré au commerce, on le fond de nouveau avec un peu de charbon dans des creusets que l'on chauffe dans un four à réverbère. On le purifie encore mieux dans quelques usines, en le fondant avec 1/10 de son poids de verre d'antimoine, qui enlève le sulfure d'antimoine dissous dans le *régule*. L'antimoine métallique, tel qu'on le rencontre dans le commerce, renferme presque toujours une certaine quantité de fer et d'arsenic. La présence de ce dernier corps, tient à ce que le sulfure d'antimoine natif est presque toujours associé à une petite quantité de sulfure d'arsenic, qui se réduit en partie avec l'antimoine. Il n'est pas rare non plus d'y rencontrer une petite quantité de plomb et de cuivre. L'arsenic se reconnaît, en fondant l'antimoine au chalumeau, par l'odeur d'ail qui se dégage. Comme il est très important pour les préparations pharmaceutiques d'avoir de l'antimoine parfaitement pur, on a proposé un grand nombre de méthodes pour purifier l'antimoine du commerce ; le procédé qui réussit le mieux, consiste à mélanger ensemble 46 parties en poids d'antimoine impur, 4 parties de sulfure d'antimoine et 2 parties de carbonate de soude fondu, puis de mettre le mélange dans un creuset de Hesse et de le maintenir en fusion pendant une heure environ ; on laisse ensuite refroidir, et on sépare d'un coup de marteau les scories surnageantes du culot métallique, que l'on achève de raffiner en répétant encore deux fois la même opération.

L'antimoine a une couleur blanc d'argent avec une très légère teinte bleuâtre ; sa cassure est extrêmement lamelleuse, et il est tellement aigre et cassant que l'on peut aisément le pulvériser dans un mortier. Il se fond un peu au-dessous du rouge en répandant dans l'air d'épaisses fumées blanches. Il se fond au chalumeau avec une fumée blanche, et vient déposer sur le charbon une auréole blanche formée d'aiguilles cristallines

d'oxyde d'antimoine; si on jette le globule fondu et rouge sur une feuille de papier, il se divisera en une foule de globules plus petits, qui resteront longtemps en incandescence, et qui courront dans tous les sens avec vitesse sur le papier, en y laissant des traces blanches d'oxyde d'antimoine. Fondu avec le borax ou avec d'autres flux vitreux, l'oxyde d'antimoine forme un verre jaunâtre.

L'acide nitrique concentré convertit l'antimoine en acide antimonieux, ou en acide antimonique, ou en un mélange de ces deux acides; l'acide nitrique étendu, au contraire, le convertit en oxyde d'antimoine; mais comme ces trois degrés d'oxydation d'antimoine sont insolubles dans l'acide nitrique, on peut employer ce procédé pour séparer l'antimoine, surtout dans ses alliages avec la plupart des autres métaux.

La pesanteur spécifique de l'antimoine est, d'après Bergmann, de 6,86. Celle de l'antimoine natif est, d'après Hattinger, de 6,646.

Les anciens alchimistes avaient conçu à l'égard de ce métal les plus brillantes espérances. La facilité avec laquelle il s'allie à l'or, puisqu'il suffit d'exposer ce dernier, le plus ductile de tous les métaux, à l'action de la vapeur d'antimoine, pour le rendre immédiatement aigre et cassant, les détermina à attribuer à l'antimoine une sorte d'origine noble, et à le distinguer des autres métaux par le titre latin de *regulus* ou *régule*, qui veut dire petit roi, titre sous lequel il est encore connu.

Aujourd'hui les principaux emplois de l'antimoine consistent dans la fabrication de quelques préparations pharmaceutiques, et dans celle de certains alliages métalliques, parmi lesquels nous citerons l'alliage des caractères d'imprimerie, l'alliage des plaques stéréotypes, l'alliage des planches de musique et le métal d'Angleterre. L'alliage des caractères d'imprimerie est formé à peu près de 3 parties de plomb pour 4 partie d'antimoine; l'alliage des plaques stéréotypes se compose de 6 parties de plomb et 4 partie d'antimoine; les planches sur lesquelles on grave la musique sont formées d'un alliage de plomb, d'étain et d'antimoine; et le métal d'Angleterre est également un alliage de plomb, d'étain et d'antimoine, auquel on ajoute une petite quantité de cuivre et de bismuth.

La production annuelle en Europe du sulfure d'antimoine fondu est d'environ 568077 kilogr., et se répartit comme il suit :

Empire d'Autriche	231000 ^k
Angleterre	460000
France (1844)	88534
Prusse } Antimoine cru	27653
(1844) } Régule retiré direc- }	30840
	tement du minéral.
Saxe	40000
Hartz, pays de Nassau, etc.	20000
Total	568077 ^k

Les $\frac{9}{10}$ environ de la quantité totale de sulfure d'antimoine obtenu, sont ultérieurement transformés en régule.

En France le sulfure d'antimoine fondu, se vend moyennement à raison de 60^f les 400 kilogr.; et l'antimoine métallique ou régule, au prix de 200^f les 400 kil.

E. DEBETTE.

ANTHRACITE. Difficilement combustible tant par la difficulté qu'on éprouve à l'allumer, que par la fâcheuse propriété que possèdent quelques espèces de se déliter par l'action de la chaleur et d'intercepter le passage de l'air, l'anhracite n'en est pas moins un combustible bien précieux, et qui sera une source féconde de richesses pour plusieurs régions de la France, qui en possèdent des gisements abondants, quand on connaîtra mieux la manière de l'employer. La possibilité de l'utiliser, surtout après les travaux de M. Ebelmen, qui est

parvenu à obtenir avec les déchets les plus inférieurs de la houille les températures les plus élevées que l'on produise dans la métallurgie du fer, ne saurait être douteuse; mais de plus, l'exemple des Américains, qui travaillent le fer à l'anhracite, prouve bien que son emploi ne doit plus être limité à la cuisson de la chaux, comme cela a lieu généralement en France.

Il faut aussi remarquer que si les combustibles à longue flamme sont très recherchés, à cause de la facilité de leur combustion dans les appareils les plus imparfaits, le progrès tend à leur substituer des charbons sans flamme. Alimentation moins fréquente, chauffage plus régulier, utilisation d'une fraction plus importante de leur valeur réelle, qui passe presque tout entière à l'état de chaleur rayonnante; telles sont en partie les raisons qui font souvent préférer les charbons qui se rapprochent beaucoup de l'anhracite, celui de Frosnes, par exemple, aux charbons à longue flamme.

Nous avons cru devoir insister sur l'importance de l'avenir probable de l'anhracite, parce que cette question est d'une importance très grande pour quelques-uns de nos départements. L'Isère et les Hautes-Alpes, par exemple, qui en possèdent d'admirables gisements, situés au milieu de nombreuses formations métallifères non utilisées, le long de torrents possédant une force motrice immense, ne doivent-ils pas devenir un jour le lieu d'usines métallurgiques considérables? C'est cet avenir probable, et nous espérons prochain, que nous appelons de tous nos vœux.

ANTI-SEPTIQUES. Substances qui empêchent ou arrêtent la décomposition spontanée des matières organiques animales et végétales. Ce sont principalement le sel de cuisine, le nitre, les épices et le sucre qui agissent en partie en modifiant la nature des fibres de la substance, soit animale, soit végétale, et en partie, en rendant leur constituant aqueux inapte à la décomposition. Voyez **PUTRÉFACTION** (moyens de prévenir la).

AQUEDUC. On en fait d'appareils et de souterrains.

Les premiers, construits comme les ponts et formés d'une série d'arches, traversent les vallons et les fondrières, pour conduire l'eau d'un sommet de montagne à un autre sommet opposé, ou pour la faire couler au-dessus du niveau d'un fleuve dont l'aqueduc croise le cours. La rigole, ou canal de conduite des eaux, est placée à la partie supérieure, dans le *tablier*; tantôt l'eau y coule à ciel ouvert, tantôt on la recouvre d'une voûte pour la garantir contre l'action du soleil.

On est quelquefois obligé de percer des montagnes pour conduire l'eau d'un côté de la base à l'autre, alors l'aqueduc est souterrain. Dans ce cas, on commence le percement par les deux extrémités, en se dirigeant à l'aide de la *boussole* ou du *niveau*, et si la galerie a une longueur assez considérable, on pratique sur sa direction et sur les flancs de la montagne, un ou plusieurs puits verticaux, que l'on fonce jusqu'au niveau que devra avoir la galerie, puis on attaque la roche de chaque côté des puits, en partant de leur pied et s'avancant dans la direction de la galerie. Lorsque le travail est conduit avec soin, les parties de galeries, ainsi attaquées par leurs extrémités, doivent se rejoindre exactement. Les puits verticaux servent à l'extraction des déblais pendant la construction de l'aqueduc, et plus tard de *regards*. L'aqueduc est ensuite généralement muré (voyez **MINES**), en tout ou en partie, suivant la nature du sol qu'il traverse.

Quelquefois on donne à la maçonnerie d'un aqueduc apparent assez d'épaisseur pour permettre aux voitures d'en parcourir la longueur sur une chaussée publique qu'on ménage sur l'édifice, à la hauteur convenable: l'aqueduc offre alors l'avantage non seulement de faire franchir à l'eau les vallons qui séparent les montagnes, mais encore de faciliter les communications de l'une à l'autre.

Les anciens nous ont laissé en ce genre des travaux magnifiques, parmi lesquels nous citerons : le *Pont du Gard*, formé par trois rangs d'arcades superposées et construit par les Romains pour l'alimentation de la ville de Nîmes; l'aqueduc de *Petra*, en Mingrelie, qui selon Procope, fut construit par les soins de Cosroès, roi de Perse, et qui se compose de trois aqueducs superposés; et enfin les immenses aqueducs qui alimentaient Rome.

M. *Montricher* construit en ce moment un aqueduc gigantesque, qui laisse bien loin derrière lui tout ce qu'a fait l'antiquité. Cet aqueduc qui amènera les eaux de la *Durance* à *Marseille* doit alimenter la ville, on même temps qu'assainir le port en y amenant des eaux courantes, qui feront disparaître les exhalaisons pestilentielles qui s'en exhalent lorsque l'eau de la mer se retire.

ARDOISE. Nom donné à une sorte de schiste qui se trouve répandu en grande masse dans la nature, et qui par son inaltérabilité à l'air, et la facilité qu'il possède de pouvoir se diviser aisément en lames ou feuilletés très minces, est très employé pour former des toitures aussi légères que solides. On trouve en France, dans les *Ardennes*, et surtout près d'*Angers* (Maine-et-Loire), deux gisements considérables d'ardoises éminemment propres à cet usage.

Les couches d'ardoises sont ordinairement verticales ou très inclinées sur l'horizon, rarement presque horizontales. On les exploite suivant leur position, tantôt à ciel ouvert, tantôt par galeries souterraines.

Exploitation à ciel ouvert. Comme exemple de ce mode d'exploitation, nous allons décrire brièvement le fonçement de l'une de ces immenses excavations à ciel ouvert ou *perrières* qui entourent la ville d'*Angers*, et qui fournissent la plus grande partie des ardoises consommées en France. On y comptait en 1841, d'après M. Le Châtelier, quatorze *perrières*, dont la production annuelle s'élevait à 120 millions d'ardoises, représentant une valeur de 2 millions de francs. Les couches de schiste sont verticales ou inclinées d'au moins 75 à 80° sur l'horizon. Après avoir enlevé, sur une étendue rectangulaire de 2,000 à 5,000 mètres carrés, la terre végétale et l'argile provenant de la décomposition du schiste ardoisier, laquelle présente souvent une épaisseur considérable, on attaque la roche par *foncées* successives ou *gradins droits* (voir MINES), de 3 mètres de hauteur chaque. On coupe verticalement les deux parois ou *chefs* perpendiculaires à la direction du schiste, en laissant seulement de 3 en 3 mètres, une saillie de quelques centimètres pour marquer les foncées. C'est sur celui qui présente le plus de solidité que l'on établit les machines à molettes servant à l'enlèvement de la pierre et à l'épuisement des eaux. On commence chaque foncée en ouvrant au milieu de la carrière et parallèlement à la direction des feuilletés du schiste, une longue tranchée de 3 mètres de profondeur, 1 mètre de large à l'ouverture et se terminant en coin; ce travail qui est assez long et ne donne que des débris, se fait avec la *pointe*, sorte de pic droit à manche mince, flexible et long d'un mètre; on abat ensuite le rocher de côté et d'autre, de manière à former ainsi plusieurs gradins sur chacun desquels on dispose un atelier. La tranchée ouverte, on pratique avec la *pointe* et à une distance de 2 à 5 décimètres de son bord supérieur, d'après l'examen des *débits* ou veines qui se montrent à la surface de la foncée, une série de trous espacés de 3 à 5 décimètres, et destinés à recevoir les *fers*, coins de 2 à 3 décimètres de long; c'est ce qu'on appelle *faire le chemin ou enfermer*. Après avoir enfoncé ces fers à coups de masse, on les retire et on les remplace par les *quilles*, autres coins plus gros de 8 décimètres de long, dont le nombre dépend de l'étendue du bloc que l'on veut abattre; puis des ouvriers, armés de lourds marteaux en fer, frappent en cadence sur la tête des quilles, et quand elles ont pénétré tout entières,

les chassent avec de nouvelles. Il faut quelquefois en superposer ainsi jusqu'à 5 et 6 rangées. Le rocher se brise par le pied, et le bloc finit par se détacher; si l'inclinaison du schiste ne lui permet pas de tomber par son propre poids, on introduit dans le joint de gros leviers de fer, sur lesquels on agit au moyen de cordages que l'on tire à bras d'hommes ou avec un treuil. Le bloc en tombant dans la tranchée, s'y brise en plusieurs blocs plus petits ou *crenons*, que l'on subdivise en y faisant des entailles et en frappant sur le plat d'après leur direction afin de les rendre plus transportables; enfin des ouvriers abattent ou *rangent* au moyen de la *pointe*, les *écots* ou saillies que le bloc en se détachant a laissés adhérents à la masse.

Les blocs d'ardoises et les débris ou *vidanges* sont amenés à la surface du sol dans des caisses rectangulaires dites *bassicoets*, par le moyen de manèges mus par des chevaux et formés d'un tambour vertical autour duquel deux câbles s'enroulent en sens inverse, et viennent ensuite passer sur des molettes ou poulies de renvoi verticales, soutenues par une charpente qui fait saillie sur l'excavation, de telle sorte qu'un bassicoet vide descend toujours lorsqu'un autre monte. On vide les bassicoets par le *lucet* ou côté formé d'une planche mobile. Lorsque l'excavation est assez profonde, on guide les bassicoets dans leur mouvement, au moyen de câbles tendus en travers de la carrière, de manière à les faire arriver naturellement aux différents points de chargement, ce qui procure au spectateur un coup d'œil très curieux et très intéressant. Lorsqu'on est parvenu à une certaine profondeur on donne aux tranchées une pente légère pour faciliter l'écoulement des eaux, et l'on creuse à l'extrémité une grande cuve pour les recevoir. On les épuise avec deux grands seaux qu'un manège fait monter et descendre alternativement. Les *chefs* sont, comme nous l'avons dit, toujours taillés verticalement; les parois latérales sont taillées en gradins plus ou moins larges, suivant la solidité de la roche, ou en talus rapide, pour prévenir les éboulements. On abandonne la carrière lorsque les parties supérieures, fatiguées par les filtrations d'eau, donnent lieu à des éboulements trop fréquents, ou lorsque la carrière est devenue trop étroite pour que l'exploitation soit profitable. La profondeur atteint souvent 100 mètres; on a vu, il y a quelques années, une carrière finir à la profondeur de 140 mètres. C'est du reste un fait à peu près constant que l'ardoise est d'autant meilleure que l'on s'enfoncé à une profondeur plus considérable.

Aussitôt après leur extraction les blocs amenés au jour sont façonnés en plein air sur les tas de remblais qui entourent la carrière. On les débite d'abord en *répartons* ou pièces de 2 à 3 centim. d'épaisseur et présentant grossièrement la forme et les dimensions des ardoises de diverses espèces; on les subdivise ensuite en suivant le fil de la pierre, en ardoises brutes ou *fendies*, à l'aide d'un petit maillet et d'un ciseau plat très mince, appelé *daugé*; enfin on termine les ardoises, et on leur donne la dimension et la forme voulues, en les taillant sur le *chaput*, billot en bois armé sur le bord d'une lame de fer qui forme l'arête, avec une petite hache ou *doileau*; cela s'appelle *rondir* l'ardoise.

Exploitation par galeries souterraines. On exploite ainsi les couches recouvertes d'une grande épaisseur de *mort terrain*. On les rejoint par des puits ordinairement inclinés et on enlève le schiste d'une manière à peu près analogue à celle que nous venons de décrire en laissant d'espace en espace pour soutenir la faite des excavations, un certain nombre de piliers disposés en quinconces.

Qualité des ardoises. La plus estimée est la *carrée fine*, elle est rectangulaire et a 0^m,30 de long sur 0^m,22 de large et environ 0^m,003 d'épaisseur; elle n'a point de taches et vaut sur le port d'Angers 25 francs le mille

(1040) et à Paris 56 francs en place. La seconde qualité est le *gros noir* qui ne diffère de la carrée qu'en ce qu'elle est plus petite. La troisième est le *poil noir*, seulement plus mince que la précédente. La quatrième est le *poil taché*, comme le poil noir, mais semée de taches rousses; elle vaut sur le port d'Angers 45 fr. le mille. La cinquième est le *poil roux*. La sixième est la *carte*, comme la carrée, mais plus petite et plus mince. La septième est l'*héridelle*, étroite et longue à deux côtés taillés et deux bruts. La huitième est la *coffine*, ardoise à surface courbe; enfin la dernière est l'*écaille*, ardoise arrondie. Ces trois dernières espèces ont des emplois spéciaux et sont assez rarement fabriquées; le *poil taché* et le *poil roux* sont des ardoises communes, employées uniquement dans le pays; et il n'y a guère que les premières qualités qui soient livrées au commerce extérieur.

On doit rejeter les ardoises qui contiennent des pyrites ou des corps organisés, celles dont la structure peu compacte permet d'absorber l'eau, ce qui les rend non seulement peu durables, mais même nuisibles aux pièces de bois qu'elles recouvrent.

Plus une ardoise est dure et pesante, meilleure elle est: elle doit rendre lorsqu'on la frappe un son clair et sonore et après être restée plongée dans l'eau pendant une journée entière, elle ne doit pas être mouillée plus d'un centimètre au-dessus du liquide. Les plus noires sont généralement les meilleures, les bleues claires sont bonnes, les vertes durent longtemps, les bleues foncées tirant sur le noir sont spongieuses.

Les ardoises d'Angers durent de 20 à 30 ans, celles des Ardennes de 90 à 400 ans, celles d'Angleterre encore plus.

M. Violet a proposé de faire cuire les ardoises dans un four à briques, jusqu'à ce qu'elles acquièrent une couleur rouge pâle; de cette manière on augmente leur durée et leur solidité. Il faut avoir soin de les percer avant cette opération qui revient à 4 fr. 50 c. par mille.

Les ardoises propres à d'autres usages qu'à la couverture des édifices s'exploitent comme les autres pierres. On les trouve surtout au *Platberg* (Suisse), où elles sont l'objet d'un commerce considérable; on en fait des tablettes pour écrire, des tables de poêles, etc...; on les emploie même pour la peinture et il y a sur cette pierre plusieurs tableaux de maîtres.

Ardoises artificielles. M. Braconnet a fait récemment l'analyse de plusieurs tablettes connues en Allemagne sous le nom impropre d'*ardoises élastiques*, et il a indiqué le moyen suivant pour les imiter. Prenez :

Sable quartzéux, réduit en poudre impalpable.	82 parties.
Noir de fumée.	8
Huile de lin cuite.	40

On broie bien ces substances ensemble pour qu'il en résulte une pâte presque pulvérulente que l'on délaie avec une quantité suffisante d'essence de térébenthine, et qu'on étend ensuite avec un pinceau sur un carton mince bien uni. Lorsque la première couche est sèche, on en applique une seconde et même une troisième. Si cette dernière présente des inégalités, on les fait disparaître et l'on adoucit la surface en y promenant un pinceau ou un tampon enduit du mélange ci-dessus, et de plus détrempé d'essence.

Les tablettes ainsi préparées sont légères, peu embarrassantes, point fragiles, et très commodes pour écrire avec un crayon d'ardoise.

ARÉOMÈTRE. Instrument qui sert à déterminer la densité des liquides et même des corps solides. Il y en a de deux sortes : les aréomètres à poids variable et les aréomètres à volume variable; ces derniers servent à déterminer la densité des liquides, ce sont les seuls employés dans l'industrie, et ce sont les seuls dont nous nous occuperons.

L'aréomètre à volume variable (fig. 409) est formé d'une boule ou d'un cylindre en verre creux soufflé à l'extrémité d'un petit tube ou tige en verre creux, et portant à sa partie inférieure un petit appendice également en verre dans lequel on introduit un lest de plomb ou de mercure qui sert à maintenir la tige verticale dans un équilibre stable. On fixe dans l'intérieur de la tige une bande de papier qui porte les divisions ou degrés, et on juge de la densité du liquide par le degré au niveau duquel l'instrument s'y enfonce.

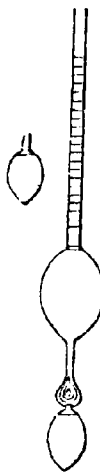
Les règles pour tracer ces divisions sont très variables; nous avons déjà parlé de l'*alcoomètre* à l'article *ALCOOL*, et il ne nous reste plus qu'à indiquer les deux autres échelles les plus usitées, savoir: celle de *Baumé* et celle de *Cartier*.

On distingue les aréomètres de *Baumé* en *pèse-sels* ou *pèse-acides* pour les liquides d'une densité supérieure à l'eau, et en *pèse-liqueurs* ou *pèse-esprits* pour les liquides plus légers que l'eau. Pour construire un pèse-sel on dissout 45 parties en poids de sel marin sec, dans 85 parties d'eau distillée, on prend l'aréomètre à gra-

duer, et on le plonge dans l'eau pure, le lest doit être tel que le niveau affleure vers le sommet du tube, en un point, que l'on marque avec soin, c'est le 0 de l'échelle; on essuie l'instrument et on le plonge dans la dissolution saline préparée comme il a été dit ci-dessus; comme la densité est supérieure à celle de l'eau, il y entrera moins, et une plus longue partie de la tige sortira du liquide; on marque 45° au point d'affleurement. On divise en 45 parties égales l'espace compris entre ces deux niveaux, et on porte ensuite sur la tige, de haut en bas, ces mêmes degrés jusqu'au globe de l'aréomètre. Plus le degré est grand, plus la densité qui s'y rapporte est forte. L'acide nitrique va jusqu'à 45°, l'acide sulfurique à 66°, etc.

Pour construire les *pèse-liqueurs* ou *pèse-esprits*, on fait dissoudre 10 parties en poids de sel marin sec, dans 90 parties d'eau, et on marque sur la tige le point d'affleurement dans l'eau pure et dans cette dissolution. Le 0 est au niveau de la dissolution saline, et au bas de la tige de l'instrument qui doit être lesté à cet effet d'une manière convenable, et le n° 40 au point d'affleurement dans l'eau pure; enfin, on divise l'intervalle compris entre ces deux niveaux en 40 parties égales, que l'on prolonge en allant de bas en haut. Plus le degré est fort et plus la densité qui s'y rapporte est faible. Dans l'alcool il peut aller à 35° et 40°, et dans l'éther sulfurique jusqu'à 70°.

Plus la tige, qui doit être d'ailleurs parfaitement cylindrique, est mince relativement au globe, et plus l'instrument a de sensibilité; mais alors elle devient très fragile, parce qu'il faut lui donner d'autant plus de longueur et devient moins portative et d'un usage moins commode; aussi ne conserve-t-on cette longueur d'échelle que pour les *étalons*, régulateurs qui servent à fabriquer les divers aréomètres employés dans le commerce, qui ne doivent indiquer que les densités comprises entre des limites données assez rapprochées et qui varient suivant l'usage auquel on les destine. On conçoit, par exemple, que le sirop de sucre ne pouvant dépasser 34 à 36° sans tourner au caramel ou sans se prendre en masse, ce pèse-sirops n'a besoin que des degrés de 20 à 36°; le *pèse-vin* ou *pèse-mout*, nommé aussi *œnomètre*, ne s'étend que de 40 à 42° au-dessus du niveau de l'eau, jusqu'à 40 à 42° au-dessus; le *pèse-esprit*, que de 40 à 40°; le *galactomètre* ou *pèse-lait*, va de 0 à 42 ou 45°; le *pèse-éther* va de 30 à 70°.



409.

ARÉOMÈTRE.

L'aréomètre se loge dans un étui de verre ou de fer-blanc nommé *éprovette*, que l'on remplit avec les liquides à essayer; on y met flotter l'aréomètre, qui doit s'y mouvoir sans flotter contre les parois; on a soin d'en mouiller la tige pour que les oscillations verticales soient fort libres, et l'on attend qu'il ne se dégage plus aucune bulle d'air; lorsque tout est bien tranquille on lit le numéro d'arrêt ou le *degré*; mais il faut imprimer à la tige de petits mouvements verticaux, pour s'assurer si cet arrêt est toujours le même, car la liberté des mouvements dans le tube est une chose indispensable.

La relation qui existe entre le poids spécifique d'un liquide et son degré à l'aréomètre de Baumé est donnée à après M. *Francaeur*, par les formules ci-après :

$$\text{Pour le pèse-acide } p = \frac{152}{452 - d},$$

$$\text{Pour le pèse-esprit } p = \frac{446}{436 + d};$$

p étant le poids spécifique ou la densité, et *d* le degré aréométrique correspondant, ou bien par la table suivante :

Table des poids spécifiques des liquides et des degrés de l'aréomètre de Baumé, à la température de 12°,5 centigr.

Pèse-acide de Baumé.				Pèse-esprit de Baumé.			
Degrés.	POIDS spé. ciéque.	Degrés.	POIDS spé. ciéque.	Degrés.	POIDS spé. ciéque.	Degrés.	POIDS spé. ciéque.
0	1,0000	26	1,2063	52	1,5200	10	1,0000
1	1,0066	27	1,2160	53	1,5353	11	0,9932
2	1,0133	28	1,2258	54	1,5510	12	0,9865
3	1,0201	29	1,2358	55	1,5671	13	0,9799
4	1,0270	30	1,2459	56	1,5833	14	0,9733
5	1,0340	31	1,2562	57	1,6000	15	0,9669
6	1,0411	32	1,2667	58	1,6170	16	0,9605
7	1,0483	33	1,2773	59	1,6344	17	0,9542
8	1,0556	34	1,2881	60	1,6522	18	0,9480
9	1,0630	35	1,2992	61	1,6705	19	0,9420
10	1,0704	36	1,3103	62	1,6893	20	0,9359
11	1,0780	37	1,3217	63	1,7079	21	0,9300
12	1,0857	38	1,3333	64	1,7273	22	0,9244
13	1,0935	39	1,3451	65	1,7471	23	0,9188
14	1,1014	40	1,3571	66	1,7674	24	0,9135
15	1,1093	41	1,3694	67	1,7882	25	0,9083
16	1,1176	42	1,3818	68	1,8095	26	0,9032
17	1,1259	43	1,3945	69	1,8313	27	0,8983
18	1,1343	44	1,4074	70	1,8537	28	0,8935
19	1,1428	45	1,4206	71	1,8765	29	0,8888
20	1,1515	46	1,4339	72	1,9000	30	0,8843
21	1,1603	47	1,4476	73	1,9244	31	0,8799
22	1,1692	48	1,4615	74	1,9487	32	0,8756
23	1,1783	49	1,4758	75	1,9740	33	0,8714
24	1,1875	50	1,4902	76	2,0000	34	0,8673
25	1,1968	51	1,4954			35	0,8633

L'aréomètre, ou *pèse-liqueur* de Cartier, n'est qu'une altération de celui de Baumé. Pour construire un étalon suivant l'échelle de Cartier, on établit d'abord l'échelle Baumé; puis à partir du 22° degré de Baumé, en dessus et en dessous, on partage en 15 degrés égaux, 46 de Baumé; l'étalon ainsi obtenu, sert à la fabrication des aréomètres livrés au commerce.

L'équation qui sert à traduire les degrés C de Cartier en ceux B de Baumé, et réciproquement, est :

$$46 C = 45 B + 22;$$

ARÉOMÈTRE.

Celle qui donne les poids spécifiques *p* correspondant à C degrés est, $p = \frac{136,8}{426,4 + C}$.

Lorsqu'on se sert des aréomètres il faut tenir note de la température à laquelle on opère, ce qui donne lieu, lorsque cette température diffère de 12° 1/2 centigrades, à une correction que l'on trouve toute faite dans des tables dressées à cet effet, et que nous nous dispenserons de rapporter ici.

Nous avons déjà parlé de l'*alcoomètre* au mot ALCOOL, de sorte que nous nous contenterons d'extraire du travail de M. Gay-Lussac les deux tables suivantes, qui donnent la relation qui lie les degrés de Cartier aux degrés centésimaux et réciproquement.

Ces tables, faites pour la température de +15° centigrades, peuvent néanmoins servir pour une température différente, et donnent les indications correspondantes de chaque instrument placé dans le même liquide.

Évaluation des degrés de Cartier en degrés centésimaux, à la température de +15° centigrades.

DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.
10.	0,2	19	49,1	28	74,0	37	91,2
10 1/2	2,4	19 1/2	50,9	28 1/2	75,2	37 1/2	91,9
11	5,4	20	52,5	29	76,3	38	92,7
11 1/2	8,1	20 1/2	54,1	29 1/2	77,3	38 1/2	93,4
12	11,2	21	55,6	30	78,4	39	94,1
12 1/2	14,5	21 1/2	57,2	30 1/2	79,4	39 1/2	94,7
13	18,2	22	58,7	31	80,5	40	95,4
13 1/2	21,8	22 1/2	60,1	31 1/2	81,5	40 1/2	96,0
14	25,2	23	61,5	32	82,5	41	96,6
14 1/2	28,5	23 1/2	62,9	32 1/2	83,4	41 1/2	97,2
15	31,6	24	64,2	33	84,4	42	97,7
15 1/2	34,4	24 1/2	65,5	33 1/2	85,3	42 1/2	98,3
16	36,9	25	66,9	34	86,2	43	98,8
16 1/2	39,3	25 1/2	68,4	34 1/2	87,1	43 1/2	99,4
17	41,5	26	69,4	35	88,0	44	99,8
17 1/2	43,5	26 1/2	70,6	35 1/2	88,8		
18	45,5	27	71,8	36	89,6		
18 1/2	47,3	27 1/2	72,9	36 1/2	90,4		

Évaluation des degrés centésimaux en degrés de Cartier, à la température de +15° centigrades.

DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.	DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS de Cartier.
0	10,03	30	44,73	60	22,46	90	36,24
5	40,97	35	45,63	65	24,29	95	39,70
10	41,82	40	46,66	70	26,26	100	44,19
15	42,57	45	47,88	75	28,43		
20	43,25	50	49,25	80	30,76		
25	43,97	55	20,79	85	33,33		

ARGENT (*angl.* silver, *all.* silber). Métal d'un blanc parfaitement pur et caractéristique. Fondu, sa densité est de 10,47, écorru sous le marteau, elle devient 10,54. Il est extrêmement malléable et l'on peut le réduire, sous le marteau, en feuilles de $\frac{1}{1000}$ de millimètre d'épaisseur sans qu'il se déchire, de 0° à 100° il se dilate de $\frac{1}{200}$ de sa longueur. Sous le rapport de la dureté, il tient

le milieu entre l'or et le cuivre. Il fond au rouge vif, ou d'après Daniell, à 1022° centigrades. Lorsqu'on le soumet à une température extrêmement élevée, soit à l'aide d'une forte lentille, soit à l'aide du chalumeau à gaz oxygène ou d'une forte batterie électrique, il se volatilise rapidement et brûle avec une flamme verdâtre. Un fil d'argent de 1 millimètre carré de section, se rompt sous un poids de 24 kilogr. Il est inattaquable par l'action des agents atmosphériques. Fondu il absorbe l'oxygène de l'air, environ 22 fois son volume, qu'il dégage de nouveau en se solidifiant, ce qui donne lieu au *rochage*, singulier phénomène que MM. Gay-Lussac et Lucas ont étudié avec soin, et dont ils ont fait connaître les circonstances aussi curieuses que remarquables. Ce phénomène est surtout très intéressant à observer, sur de grandes masses d'argent fondu, 20 à 25 kilogr. par exemple. Lorsqu'après avoir maintenu pendant longtemps à l'état de fusion une pareille quantité d'argent fin, on la laisse refroidir spontanément, la partie supérieure commence par se solidifier. Bientôt la voûte ainsi formée se fendille, et de l'argent très fluide s'échappe par les fissures et déborde sur la croûte en couche mince; cette première période du phénomène paraît due, non pas à un dégagement gazeux, mais bien à l'expansion qui résulte d'un commencement de cristallisation. Bientôt après, et à mesure que le refroidissement continue, le dégagement gazeux commence en soulevant sur plusieurs points la croûte solidifiée, et donne lieu à la formation de véritables petits cratères volcaniques, par l'ouverture desquels se dégage un courant d'oxygène, tandis que des laves d'argent fondu se répandent par dessus leurs bords. Au milieu de chaque cratère on aperçoit l'argent fondu qui bouillonne avec violence. A mesure que le dégagement gazeux continue, la hauteur de ces cratères augmente par suite de la solidification du métal qui s'écoule par dessus leurs bords; la plupart d'entre eux s'obstruent peu à peu, tandis que le gaz s'échappe avec une force constamment croissante en entraînant avec lui de petites gouttes d'argent fondu qu'il projette au loin, et en donnant lieu à chaque éruption à de petites explosions qui se succèdent par intervalles très rapprochés. Les cônes d'éruption peuvent atteindre jusqu'à 2 ou 3 centim. de hauteur et 6 à 8 centim. de diamètre à la base; et pour une quantité de 25 kilogr. d'argent, la durée totale du rochage varie de 30 à 45 minutes. Ce phénomène n'a plus lieu dès que l'argent est allié à quelques centièmes de cuivre, d'or, ou de plomb, qui empêchent l'absorption de l'oxygène.

L'argent présente trois degrés d'oxydation.

1° L'*oxyde d'argent*, qui s'obtient en décomposant le nitrate d'argent par de la potasse caustique en excès, lavant à grande eau et desséchant avec précaution; il a une couleur gris brunâtre, et est complètement réduit à l'état métallique par l'action d'une chaleur rouge ou même seulement par l'action prolongée de la lumière solaire. C'est une des bases métalliques les plus puissantes, et il donne des sels parfaitement neutres. En le faisant digérer dans de l'ammoniaque caustique, on obtient une poudre noire extrêmement détonnante, dite *argent fulminant*, qui paraît être de l'azotate d'argent, suivant les observations de MM. Gay-Lussac et Sérullas. Ce composé qu'il ne faut pas confondre avec le FULMINATE D'ARGENT (voyez ce mot), n'a pu recevoir aucune application, à cause des dangers imminents que présente son maniement.

2° L'*oxydule d'argent*, découvert par Wœhler, qui se prépare en décomposant le mellitate d'argent par l'hydrogène.

3° Le *peroxyde d'argent*, que l'on obtient sous la forme d'une poudre noire, en décomposant par la pile une dissolution de nitrate d'argent; il se rassemble au pôle positif, et contient d'après M. Ritter deux fois autant d'oxygène que l'oxyde.

L'argent s'allie très aisément au soufre, et se couvre de suite d'une couche brune de sulfure d'argent, au simple contact de l'hydrogène sulfuré. Pour nettoyer les objets ainsi attaqués, le moyen le plus simple est de les plonger pendant quelque temps dans une dissolution de *caméléon minéral* (manganate de potasse) que l'on obtient en chauffant au rouge, un mélange à parties égales de potasse et de peroxyde de manganèse et reprenant par une petite quantité d'eau; dans cette opération le manganate se décompose et réagit sur le soufre du sulfure d'argent qu'il oxyde et dissout ensuite. On pourrait aussi employer de l'eau oxygénée, si l'on en avait à sa disposition. L'argent est très soluble dans l'acide nitrique et ses dissolutions se reconnaissent en ce qu'elles donnent lieu, par l'addition d'acide hydrochlorique ou d'un chlorure soluble, à un précipité blanc, cailléboté, de chlorure d'argent, qui se colore promptement en bleu violacé sale, lorsqu'on l'expose à l'action des rayons solaires. Beaucoup de métaux (le cuivre et le mercure non en excès, par exemple) le précipitent à l'état métallique de ses dissolutions.

Les minerais d'argent sont les suivants :

Argent natif. L'argent natif présente les propriétés de l'argent pur, quoique moins prononcées, ce qui tient à ce qu'il est toujours allié à une petite quantité de métaux étrangers, il est presque toujours terne à la surface; mais il prend le blanc d'argent par la raclure. On le trouve tantôt cristallisé en cubes ou en octaèdres, tantôt en feuilles, en filets tortueux, en fils déliés ou en dendrites, et tantôt en masses amorphes.

On le rencontre principalement en filons dans les terrains primitifs, c'est-à-dire dans le granit et le gneiss, plus rarement dans les schistes argileux et la grauwacke des terrains de transition, accompagné de quartz, de chaux carbonatée, de baryte sulfatée, de chaux fluatée, de fer carbonaté et oxydé, de galène, etc... Les localités principales où on trouve l'argent natif sont : Kongsberg en Norvège; le Schlangenberg en Sibérie; Freiberg, Schneeberg et Johanngeorgenstadt en Saxe; Joachimsthal; Przibram et Ratiboritz en Bohême; Schemnitz en Hongrie; Kapnik et Felsebanya en Transylvanie, Andreasberg au Hartz; Allemont en France; enfin le Mexique et le Pérou en Amérique. On en a parfois trouvé dans quelques-unes de ces localités des masses considérables, ainsi : Kongsberg a fourni des masses de 25 à 275 kilogr.; en Amérique, à la fin du siècle dernier, on a trouvé des masses de 100 à 400 kilogr.; et on a extrait une fois de la mine de Johanngeorgenstadt un bloc d'argent massif qui pesait, dit-on, 4000 à 5000 kilogr.

Argent sulfuré (*all. glaserz* ou *silberglanz*). Renferme 85 p. 400 d'argent métallique. Il est d'un gris foncé noirâtre terne à l'extérieur et éclatant dans la coupure; il cristallise en cubes ou en octaèdres, mais il est le plus souvent amorphe ou filiforme; il est un peu malléable, presque aussi mou que le plomb, et se laisse couper au couteau. Il fond aisément au chalumeau et même à la simple flamme d'une bougie, en dégageant une légère odeur sulfureuse et finit par se réduire sur le charbon, en argent métallique. On le rencontre dans les mêmes gisements que l'argent natif, rarement à l'état de pureté, en quantité assez considérable; il se présente dans la nature presque toujours combiné avec d'autres sulfures, tels que ceux de cuivre, de plomb, etc.

Argent rouge (*all. rothgültigerz*). Il y a trois espèces d'argent rouge : 1° L'*argent antimonié sulfuré* ou sulfure double d'argent et d'antimoine, d'un rouge foncé, tirant sur le noir, presque opaque, ordinairement cristallisé en prismes hexaèdres, présente un éclat à la fois adamantin et métalloïde et renferme 60 p. 400 d'argent pur. On le trouve surtout à Andreasberg (Hartz), Joachimsthal (Bohême), Freiberg (Saxe), Kongsberg (Norvège), Schemnitz et Kremnitz (Hongrie); 2° le sulfure double d'argent et d'arsenic (*Proustite*), qui est d'un

rouge clair, transparent, avec éclat adamantin, et renferme 64 p. 400 d'argent métallique; enfin 3^e la *myargyrite* qui ne diffère de l'argent antimonié sulfuré qu'en ce qu'elle renferme une proportion trois fois moins considérable de sulfure d'argent.

Argent sulfuré aigre (all. sprödglasserz) qui présente 2 variétés essentiellement distinctes: 1^o la *Polybasite*, combinaison de sulfure de cuivre, de sulfure d'argent et de sulfure d'antimoine ou d'arsenic; éclat métalloïde, d'un gris de fer; vue par transmission en esquilles minces, elle présente une couleur rouge de sang; elle renferme de 60 1/2 à 72 1/4 p. 400 d'argent et se trouve surtout dans l'Erzgebirge saxon; et 2^o l'*argent sulfuré aigre* proprement dit (all. schwarzgültigerz), qui est une combinaison de sulfure d'argent avec du sulfure d'antimoine ou d'arsenic; d'un gris de fer; éclat faiblement métalloïde; poussière noire se trouve avec l'espèce précédente, ainsi qu'en Hongrie, Transylvanie, etc...

Cuivre gris argentifère (all. weissgültigerz). Combinaison de sulfures d'argent, de cuivre, de plomb et d'antimoine; ayant un éclat métalloïde et une couleur comprise entre le gris de plomb et celui d'acier. Celui que l'on trouve dans les mines de Freiberg contient 30 à 32 p. 400 d'argent. Le *Graugültigerz* est une variété de cuivre gris beaucoup plus pauvre en argent que la précédente.

Bismuth sulfuré plombo-argentifère (all. wismuthbleierz). Métalloïde, gris de plomb, cassant; c'est un sulfure triple de bismuth, de plomb et d'argent; renfermant 45 p. 400 d'argent métallique. On le trouve à Schapbach (Forêt-Noire), rare.

Argent antimonial (all. spießglanz silber); substance, métalloïde, assez rare, blanc d'argent, composée d'environ 77 parties d'argent et de 23 p. d'antimoine; on le trouve quelquefois cristallisé en prismes rectangulaires, mais le plus souvent il se présente en masses concrétionnées. On le trouve à Wolfach (Forêt-Noire) et dans quelques mines du Hartz.

Argent chloruré (all. silberhornerz), demi-ductile, assez tendre pour se laisser couper au couteau; couleur gris de perle tirant souvent sur le bleu et brunissant à l'air; éclat vitreux; ordinairement translucide; cristallise en cubes. Se trouve surtout en Amérique.

Iodure d'argent, découvert par Vauquelin dans des minerais du Mexique; jaunâtre; assez rare.

Bromure d'argent. Découvert il y a peu d'années par M. Berthier dans des minerais du Mexique, où il paraît assez commun; en grains verts cristallins.

Sélénure et tellure d'argent extrêmement rares et ne sont cités ici que pour mémoire.

Amalgame, mercure argentifère, d'un blanc d'argent très éclatant, tendre, se laissant couper au couteau. Il cristallise en octaèdre régulier ou en dodécaèdre. On ne le rencontre en quantité assez considérable que dans les mines du Chili (Coquimbo, Arqueros). Il renferme 86 p. 400 d'argent.

Galène argentifère. Presque toujours le sulfure de plomb ou galène est associé à une petite quantité d'argent à l'état de sulfure. On la regarde comme extrêmement riche lorsqu'elle renferme 0,005 d'argent, et dans beaucoup de cas on peut en extraire avec avantage celui-ci lorsqu'elle a même une teneur dix fois plus faible.

En général, et quelle que soit leur nature, on regarde comme très riche des minerais qui renferment 0,005 d'argent métallique.

Argent carbonaté. On trouve quelquefois des carbonates de plomb argentifères dans lesquels l'argent paraît être à l'état de carbonate. Très rare.

Sous le rapport du traitement métallurgique, on divise les minerais d'argent en quatre classes, savoir :

1^o Minerais d'argent proprement dits avec gangues stériles.

2^o Minerais de plomb et d'argent.

3^o Minerais de cuivre et argent.

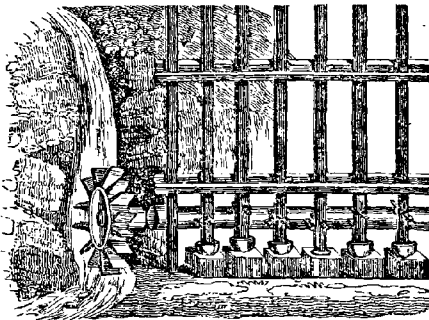
4^o Minerais de plomb, cuivre et argent.

La séparation de l'argent de ses minerais peut se résu-mer en deux méthodes tout à fait distinctes, le traitement par *amalgamation* (all. verquicken), et celui par une série de fontes successives qui concentrent l'argent dans une certaine quantité de plomb que l'on en sépare ensuite par la *coupeellation* (all. treiben). Le premier de ces procédés consiste essentiellement à mettre en contact intime, avec du mercure métallique, les minerais d'argent finement pulvérisés et ayant déjà été soumis à une préparation particulière; l'argent se dissout dans le mercure, et après avoir recueilli, par lavage, l'amalgame, on le distille et on obtient un résidu d'argent métallique. Ce procédé offre sur tous les autres, l'avantage d'une grande simplicité, mais comme on perd les métaux étrangers tels que le cuivre et le plomb qui se trouvent associés dans les minerais, on ne l'emploie généralement que pour les minerais qui ne renferment proportionnellement qu'une faible quantité de plomb et de cuivre; cependant nous verrons un exemple du contraire, dans le pays de Mansfeld. Dans les autres procédés on obtient par une suite de fontes et de grillages successifs, du PLOMB ON DU CUIVRE argentifères (voyez ces mots), dont il s'agit de séparer l'argent. A cet effet, on soumet le plomb à la coupeellation. Quant au cuivre, il doit d'abord être liqué, opération par laquelle on fait passer la plus grande partie de l'argent qu'il renfermait dans du plomb que l'on coupe ensuite.

Nous allons exposer sommairement ces principaux procédés :

1^o MINERAIS D'ARGENT PROPREMENT DITS AVEC GANGUES STÉRILES. *Amalgamation américaine*. Cette méthode inventée au Mexique par *Bartholomé de Medina*, en 1557, existe encore en Amérique dans toute sa simplicité primitive; il est nécessaire pour faire comprendre l'avantage que l'on trouve à employer ce procédé, de se rappeler que dans ce pays les minerais ne sont généralement pas plus riches qu'en Europe, que le plomb y est très cher, le combustible très rare et qu'on y manque de cours d'eau comme force motrice.

Au sortir de la mine, les minerais sont livrés aux *pepenadores*, ouvriers qui, le marteau à la main, les concassent en fragments dont la grosseur ne dépasse pas 2 à 3 centim. cubes, et les trient. On met de côté les minerais riches qui contiennent plus de 0,01 d'argent et qui sont ordinairement soumis à la fonte; le reste est amalgamé. Les minerais destinés à l'amalgamation sont d'abord pulvérisés dans des bocards à sec, renfermant de 6 à 8 pilons qui pèsent chacun 400 kilogr. environ, et sont soulevés par des comes placées sur un arbre horizontal qui est mis en mouvement, soit par une roue hydraulique prise en dessus, comme l'indique la



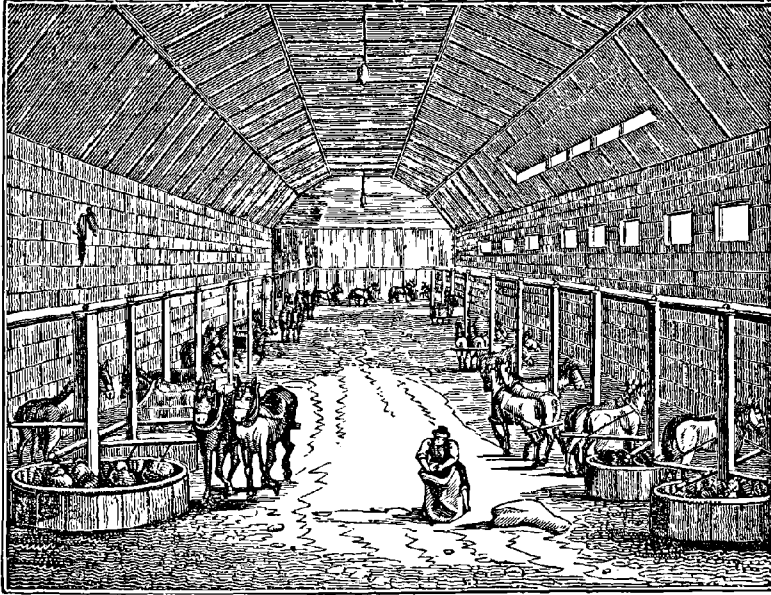
440.

fig. 440, soit par un manège à mulets, si l'on n'a pas à sa disposition d'autre moteur naturel. Chaque pilon

vient tomber dans une auge séparée en pierre dure ou mieux en bois. On estime qu'une batterie de 8 pilons peut pulvériser en 24 heures 1,600 kilogr. de minerai. La poudre ainsi obtenue n'est pas assez fine pour être amalgamée, on la réduit en farine impalpable dans des moulins (*arrastres*), où on ajoute un peu d'eau. Ces moulins sont ordinairement mûs par des mulets qui font tourner un arbre vertical armé de 4 bras, sur chacun desquels est montée une meule verticale en granit ou autre roche dure, qui se meut dans un bassin également en pierre. Ces moulins sont ordinairement placés sous un hangar, comme l'indique la fig. 111, qui

que *patio* est rectangulaire, a 150^m de long sur 445^m de large et peut contenir 24 tas circulaires de minerai, de 15^m de diamètre, sur 0^m,45 à 0^m,20 de hauteur, disposés sur 4 rangées. On réserve habituellement dans un coin de l'aire un petit espace pour traiter une faible quantité de minerai qui permette de déterminer d'avance la proportion de mercure qu'il faut incorporer dans les tas.

A *Zacatecas* on forme d'abord, pour recevoir chaque tas, des compartiments de grandeur convenable entourés de planches, au milieu de chacun desquels on introduit 55 hectol. 1/2 de sel marin impur ; on charge par-



111.

représente le grand atelier de préparation mécanique de *Salgado*, près *Guanajuato*, lequel repérme 36 bocards à sec et 42 moulins à eau, sous le même toit, le tout desservi par des mulets. Chacun d'eux peut réduire en 24 heures, en poudre impalpable, 300 kilogr. environ de minerai déjà passé au bocard. On relaie les mulets toutes les 6 heures. Cette opération est considérée comme très importante, car l'amalgamation est

dessus 600 quintaux métriques de minerai ; on mélange le tout ensemble en le remuant d'abord à la pelle, puis en le faisant piétiner par des mules, et le laissant ensuite reposer le reste de la journée. Le lendemain on ajoute le *magistral*, minerai de cuivre grillé, puis finement pulvérisé, renfermant 10 p. 100 de sulfate de cuivre et autant de sulfate de fer, en quantité variable suivant la teneur en argent du minerai et la saison.

Ainsi cette quantité est de 22 quintaux 1/2 par tas en été, et seulement de 11 quintaux 1/4 en hiver, pour des minerais renfermant 0,00450 d'argent métallique ; lorsque l'opération marche trop rapidement ou qu'il y a trop de *magistral*, ce qui tend à augmenter la perte en mercure, on y remédie en ajoutant une certaine quantité de chaux. Après l'addition du *magistral*, on le mélange, en faisant piétiner la masse pendant 5 à 6 heures par 6 mulets. On commence ensuite à ajouter une certaine quantité de mercure, que l'on tamise sur le tas au travers d'une chausse en laine, et que l'on incorpore dans la masse en faisant d'abord piétiner de nouveau celle-ci, puis la retournant avec des pelles en bois, on continue ainsi pendant plusieurs jours à faire piétiner les tas et à les retourner à la pelle, jusqu'à ce que tout le mercure se soit amalgamé ; on en ajoute alors une seconde et même quelquefois une troisième charge, en traitant à chaque fois le minerai comme il vient d'être dit. Enfin on ajoute une dernière charge de



112.

d'autant plus complète, et la perte en mercure d'autant moins considérable, que la pulvérisation a été poussée plus loin. On recueille les bones qui s'échappent des moulins dans des fosses de 1 à 2 mètr. de profondeur, et après les avoir laissées prendre de la consistance au soleil, on les porte à l'aire d'amalgamation ou *patio* (fig. 112), qui est entourée de murs et pavée. A *Zacatecas*, cha-

mercure pour réunir l'amalgame et les petites gouttelettes de mercure, et après avoir fait piétiner le mélange pendant quelques heures, on retire les terres amalgamées pour les soumettre au lavage. L'amalgamateur se sert, pour juger des progrès de l'amalgamation, d'une petite assiette noire, plate et ronde, faite en argile cuite; il met sur cette assiette un peu de pâte qui est en train de s'amalgamer, et tenant l'assiette inclinée et à moitié submergée dans l'eau, il lui imprime un mouvement rotatoire tel que, tous les points du bord de l'assiette sortant successivement l'un après l'autre de l'eau, les autres s'y replongent, et que l'axe de l'assiette subisse une révolution conique, par suite de laquelle il se forme un courant d'eau circulaire qui retient au centre le sable et les parties métalliques, et les y arrange suivant leurs pesanteurs spécifiques : de manière à ce que le sable de la gangue, occupant le milieu, la partie pesante, grenue, métallique ou *lix*, se porte à la circonférence, et l'amalgame en paillettes glisse par-dessus. C'est surtout l'aspect de la *lix* qui indique la marche de l'opération. On ajoute ordinairement 8 parties de mercure pour une en poids d'argent contenu dans le minerai; ainsi à Zacatecas, pour un minerai ayant un teneur argentifère présumée de 0,004625 (ce qui est le cas le plus ordinaire), on ajoutera à chaque tas, qu'on estime renfermer 97^h,50 d'argent, la première fois 480^h de mercure, la seconde 450^h, et enfin la dernière 210^h, en tout 840 kilogr. La durée totale de l'amalgamation est de 42 à 45 jours en été, et de 20 à 25 en hiver; c'est moins du tiers du temps employé dans plusieurs autres usines mexicaines, ce qui tient évidemment à ce que l'on donne très peu d'élevation aux tas, et qu'ils offrent ainsi une grande surface à l'action des rayons solaires.

Le lavage des terres amalgamées se fait dans des cuves circulaires en maçonnerie de 2^m,50 de profondeur sur 3^m de diamètre. Une roue horizontale dentée, montée sur l'arbre d'un manège mù par 4 mules, communique, par l'intermédiaire d'une seconde roue dentée, un mouvement de rotation à un arbre vertical placé au milieu de la cuve, et armé à sa partie inférieure de 4 agitateurs formés chacun par la réunion d'un certain nombre de tiges en bois de 1^m,50 de long, parallèles et verticales; il arrive continuellement un petit filet d'eau par la partie supérieure. L'amalgame gagne le fond de la cuve, on laisse écouler de temps en temps les boues dans un second appareil tout à fait semblable, dans lequel on les relave de nouveau, puis on les jette de côté. On peut en 42 heures de travail laver, dans une cuve, un tas entier de minerai amalgamé. L'amalgame liquide ainsi obtenu est pressé dans un sac en peau dont le fond est formé d'une sorte de flanelle très serrée et très forte. Il s'écoule du mercure renfermant encore une petite quantité d'argent, et qui sert à amalgamer de nouveau minerai, tandis qu'il reste dans le sac un amalgame grenu assez solide, que l'on distille pour obtenir l'argent qu'il renferme; à cet effet on le divise en pains de 45^h environ chaque, que l'on dispose en cercle au nombre de 14 sur une plaque en fonte ou en forte tôle de fer, percée en son centre d'un trou; on superpose de nouvelles rangées de pains, et enfin on reconvre le tout d'une cloche également en fonte ou en tôle de fer, que l'on lute aussi bien que possible contre la plaque de fond, avec un mélange de cendres, de sel marin, et de boues de lavages; on construit ensuite, tout autour de la cloche et à une distance de 0^m,30, un petit mur en briques, et l'on maintient l'intervalle compris entre ce mur et les parois de la cloche continuellement rempli de charbons ardents pendant 20 heures; on laisse alors tomber le feu et on enlève la cloche. Le mercure s'est échappé par un tuyau fixé à l'ouverture de la plaque de fond, et s'est rendu dans un réservoir inférieur en terre cuite rempli d'eau, où il s'est condensé presque en totalité. L'argent qui reste sous la cloche a

conservé la forme des pains d'amalgame, et après avoir été pesé, est ordinairement refondu dans des fours à réverbère et coulé en lingots du poids de 70 à 80 kilogr. On emploie depuis peu dans quelques usines, pour distiller l'amalgame, des cornues cylindriques en fonte placées dans un fourneau à galère. La perte en mercure est de 4^h,50 par kilogr. d'argent obtenu.

Voici ce qui se passe dans le procédé d'amalgamation tel que nous venons de le décrire : en Amérique l'argent se trouve dans les minerais, partie à l'état natif, partie à l'état de chlorure, partie à l'état de sulfure simple ou multiple. Le magistral que l'on y ajoute réagit sur le sel marin, en donnant du sulfate de soude et du deutochlorure de cuivre, lequel agit comme chlorurant énergique sur le sulfure d'argent, qu'il change en chlorure d'argent, en passant lui-même à l'état de protochlorure; le chlorure d'argent est à son tour réduit par une partie du mercure ajouté, en formant du protochlorure de mercure, et s'amalgame avec l'autre partie; c'est cette formation de protochlorure de mercure, lequel se trouve entraîné par les eaux de lavage, qui forme la presque totalité de la grande perte en mercure que l'on éprouve. Le sel marin sert non seulement à transformer le sulfate de cuivre en deutochlorure, mais encore à dissoudre le chlorure d'argent et à en faciliter ainsi considérablement la réduction par le mercure.

En moyenne, les minerais d'Amérique sont très pauvres et ne renferment guère que 0,00450 à 0,00460 d'argent; leur immense quantité fait seule concevoir la grande production des mines d'argent de l'Amérique. Les principales sont celles de *Pasco, Cerro de Bambon, Chota* et *Huantajaya* (Pérou); de *Zacatecas, Guanajuato, Valenciana* et *Vetagranda*, au Mexique. Pasco produit annuellement de 50 à 75,000 kilogr. d'argent; Huantajaya, 20,000^h; Zacatecas, 135,000^h; Guanajuato, 85,000^h, et Valenciana, 75,000^h. On estime que les 5/7 de l'argent produit en Amérique proviennent des ateliers d'amalgamation, et que 2/7 seulement viennent de la fonte des minerais.

Amalgamation saxonne. Ce n'est qu'à la fin du siècle dernier que l'on a commencé à traiter en Europe, par amalgamation, les minerais d'argent; ici les circonstances sont différentes, le combustible moins cher et la force motrice abondante; aussi le procédé européen devra-t-il différer notablement du procédé américain. Nous allons faire ressortir en peu de mots ces différences, en décrivant l'opération telle que nous l'avons vue exécuter à l'usine d'*Halsbrücke*, près Freiberg, en Saxe, la plus belle en ce genre qui existe en Europe.

La fig. 413 présente une coupe longitudinale de l'atelier d'amalgamation, qui est divisé en 4 compartiments. Le 1^{er}, AB, sert au grillage et à la chloruration des minerais; le 2^e, BC, à la pulvérisation et au tamisage du minerai grillé; le 3^e, CD, à l'amalgamation proprement dite et au lavage des résidus; et enfin, le dernier, DE, sert à la distillation de l'amalgame. On y distingue :

1^o Dans le compartiment AB : *a, a*, magasins de sel; *b, b*, aires pour le mélange des matières; *c, c*, fourneaux de grillage, dont la flamme, après avoir passé sur les soles 23,23, se rend dans les chambres de condensation 45,45, et de là s'échappe par la cheminée *e*.

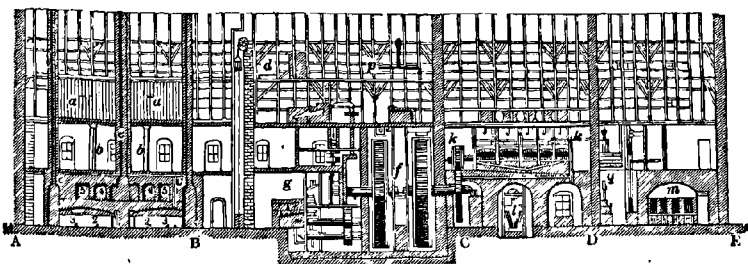
2^o Dans le compartiment BC : *g*, moulins de pulvérisation; *d*, tamis pour le minerai pulvérisé; *f*, roues hydrauliques mettant en activité les moulins de pulvérisation et les tonnes d'amalgamation.

3^o Dans le compartiment CD : *k, k*, tonnes d'amalgamation; *l*, cuve qui sert à laver les résidus.

4^o Dans le compartiment DE : *m*, fourneaux pour la distillation de l'amalgame; *g*, magasin.

On ne soumet à l'amalgamation que les minerais d'argent qui renferment moins de 7^h de plomb et de 4^h

de cuivre au quintal, parce qu'au-delà le plomb passerait dans l'amalgame et le rendrait très impur, tout en rendant l'opération plus difficile, et que le cuivre serait totalement perdu; on les associe entre eux de manière à ce que le mélange ait une teneur moyenne en argent de 0,00200 à

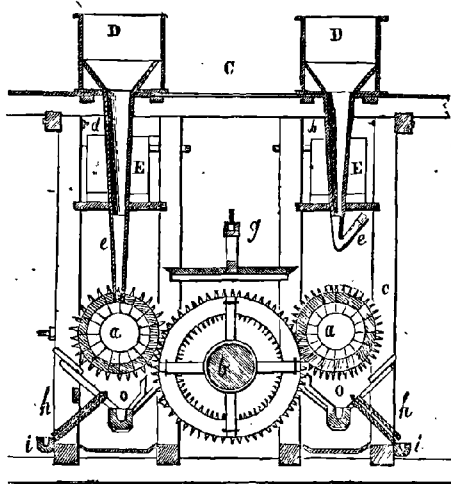


413.

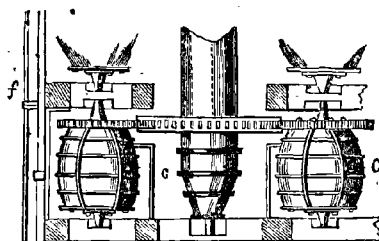
0,00250. On y ajoute au besoin des pyrites de fer, jusqu'à ce qu'il y en ait en tout 30 p. 400 environ; puis, après l'avoir pulvérisé aussi fin que possible au bocard à sec, on le mêle avec 1/10 de son poids de sel marin, et en le soumet au grillage, dans un fourneau à réverbère dont la sole elliptique a 4^m,95 de long sur 2^m,50 de large, et dans lequel la hauteur de la voûte, au-dessus du milieu de la sole, est de 0^m,46. On charge de 180 à 200^k à la fois sur la sole; puis, on élève peu à peu la température jusqu'au rouge sombre, où on la maintient en travaillant très souvent avec un ringard, dans le four, pour renouveler les surfaces et prévenir la fusion des matières. Il se dégage d'abord de la vapeur d'eau, puis d'épaisses et blanches fumées d'acide arsénieux et d'oxyde d'antimoine qui se déposent au-dessus dans les chambres de condensation, après quoi on reconnaît que la pyrite de fer se grille, à la flamme bleuâtre que l'on aperçoit et à la forte odeur d'acide sulfureux qui se dégage. Dès que cette odeur a disparu, on procède à la chloruration en élevant la température au rouge vif, et l'y maintenant jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de chlore, ce qui dure 3/4 d'heure environ; de sorte que l'on passe une charge à peu près toutes les 4 heures. Pendant la première partie de l'opération, ou le grillage, proprement dit, on sépare l'arsenic et l'antimoine, et on transforme les sulfures de fer et de cuivre en sulfate de peroxyde de fer et en deutrosulfate de cuivre; ceux-ci, dans la seconde partie, ou chloruration, réagissent à leur tour sur le sel marin (chlorure de sodium), en donnant du sulfate de soude, des protochlorures de fer et de cuivre, et du chlore qui se combine à l'état naissant avec l'argent contenu dans le minéral, et le transforme en chlorure. Enfin, tous les chlorures métalliques, à l'exception du chlorure d'argent, se décomposent eux-mêmes, pendant le dernier coup de feu, en donnant des oxydes et un nouveau dégagement de chlore. Ici c'est surtout le chlorure de fer qui agit comme chlorurant, tandis qu'en Amérique c'est le deutochlorure de cuivre. Il y a à l'usine d'Halsbrücke 14 fours de grillage, dans chacun desquels on traite moyennement par semaine 50 à 60 quintaux métriques de minéral; et les chambres de condensation donnent en tout pendant le même temps de 40 à 50 quintaux métriques de poussières, contenant 0,00125 à 0,00150 d'argent; elles sont retraitées à part comme le minéral cru; on consomme par quintal de minéral cru, soumis au grillage, 0^m,046 de bois cordé pour l'allumage des fourneaux, et 31^k,00 de houille. Le service d'un four de grillage exige 2 ouvriers par 24 heures de travail.

Le minéral grillé est jeté sur une grille inclinée de 45° et ayant 64 ouvertures au décimètre carré; ce qui passe au travers tombe sur un crible, incliné de 6°, de 2^m,50 de long et 0^m,45 de large, qui reçoit 94 secousses par minute, et qui a 320 ouvertures au décimètre carré à la tête et seulement 192 au bas. On obtient ainsi trois sortes de grosseurs; le gros qui reste sur la grille et le crible, le fin qui traverse la tête du crible, et le moyen qui passe au bas. En résumé, on passe dans cha-

que crible à secousses par poste de 12^k, 31^{qm} 1/2 de minéral grillé, et on obtient moyennement 29^{qm} de fin, 4^{qm} de moyen et 4^{qm} 1/2 de gros. Le gros est concassé avec un marteau à main, puis broyé à part avec le moyen, sous des meules de granit, et grillé de nouveau avec 2 p. 400 de sel marin; seulement cette dernière opération ne dure que 2 heures au lieu de 4. Le fin est broyé à sec entre des meules de granit. Les meules supérieures font de 120 à 140 tours par minute; elles sont rayées comme les meules à farine, et ces rainures qui ont 0^m,006 de profondeur, doivent être rafraîchies tous les 3 ou 4 jours. Elles ont primitivement 0^m,85 de diamètre sur 0^m,56 d'épaisseur, et lorsque celle-ci est réduite à moitié, on s'en sert comme de meules inférieures. On estime qu'il faut une force de 2 à 3 chevaux-vapeur pour chaque moulin. Il y a en tout 40 paires de meules, et chacune d'elles pulvérisé par heure de 50 à 70^k de



414.



415

minerai grillé, sur lesquels il reste dans le blutoir 42 à 45 p. 100 de gros, qu'il faut repasser une seconde fois entre les meules. Le service de deux paires de meules exige 2 ouvriers par 24 heures de travail.

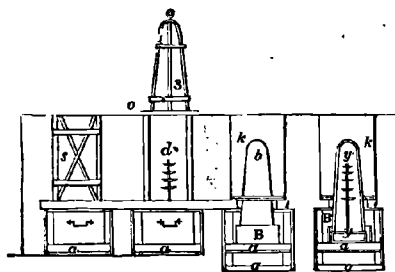
L'amalgamation se fait dans des tonnes, solidement cerclées en fer, qui ont intérieurement 0^m,85 de long et 0^m,90 de diamètre au ventre, et qui tournent autour d'axes horizontaux; il y en a 20, disposés sur 4 rangées. Les fig. 444 et 445 donneront une idée de cette disposition; *b* est l'arbre moteur qui, au moyen d'un système de roues dentées, communique un mouvement de rotation aux tonneaux d'amalgamation *a, a*. Les bondes *c, c*, de ces tonnes ont 0^m,42 de diamètre, et se ferment hermétiquement à l'aide de bouchons qui sont solidement maintenus dans leur position. C est le magasin du minerai grillé et moulu, que l'on charge dans les trémies *D, D*, qui se prolongent par des tuyaux coniques *d, d*; à l'extrémité de ces tuyaux en sont fixés d'autres *e, e*, en toile forte et terminés par un bout en tôle, que l'on introduit pendant le chargement dans la bonde et qu'on relève ensuite comme l'indique la fig. 444. *E, E*, sont des caisses renfermant 450 litres d'eau chaque, et munies de tuyaux flexibles à robinets, qui servent à la faire passer au besoin dans les tonnes *a, a*. Les coussinets des roues dentées, montées sur l'une des extrémités des tonnes d'amalgamation et qui les mettent en mouvement, sont portés sur des coulisses mobiles liées aux tiges *f*, ce qui permet de les désengrener à volonté. On introduit d'abord dans chaque tonne 450 litres d'eau, 500^k de minerai grillé et moulu, et 50^k de fer battu en plaquettes, dont les dimensions sont de 1, 2 et 4 centimètres; on ferme les bondes, et on fait tourner lentement les tonnes pendant 1 heure 1/2, de manière à ce qu'elles fassent 14 à 15 tours par minute; pendant ce temps, le chlorure d'argent dissous dans le sel marin est décomposé par les plaquettes de fer, en donnant du chlorure de fer et de l'argent métallique; il est fort important que le grillage ait été poussé assez loin pour décomposer tout le chlorure de cuivre, car sans cela celui-ci serait également réduit par le fer à l'état métallique, et passerait plus tard dans l'amalgame qui serait alors très impur. Au bout d'une heure et demie, on arrête les tonnes et on ajoute dans chacune d'elles 250^k de mercure, qu'on y fait arriver par des tuyaux embranchés sur la conduite *g*, qui communique à un réservoir général gradué, en fonte; puis on les fait tourner de nouveau pendant 49 heures, avec une vitesse de 20 à 22 tours par minute. Toutes les 4 heures on arrête les tonnes pour juger à la main de l'état de l'opération et de la consistance de la pâte. La réaction est facilitée par suite de l'élévation de température que l'on remarque dans le tonneau, et qui est d'autant plus grande que la vitesse de rotation est plus considérable; plus elle est élevée, plus l'appauvrissement des résidus sera complet, mais plus aussi il se perdra, dans les boues de lavage, de mercure très divisé qu'on ne pourra plus réunir; il y a donc un terme moyen à prendre et qui, déterminé par une longue expérience, est celui que nous avons indiqué, lequel correspond à une température de 32^e centigr. environ. On regarde alors l'amalgamation comme terminée; on remplit presque entièrement les tonnes d'eau et on les fait tourner pendant 2 heures avec une vitesse de 8 à 9 tours par minute, pour rassembler l'amalgame. On arrête enfin les tonnes et on procède au déchargement: à cet effet, les tampons coniques qui ferment les bondes pendant l'amalgamation sont creux et renferment eux-mêmes un second tampon plein que l'on enlève, et que l'on remplace par un bouchon creux auquel est adapté un tuyau en cuir portant un robinet en fer; puis on renverse la tonne, la bonde en dessous, et on fait tomber l'amalgame le long de la gouttière *h* dans la rigole *i*, qui le conduit à un réservoir général. On relève ensuite la tonne pour y

ajuster un bouchon creux portant une grille et en la renversant de nouveau, les boues tombent dans le canal *o*, qui les conduit dans les cuves de lavage, tandis que les morceaux de fer retenus par la grille restent dans la tonne. En tout chaque opération dure 24 heures. On consomme environ 0^m,750 de fer par tonne et par opération, et on en ajoute tous les 15 jours 44^e environ.

L'amalgame obtenu est filtré à la main dans un sac de flanelle de forme conique; le mercure qui passe au travers renferme au plus 0,00004 d'argent, et est repassé dans les tonnes d'amalgamation. L'amalgame solide, qui reste dans le sac, renferme d'après une analyse de M. Kersten :

Mercure.	84,2
Argent.	44,0
Cuivre.	3,5
Antimoine, zinc et plomb.	4,0
Soufre.	tracés.
	99,7

On le distille sur des assiettes placées sous un appareil à cloche; la fig. 446 représente, dans des positions



446.

différentes, les 4 cloches employées à Halsbrücke pour la distillation de l'amalgame. *a, a, a, a*, sont des caisses rectangulaires en bois, renfermant des bassins plus petits *B, B, ...* en fonte, au milieu desquels sont placées des tiges verticales en fer *y, ...* portées sur trois pieds; on enfile sur chaque tige cinq assiettes qui reçoivent chacune 24^k d'amalgame, et on recouvre le tout de cloches en fonte *b, ...* qu'on soulève à l'aide de poulies; chaque cloche pèse à peu près 90^k et a 4^m,02 de haut, sur un diamètre intérieur de 0^m,35 à l'ouverture, et de 0^m,30 à la naissance de la calotte sphérique qui en forme la partie supérieure; elle coûte environ 435^f et dure moyennement de 70 à 80 opérations. *a ... et B, ...* sont remplis d'eau et on fait continuellement arriver un courant d'eau fraîche dans *a, a, ...* pour faciliter la condensation des vapeurs de mercure dans les bassins *B, B, ...* Les cloches étant placées, on met sur l'anneau de muraillement *4*, des plaques de fonte percées d'un trou circulaire pour le passage des cloches, on lute les jointures en y tassant des cendres et un peu d'argile, on met la porte *s* formée de briques, soutenues dans un châssis en fer, que l'on lute également; puis dans le manchon *k* ainsi formé, on jette de la tourbe enflammée et à la fin du charbon de bois. Le feu que l'on fait autour des cloches doit être d'abord très gradué, et ce n'est qu'au bout de 8 heures qu'il atteint son maximum; on le laisse ensuite tomber de lui-même. La conduite du feu est de la plus grande importance et exige la plus grande attention de la part du chauffeur, car si la température n'est pas assez gradnée, on court le risque de briser la cloche et en outre de voir une partie de l'argent mécaniquement entraînée par le mercure qui se volatilise, tandis que si elle n'est pas assez élevée, il reste dans l'argent d'assiette une certaine quantité de mercure, qui est complètement perdue lors du

ARGENT.

raffinage. En résumé, chaque opération dure 12 heures et on obtient 20^e environ, d'argent d'assiette (*all. teller silber*) par cloche et par opération. La consommation en combustible est de 0^m,430 de tourbe et 0^m,043 de charbon de bois léger par 100^e d'amalgame soumis à la distillation. L'argent d'assiette ne contient environ que 75 pour 100 d'argent fin. On le fond sans addition dans un creuset de fer découvert et chauffé dans un fourneau à vent; on le coule ensuite en lingots tenant 80 pour 100 d'argent fin. Le peu de scories que l'on obtient est mis de côté et fondu à part, à la fin de l'année avec un peu de borax, et donne de l'argent ayant une teneur de 50 à 60 pour 100 d'argent fin.

Les boîtes d'amalgamation des 20 tonnes se rendent dans 5 cuves à axe vertical ayant 1^m,40 de profondeur, 1^m,54 de diamètre en haut et 1^m,02 au fond, que l'on achève de remplir avec de l'eau, et sur l'une des parois desquelles il existe, à partir du fond, 4 orifices fermés par des robinets et espacés à 0^m,45 environ les uns des autres. Un axe vertical armé de bras destinés à agiter les matières et à effectuer la séparation des dernières parties de l'amalgame, s'y meut avec une vitesse de 12 à 14 tours par minute, pendant 20 à 22 heures; pendant ce temps, on fait écouler les boîtes, 2 fois par l'orifice supérieur, 2 fois par le second et 4 fois par le troisième, en ayant soin de remplir d'eau les cuves immédiatement après chaque coulée. On ne retire l'amalgame par l'orifice inférieur qu'une fois par semaine; il est très impur et après avoir été fondu il donne un alliage qui ne renferme que 25 à 65 pour 100 d'argent fin. On pourrait raffiner cet argent en le fondant avec un peu de nitre et de borax, mais on préfère l'envoyer tel quel à l'hôtel des Monnaies, où on l'allie à l'argent fin, qui provient de la coupellation des plombs d'œuvre. La quantité de résidus que l'on rejette en définitive s'élève à 80 pour 100 de celle du minerai cru, et leur teneur varie de 0,00008 à 0,00016 d'argent fin. On clarifie par dépôt les eaux de lavage des tonnes d'amalgamation, puis on les concentre dans des chaudières en plomb et on fait cristalliser; on obtient ainsi une certaine quantité de sulfate de soude impur, que l'on purifie par une seconde cristallisation. On précipite ensuite les eaux mères, qui refusent de cristalliser, par du lait de chaux. Le produit que l'on obtient, et qui porte le nom de *dünge saltz*, est employé dans le pays avec beaucoup d'avantage pour l'affinement et l'engrais des terres; il se compose d'après M. Lampadius, de :

Gypse hydraté.	68,7
Sel marin.	7,4
Carbonate de potasse.	5,3
Hydrates de manganèse et de fer.	42,9
Argile, sable et perte.	5,7
	400,0

La perte totale en argent varie de 5 à 9 p. 100 de la quantité contenus dans le minerai; celle en mercure est de 25^e par 100^e d'argent obtenu, qui, d'après une moyenne de 20 années se compose de :

Perte en mercure qui reste dans les résidus d'amalgamation.	21 ^e ,78
Perte dans la distillation de l'amalgame.	2 ^e ,77
Perte venant de la fêlure ou du bris des cloches de distillation.	0 ^e ,45
	25 ^e ,00

Cette faible consommation comparée à celle de l'amalgamation américaine, tient à ce que, dans ce dernier cas le chlorure d'argent est réduit par le mercure, et que le chlorure de mercure qui se forme passe en entier dans les résidus, tandis qu'en Saxo, cette réduction est opérée par le fer.

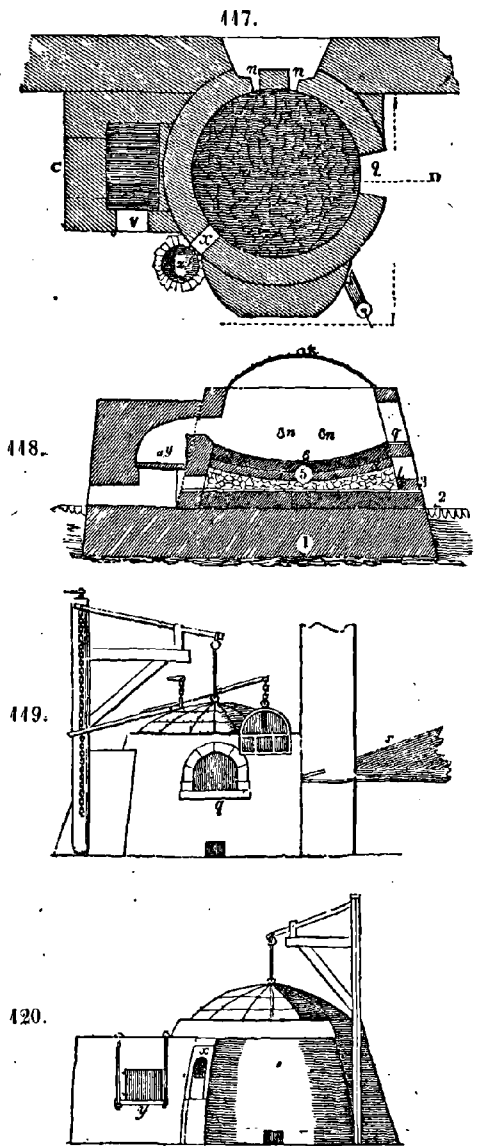
Traitement des minerais d'argent par fusion. A Kong-

ARGENT.

sberg en Norvège, on trouve de l'argent natif qui contient 70 à 80 p. 100 d'argent fin, on le fond avec son poids, environ de plomb, et on obtient un alliage renfermant 30 à 35 p. 100 d'argent fin que l'on sépare par coupellation.

2^e MINÉRAIS DE PLOMB ET ARGENT. Sont traités comme minerais de plomb (*voyez PLOMB*); on sépare ensuite par la coupellation l'argent du *plomb d'œuvre*, ou plomb argentifère obtenu.

Les fig. 417, 418, 419 et 420 donnent les détails du fourneau de coupelle habituellement employé au Hartz :



Les fig. 419 et 420 sont des élévations verticales suivant deux directions rectangulaires, indiquées sur le plan fig. 417 par des lignes ponctuées, et la fig. 418 est une coupe longitudinale suivant la ligne c d fig. 417; 1, Fondations du fourneau; 2, etc

naux pour le dégagement de l'humidité, recouverts par une assise de briques 3, sur lesquelles on tasse fortement des scories 4, de la fonte au plomb; par-dessus est un lit de briques réfractaires 5, sur lequel repose la sole de 0^m, 25 à 0^m, 30 d'épaisseur, formée d'un mélange bien damé, de 4 parties en volume de cendres de bois lavées pour 4 de chaux; *k* chapeau en tôle intérieurement recouvert d'un enduit d'argile réfractaire, et maintenu par un châssis en fer qui se manœuvre à l'aide d'une potence; *n*, *n*, tuyères alimentées par 2 soufflets pyramidaux en bois *s*, *s*, et munies à leur embouchure, de papillons, pour rabattre le vent; *q*, porte pour charger le plomb d'œuvre sur la sole; *y*, porte de déchargement de la grille; *x*, voie des litharges par laquelle elles tombent dans le bassin de réception; *z*, sole qui a 2^m, 00 de diamètre, 0^m, 15 à 0^m, 20 de flèche, et dont la distance au chapeau, à la clef, varie de 0^m, 80 à 1^m, 00. La coupelle ayant été battue, ce qui demande 2 heures et demie de travail, on charge en rond sur la sole 4000^k à 4500^k de plomb, on met le chapeau et on allume le feu sur la grille avec des fagots, en l'augmentant peu à peu; après 3 heures, le plomb est entièrement fondu, et recouvert par une couche de matières qui s'y trouvaient mélangées, qui portent le nom d'abzugs et que l'on retire avec un râble; on commence à donner le vent, et le bain continue à se recouvrir de poussières grises qui portent le nom d'abstrichs, et que l'on enlève de demi-heure en demi-heure; l'ouvrier facilite leur séparation en enfonce de temps en temps dans le bain, par la porte latérale une bûche de bois vert, et l'y agitant en tous sens. Bientôt, à mesure que la température s'élève et que les crasses qui se forment à la surface du bain renferment une plus grande proportion d'oxyde de plomb, elles se fondent et s'écoulent par la voie des litharges que l'on a soin d'approfondir au fur et à mesure qu'il en est besoin. Les premières litharges sont encore très impures et sont dites litharges noires; peu à peu elles prennent une couleur jaune ou rouge, ce sont les litharges marchandes. Lorsqu'on les laisse couler en un filet mince que l'on enlève à mesure qu'il se solidifie, on n'obtient guère que des litharges jaunes, tandis que lorsqu'on leur permet de s'écouler sur une large surface et qu'on les laisse refroidir lentement et en grandes masses, on obtient beaucoup de litharges rouges qui ont une valeur commerciale beaucoup plus élevée que les litharges jaunes; dans quelques usines, on transforme ces dernières en litharges rouges, avant de les livrer au commerce, par un traitement ultérieur qui consiste à les pulvériser et à les exposer ensuite au contact de l'air, pendant un certain temps, en couches de quelques centimètres d'épaisseur, sur des plaques de tôle ou de fonte chauffées en dessous au rouge sombre. A la fin de la coupellation, on augmente le feu, qui jusqu'alors, a toujours été maintenu à un point tel, que les litharges soient bien fluides et lorsqu'il ne reste plus que 450 à 200^k de plomb dans la coupelle; on met de côté les litharges que l'on obtient et qui sont des litharges riches. Il va sans dire que les tuyères, d'abord horizontales, doivent être inclinées à mesure que l'opération avance, de manière à ce que le vent rase toujours la surface du bain. Après 20 heures environ, le phénomène de l'éclair se produit, les pellicules irisées d'oxyde de plomb qui tournoyaient avec une extrême rapidité sur la surface du gâteau d'argent, disparaissent subitement; on arrête aussitôt le vent, on bouche l'ouverture *x* avec une brique et on verse avec précaution de l'eau sur le gâteau d'argent pour le refroidir. On obtient par charge de 40 à 45^{qm} de plomb d'œuvre.

Argent de coupelle au titre de 0,928.	6 à 7 ^k
Litharges marchandes, jaunes et rouges, renfermant 0,00007 d'argent.	25 à 30 ^{qm}
Litharges riches.	4 à 3 ^{qm}
Abzugs, abstrichs et litharges noires.	2 à 4 ^{qm}
Fonds de coupelle.	44 à 45 ^{qm}

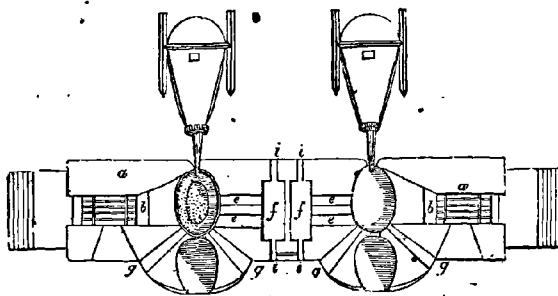
Les abzugs, abstrichs, litharges riches et fonds de coupelle, sont repassés dans la fonte au plomb, et donnent de nouveau du plomb d'œuvre; les litharges marchandes sont ordinairement vendues en cet état, et les litharges noires sont seules revivifiées en les fondant dans un fourneau à manche avec du charbon de bois.

Le plomb ainsi obtenu, est aigre et cassant, renferme beaucoup d'antimoine et est vendu, soit aux fabricants de plomb de chasse, soit à ceux de caractères d'imprimerie. On perd de 4 à 8 p. 100 de plomb dans la coupellation. On raffine l'argent de coupelle par une seconde coupellation faite sur une échelle plus petite.

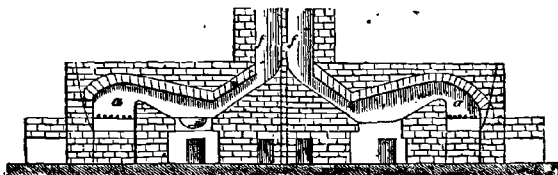
Au lieu de charger sur la sole tout le plomb d'œuvre en une seule fois, comme nous venons de le voir, on n'en charge dans beaucoup d'usines qu'une partie, et on ajoute graduellement le reste par filage dans la suite de l'opération; ce procédé offre l'avantage de pouvoir, dans un fourneau de dimensions données, et dans une seule opération, coupler une quantité de plomb bien plus considérable; mais lorsque l'on trouve à se débarrasser plus avantageusement des litharges marchandes, que du plomb qu'elles renferment, ce qui est le cas général, il faut, pour opérer par filage, que le plomb d'œuvre que l'on traite ne renferme à l'exception de l'argent que des traces de métaux étrangers, et ne fournisse par suite, qu'une petite quantité d'abstrichs qui en quantité notable altéreraient infailliblement la pureté des litharges marchandes.

Dans d'autres usines, où l'on opère sur des plombs très pauvres, on ne pousse la coupellation que jusqu'à ce que les 9/10 environ du plomb soient passés dans les litharges; on obtient ainsi un plomb d'œuvre riche, dans lequel tout l'argent s'est concentré; et ne met de côté, et lorsqu'on en a une quantité suffisante, on le couple comme à l'ordinaire. Nous allons donner des exemples de ces modes divers d'opérer.

A *Aiston-Moor* (Angleterre), le raffinage du plomb s'exécute dans des fourneaux à réverbère, dont la fig. 421



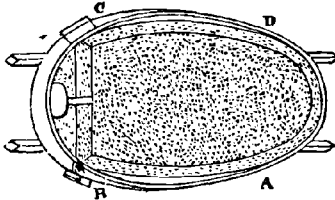
421.



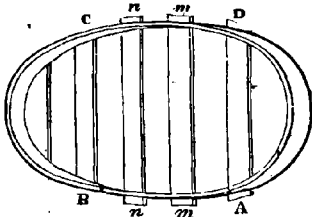
422.

donne le plan, et la fig. 422 la coupe. Le foyer *a* est un carré de 0^m, 56 de côté, séparé de la sole par un massif

en maçonnerie b de 0^m,36 de largeur. La flamme, après avoir passé sur la surface du plomb qui se trouve dans la coupelle, se rend ensuite dans deux tuyaux e, e, qui prennent naissance sur le côté opposé du fourneau et se terminent dans une cheminée f de 42^m de hauteur. A bas de la cheminée sont des ouvertures i, i, pour en retirer les cadmies qui se déposent dans leur intérieur; ces ouvertures sont bouchées pendant l'opération. Les fourneaux de coupelle sont généralement doubles, et établis de part et d'autre de la cheminée où se condensent les vapeurs plombeuses. La coupelle dans laquelle l'opération s'exécute est mobile; elle est composée d'un châssis, ou cadre ovale ABCD (fig. 123 et 124) en fer, entouré d'un rebord de 0^m,10 de hauteur, dont le plus grand diamètre est de 4^m,25, et le plus petit de 0^m,65; son fond présente (fig. 124) 4 barres transversales, AD, mm, nn, BC, ayant, ainsi que les autres parties du cadre, 0^m,10 de largeur et 0^m,30 d'épaisseur. La première de ces barres est placée à 0^m,25 de la partie antérieure du rebord, et les



123.



124.

trois autres sont à peu près également espacées entre celle-ci et le bord postérieur. Pour former la coupelle, on met dans le cadre, des couches successives de cendres d'os et de cendres de fougères, en poussière très fine. Les cendres d'os forment de 1/8 à 1/16 du volume du mélange, suivant la pureté de la cendre de fougère que l'on emploie, en raison de la forte proportion de potasse qu'elle renferme, et qui a la propriété de vitrifier à demi la poudre d'os, de faire disparaître sa friabilité et de la rendre plus durable. Pour donner de la solidité à la coupelle, on bat assez fortement les couches de cendres, et l'on en met jusqu'à ce que le cadre soit entièrement rempli; ensuite, on creuse la masse ainsi formée, au moyen d'une petite bêche faite exprès, jusqu'à ce qu'elle n'ait plus que 0^m,020 d'épaisseur dans le fond au-dessus des barres du châssis. On laisse un rebord de 0^m,050 à la partie supérieure, et de 0^m,065 à la partie inférieure, excepté sur le devant qui a 0^m,425 d'épaisseur. Dans cette partie antérieure, on creuse une ouverture de 0^m,033 de large, et de 0^m,150 de long, avec laquelle communique l'issue de la litharge. La coupelle ainsi préparée, on la place dans le fourneau de raffinage, dont elle peut être considérée comme la sole. Elle repose sur un anneau de fer scellé dans la maçonnerie du fourneau; la hauteur de la voûte du fourneau au-dessus de la coupelle est de 0^m,50 près du pont de la chauffe, et de 0^m,23 près du tuyau de sortie. La tuyère est pratiquée sur le côté postérieur du fourneau opposé à celui par lequel coule la litharge. Sur les côtés, on pratique des ouvertures g, g, soit pour filer le plomb, soit pour introduire du plomb fondu dans l'intérieur de la coupelle. Un petit fourneau en briques est accolé à celui de coupelle; il porte une chaudière, dans laquelle on fait fondre le plomb que l'on file. On ne coupelle que les plombs obtenus au fourneau écossais (voir PLOMB),

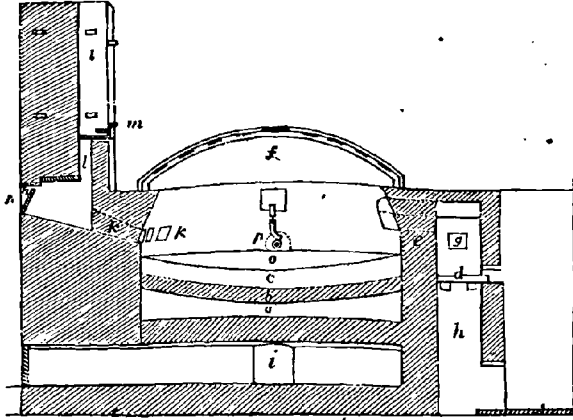
et que l'on regarde comme riches lorsqu'ils contiennent 0,00026 d'argent fin. Le fourneau de coupelle que nous venons de décrire étant préparé et la coupelle placée, on allume le feu, qui doit être poussé, dans les premiers moments, avec beaucoup de ménagement pour sécher la coupelle sans la faire éclater, comme cela arriverait infailliblement si une chaleur brusque faisait évaporer trop vite l'eau qu'elle contient. Lorsqu'on l'a peu à peu séchée complètement et amenée à la chaleur du rouge naissant, on la remplit presque entièrement de plomb qu'on a fait fondre d'avance dans une chaudière de fer; elle peut en recevoir environ 250^k. A la température à laquelle on introduit le plomb, il se couvre tout de suite d'une pellicule grise d'oxyde; mais quand la température du fourneau a été peu à peu élevée jusqu'au degré convenable, il devient d'un rouge blanchâtre et toute sa surface est recouverte de litharge; on met alors en jeu la machine soufflante, dont le vent dirigé dans le sens du grand axe de la coupelle, fait passer la litharge par l'issue qui lui a été préparée, et par laquelle elle tombe sur une plaque de fonte de niveau avec le sol de l'atelier, et s'y prend en larmes. Dans cet état, on l'enlève pour la porter au fourneau de réduction et la revivifier. Comme par l'effet de l'oxydation continue, qu'elle subit, la surface du plomb s'abaisse nécessairement au-dessous ou au niveau de la voie des litharges, on ajoute de nouveau du plomb fondu que l'on prend avec une cuillère, dans la chaudière ci-dessus mentionnée, aussi souvent que le besoin s'en fait sentir; on continue ainsi jusqu'à ce que l'on ait introduit dans la coupelle 4300^k de plomb pauvre, ce qui dure de 16 à 20 heures; et on obtient 55^k de plomb riche dans lequel s'est concentré la presque totalité de l'argent contenu dans le plomb pauvre. La coupellation riche s'exécute dans le même fourneau, et d'une manière analogue, seulement on passe par opération 2500^k de plomb riche, et la coupelle diffère de celle que nous avons décrite, en ce qu'elle présente à son fond une dépression, propre à recevoir à la fin de l'opération le gâteau d'argent, de manière à ce qu'une portion du fond reste à découvert, et qu'on puisse y pousser avec un petit râble les scories qu'on arrache des bords du gâteau d'argent. En résumé, trois hommes peuvent en une semaine passer à la coupelle 258 quintaux métriques de plomb, et la quantité de houille consommée est d'environ 45^k par 100^k de plomb soumis à la coupellation.

La litharge obtenue aux environs d'Alston-Moor par le raffinage du plomb, se vend rarement en nature, et est presque toujours revivifiée dans un fourneau à réverbère, dont la sole a 4^m,90 de longueur; à cet effet on place d'abord sur la sole un lit de houille de 5 à 6 centim. d'épaisseur; elle s'embrace bientôt et se réduit en fraisil rouge de feu; on charge alors la litharge en fragments assez gros mélangés d'une certaine quantité de menue houille, et l'on répand ce mélange sur toute l'étendue de la sole; on conduit le feu de manière à maintenir le fourneau au rouge sombre, de sorte que la litharge ne fonde pas, et que le plomb réduit se sépare par lixivation. Dans ce fourneau on peut revivifier en neuf ou dix heures 6,300^k de plomb. On fond au coke et au fourneau à manche les fumées, les fonds de coupelle et les crasses du fourneau de réduction.

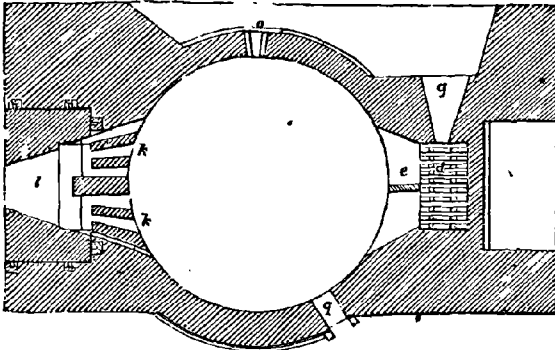
Le fourneau de coupelle de la belle usine dite *Friedrichshütte*, située près Tarnowitz (Haute-Silésie), est représenté en coupe et en plan par les fig. 125 et 126: a, lit de scories pilées; b, assise en briques réfractaires sur laquelle repose la coupelle; c, coupelle formée avec un mélange de 5 parties en poids de calcaire marneux dolomitique et de 4 parties d'argile réfractaire; elle a 2^m,80 de diamètre et 0^m,37 de flèche; d, grille située à 0^m,40 en contre bas de l'autel e et ayant 0^m,48 de large sur 0^m,80 de long; f, chapeau en tôle, renforcé par une carcasse en barres de fer et recouvert intérieurement

d'un enduit d'argile; *g*, porte de la chauffe; *h*, cendrier; *i*, canaux d'assèchement; *k*, *k*, rampants qui conduisent

faible quantité de plomb, la presque totalité de l'argent contenu dans une grande quantité de plomb très pauvre.



125.



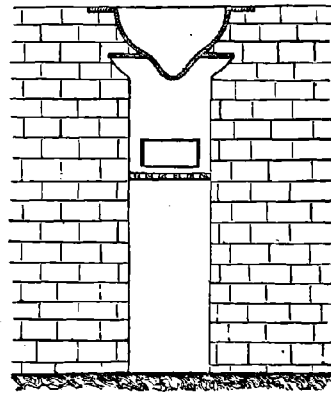
126.

la flamme dans la cheminée *l*; *m*, registre servant à régulariser le tirage; *n*, registre servant à introduire de l'air froid dans le fourneau pour le refroidir, et à nettoyer les rampants *k*, *k*...; *o*, tuyère en cuivre de 0^m,065 de diamètre, pouvant s'incliner à volonté, dans laquelle l'air arrive sous une pression de 0^m,018 par centimètre carré, par une buse de 0^m,038 de diamètre; *p*, papillon servant à rabattre le vent sur le bain, et à l'éparpiller à sa surface; *q*, voie des litharges. On fait une coupellation pauvre et une coupellation riche; pas de filage. La charge se compose 70 à 80 quintaux métriques de plomb. La fusion et l'enlèvement des abstrichs dure 6 heures, et la formation des litharges 24 à 30 heures, en tout 30 à 36 heures. D'après la moyenne de 4842 : 4000^{gr} de plomb d'œuvre pauvre ont donné, à raison d'une teneur de 0,0732, 73^{gr},2 de plomb d'œuvre riche, lequel, coupellé de nouveau, a donné à raison d'une teneur de 0,00716, 52^{gr},444 d'argent de coupelle avec une consommation totale de 234^{gr},32 de houille. Les abzugs, abstrichs, fonds de coupelle et litharges riches sont refondues pour plomb d'œuvre.

Affinage par cristallisation. Les plombs très pauvres ne peuvent pas, dans certains cas, être coupellés avec profit, parce que l'argent que l'on en retire ne suffit pas pour couvrir les frais de cette opération; les plombs du Derbyshire (Angleterre), par exemple, sont dans ce cas. Le problème à résoudre consistait donc à trouver un procédé qui permit de concentrer à peu de frais dans une

Ce procédé a été trouvé il y a peu d'années, par M. Pattinson, et il est actuellement appliqué avec succès sur une grande échelle en Angleterre. Le procédé de M. Pattinson, aussi simple qu'ingénieux, et qui porte le nom d'*affinage par cristallisation*, est fondé sur ce principe que dans un bain de plomb argentifère, il se forme par le refroidissement et l'agitation de petits cristaux de plomb qui se réunissent au fond du bain; d'abord ils contiennent peu ou pas d'argent, puis ils deviennent de plus en plus riches; en enlevant toute la première portion de plomb extrêmement pauvre en argent qui se sépare d'abord, on peut donc ainsi concentrer dans une petite quantité de plomb la presque totalité de l'argent, et cela à la température du plomb fondant.

L'atelier d'affinage renferme quatre chaudières de fonte comme celle indiquée fig. 127; elles ont 4^m de large à l'ouverture et 0^m,65 de profondeur; une cinquième plus petite sert à refondre le plomb raffiné et à le couler en saumons; deux autres plus petites servent à chauffer les écumeurs dont on se sert pendant l'opération, lesquelles ont 0^m,45 de diamètre, 0^m,45 de profondeur, et sont percées de trous de 0^m,04 de large; il y a par chaudière 4 ouvriers travaillant 9 heures de suite. On commence par charger dans la chaudière n° 1, 4060^{kg} de plomb pauvre ayant au plus une teneur de 0,00026, et dès qu'ils sont fondus, on enlève le feu que l'on porte sous la chaudière n° 2, puis à l'aide de l'écumoire dont nous avons parlé, et qui a été préalablement chauffée dans la petite chaudière la plus voisine, on pêche les cristaux à mesure qu'ils se forment dans la chaudière n° 1, et après les avoir laissés égoutter quelques secondes, on les jette dans la chaudière n° 2; on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait enlevé les 3/4, ou 3045^{kg} du plomb; on jette ensuite à terre les 508^{kg}, ou la moitié du dernier quart, à mesure que l'on l'enlève; enfin on coule les 507^{kg},



127.

ou le dernier 4/8 qui reste dans la chaudière n° 1, on y remet le plomb que l'on a jeté à terre, et l'on achève

PLOMB D'ŒUVRE soumis à une cristallisation.		PLOMB RICHE.		PLOMB moyennement riche à repasser avec le plomb d'œuvre.	PLOMB PAUVRE.		RAPPORT entre la teneur du plomb riche et celle du plomb pauvre.
Poids.	Teneur en argent.	Poids.	Teneur en argent.	Poids.	Poids.	Teneur en argent.	
4000	0,001606	436	0,003800	425	739	0,004200	3,47
4000	0,004230	436	0,003203	425	739	0,000862	3,70
4000	0,000862	462	0,002450	425	743	0,000568	3,78
4000	0,000598	469	0,004606	425	706	0,000357	4,49
4000	0,000568	469	0,004454	435	696	0,000344	4,26
4000	0,000344	234	0,000844	425	644	0,000470	4,80
4000	0,000234	250	0,000598	425	625	0,000088	6,79
4000	0,000088	259	0,000248	425	616	0,000033	6,64
4000	0,000030	400	0,000430	425	650	0,000020	6,50

le chargement avec des saumons de plomb de la même richesse que ceux traités précédemment. Pendant que cette masse fond, on répète dans la chaudière n° 2 le travail qui vient d'être exécuté dans la chaudière n° 4. On sépare environ les 3/4 de la masse métallique à l'état de cristaux que l'on rejette dans la chaudière n° 3, 4/8 à l'état de cristaux que l'on jette à terre après avoir versé le 1/8 restant au fond de la chaudière n° 2, non pas dans des lingotières mais dans la chaudière n° 4. Il en est de même pour les chaudières n° 3 et 4; le plomb pauvre retiré de cette dernière, que l'on verse au n° 5, y est fondu, puis coulé en saumons. Le tableau ci-dessus, dû à M. Senlis, donnera une idée des résultats obtenus dans chaque cristallisation, pour des plombs de teneur différente soumis à ce traitement.

On voit donc que la concentration de l'argent par ce procédé se fait d'une manière d'autant plus complète, que le plomb d'œuvre sur lequel on opère est plus pauvre, aussi s'applique-t-il parfaitement aux plombs d'Angleterre et d'Espagne, qui sont dans ce cas; mais pour des plombs riches, il ne serait point applicable; on ne peut non plus l'employer pour des plombs pauvres et impurs, parce que dans la coupellation, on a l'avantage de séparer les impuretés dans les abatricks, de sorte que l'on obtient ensuite des litharges marchandes, qui, vendues à cet état, ont une grande valeur, ou qui, revivifiées, donnent un plomb de qualité supérieure.

Nous terminerons en donnant les résultats économiques de ce mode de traitement dans l'une des usines des environs de Newcastle. 4000^{kg} de plomb argentifère ayant une teneur de 0,000430, soit en tout 43^{kg},0000, ont donné, après trois cristallisations successives :

814^{kg},45 de plomb pauvre, ayant une teneur de 0,000042 d'argent, soit en tout. 0^{kg},96
 28,57 de plomb ayant à peu près la teneur primitive 0,000430, soit en tout. 0^{kg},37
 455,43 de plomb riche à coupler, ayant une teneur de 0,000752, soit en tout. 44^{kg},66
 4,85 de perte due principalement à la refonte des écumes du bain. 0^{kg},04
 4000^{kg},00 43^{kg},00

4^e AFFINAGE PAR CRISTALLISATION DES 4000^{kg} DE PLOMB CI-DESSUS.

Main d'œuvre. 100 jours à 3^{fr},80 l'heure. 380^{fr},00
 Combustible. 446^{kg},30 de houille à 0^{fr},47 le quintal métrique. 54^{fr},66
 Droit de patente. 0^{fr},36 par quintal métrique de plomb pauvre. 293^{fr},40
 Perte de 4^{kg},85 de plomb, à 59^{fr},20 le quintal métrique. 109^{fr},52
 Total. 837^{fr},28 = 837^{fr},28

2^e COUPELLATION DES 1551^{kg},43 DE PLOMB RICHE OBTENU.

Main d'œuvre. 0^{fr},44 par quintal métr. 63^{fr},73
 Combustible. 0^{kg},20 par 4^{kg} de plomb à coupler, à 0^{fr},47 le quintal métrique de houille. 44^{fr},64
 Matériaux de coupelle et frais divers. 0^{fr},20 par quintal métrique de plomb à coupler. 34^{fr},08
 Perte en plomb. 4/14 du plomb coupellé, à 59^{fr},20 le quintal métrique. 657^{fr},25
 Total. 766^{fr},67 = 766^{fr},67

Total général des frais par le procédé de cristallisation. 4603^{fr},95

Le traitement des 4000^{kg} de plomb argentifère par la coupellation directe, aurait donné lieu aux frais suivants :

COUPELLATION DIRECTE.

Main d'œuvre 0^{fr},44 par quintal métrique. 440^{fr},00
 Combustible. 0^{kg},20 par 4^{kg} de plomb à coupler à 0^{fr},47 le quintal métrique de houille. 94^{fr},00
 Matériaux de coupelle et frais divers. 0^{fr},20 par quintal métrique. 200^{fr},00
 Perte en plomb. 4/14 du plomb coupellé, à 59^{fr},20 le quintal métrique. 4228^{fr},57
 Total. 4932^{fr},57

La perte en argent est à peu près la même dans les deux procédés, et on peut compter pour couvrir les frais ci-dessus :

4^e Dans le nouveau procédé.

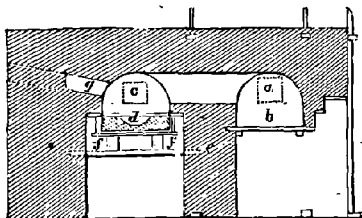
144 1/2 d'argent de coupelle à 200 fr. le kilogr. 2300^{fr},00
 Excédant de valeur donné par la coupellation aux 444^{kg},33 de plomb obtenu à raison de 4^{fr},24 par quintal métrique. 478^{fr},97
 2478^{fr},97

2^e Dans l'ancien procédé.

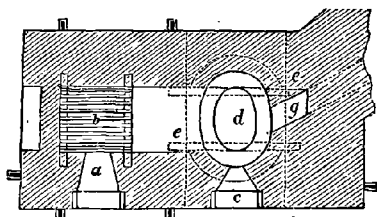
144 1/2 d'argent de coupelle à 200 fr. le kilogr. 2300^{fr},00
 Excédant de valeur donné par la coupellation aux 928^{kg},57 de plomb obtenu à raison de 4^{fr},24 par quintal métrique. 4444^{fr},43
 D'où il résulte: 3444^{fr},43

Nouveau procédé.	}	Produit brut.	2478 ^{fr} ,97
		Frais.	4603 ^{fr} ,95
Ancien procédé.	}	Bénéfice.	875 ^{fr} ,02
		Produit brut.	3444 ^{fr} ,43
		Frais.	4932 ^{fr} ,57
		Perte.	4494 ^{fr} ,44

Raffinage de l'argent de coupelle. L'argent de coupelle contient encore de 0,045 à 0,420 de plomb, cuivre, etc.; on le purifie par une coupellation en petit. Nous ne pouvons mieux faire que de donner ici le fourneau de raffinage employé à *Friedrichshütte* (Haute-Silésie), et qui est représenté en coupe et en plan, fig. 428 et 429 : a,



428.



429.

porte de la chauffe; b, grille; c, porte pour charger l'argent dans la coupelle; d, coupelle elliptique en cendres d'os dont le grand axe a 0^m,42, et le petit 0^m,26, elle est battue dans un cadre en fonte porté sur les briques f, f, qui reposent sur les 2 barres de fer e, e; g, rampant qui conduit à une cheminée de 6 mètr. de hauteur. On charge 50 à 60 kilogr. d'argent à la fois; en résumé, 400 kil. d'argent de coupelle donnent 94^k,057 d'argent fin, avec une consommation de 457 kilogr. de houille et 47 kilogr. de cendres d'os. La petite quantité de fonds de coupelle que l'on obtient est refondu avec les litharges riches, et donne du plomb d'œuvre.

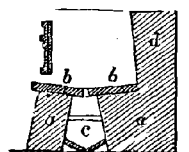
3^e MINÉRAIS DE CUIVRE ET ARGENT. Ordinairement on fond ces minerais pour cuivre noir (voir CUIVRE), et lorsque ce cuivre noir a une teneur argentifère égale ou supérieure à 0,00300, il est assez riche pour être soumis avec profit à la *liqutation* (*all. saigern*). A cet effet, on le fond avec une certaine quantité de plomb pauvre, et on coule l'alliage en pains; on soumet ensuite ces pains à une chaleur très graduée, alors le plomb se fond et se sépare par liqutation du cuivre, en entraînant avec lui la plus grande partie de l'argent qui a plus d'affinité pour ce métal que pour le cuivre. L'expérience a montré que, sous le rapport de la perte en cuivre et en plomb, la proportion la plus convenable à observer, entre les quantités de plomb et de cuivre qui forment les pains de liqutation, était celle de 44 : 3, et que, pour obtenir une désargentation suffisamment complète, il fallait employer au moins 480 parties de plomb pour une partie d'argent contenue dans le cuivre noir; ces données suffisent pour se diriger d'une manière précise dans chaque cas particulier. Lorsque le cuivre noir est faiblement argentifère, le plomb pauvre, qui a servi à une première liqutation, ne s'est pas suffisamment enrichi pour supporter avec bénéfice les frais de coupellation; on s'en sert alors de nouveau pour désargenter une nouvelle quantité de cuivre noir; par ce moyen on double à peu près la teneur argentifère, et c'est alors seulement qu'on le soumet à la coupellation. Enfin, lorsque le cuivre noir est très riche, on commence par lui faire subir une première liqutation avec du plomb d'œuvre, obtenu comme nous le verrons ci-après; on obtient ainsi du

plomb d'œuvre riche à coupeller, et du cuivre noir moyennement riche; on soumet alors ce cuivre noir à une seconde liqutation avec du plomb pauvre, ce qui donne des résidus cuivreux pauvres, traités pour cuivre rosette, et du plomb d'œuvre moyennement riche, qui est repassé dans la liqutation riche.

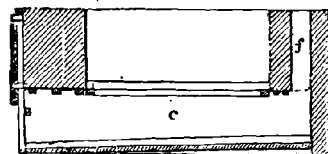
Cela posé, il nous suffira de décrire cette opération en détail dans un cas particulier, et nous prendrons celui des cuivres noirs argentifères du *Mansfeld* (Allemagne), qui sont traités à l'usine de liqutation de *Hettstedt*. La teneur en argent des cuivres noirs est moyennement de 0,00520, le plomb et le combustible y sont très chers.

La fonte des pains de liqutation (*all. frischstücke*) se fait dans un fourneau à manche ordinaire, et est conduite avec beaucoup de rapidité. La campagne ne dure que 30 heures; pendant ce temps on fond 200 pains, pesant environ 475^k l'un, et ayant environ 0^m,65 de diamètre sur 0^m,08 d'épaisseur; on refroidit brusquement ces pains en projetant dessus de l'eau froide, pour empêcher autant que possible qu'une liqutation partielle ne s'effectue dans la masse. Pour 1,000 kilogr. de cuivre noir, on ajoute 4,400 kilogr. de plomb pauvre, et on consomme environ 2 stères de charbon de bois.

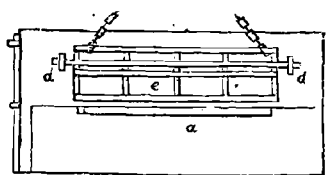
La liqutation des pains obtenus, comme il vient d'être dit, se fait sur une aire de liqutation représentée fig. 430, 431 et 432 : a, a, sont des murs sur lesquels reposent deux plaques en fonte; b, b, de 0^m,08 d'épaisseur sur 0^m,48 de large, et 4^m,20 à 4^m,60 de long; ces plaques laissent entre elles un intervalle de 0^m,04, et sont inclinées de 1/6 l'une vers l'autre, de manière à présenter un angle obtus; un mur d qui a une hauteur de 0^m,65, et une porte mobile e, en briques, encastrées dans un châssis en fer, forment tout autour des plaques b, b, une sorte de fourneau rectangulaire; cette porte sert à charger sur les plaques, verticalement et dans le sens de leur largeur, 6 à 8 pains de liqutation, que l'on espace de 0^m,40 environ, en remplissant l'intervalle que



430.



431.



432.

l'on laisse entre eux avec du charbon de bois. On allume ensuite, entre les deux murs, un feu de bois; le charbon s'enflamme, et bientôt le plomb coule de toutes parts dans la rigole brasquée c, située entre les deux murs, pour se rendre de là dans le bassin de réception pratiqué au-devant de l'aire sur le sol de l'usine. On puise ce plomb, et on le verse dans des moules pour le coupeller ensuite, ou bien, s'il est trop pauvre, on le met de côté pour le faire passer dans une liqutation riche. Sur l'aire restent les pains déformés appelés *carcas*. L'habileté de l'ouvrier consiste à régler bien également le feu, de manière à ce que les pains s'affaissent régulièrement, et à le graduer progressivement, de telle sorte qu'au commencement la température soit peu élevée, afin que le plomb qui se sépare ne contienne que très peu de cuivre, et que l'alliage ne

fonde pas en masse, puis de l'élever successivement à mesure que l'opération avance; lorsque celle-ci est bien conduite, tout le plomb qui se sépare pendant la liquation, a une teneur uniforme en cuivre qui est comprise entre 2 et 3 p. 400. Un ouvrier peut surveiller deux aires de liquation, et chaque opération dure 4 à 5 heures. Pour liquater 400 pains on consomme 49^m de charbon de bois.

Les *carcas* (all. *kiehstoecke*) renferment encore 25 p. 400 de plomb; on les soumet pour s'en débarrasser à une nouvelle liquation, qui porte le nom de *ressuage* (all. *darren*). A cet effet on accumule les *carcas* en quantité de 5 à 10 mille kilogr., dans une chambre voûtée, sur une série de petits murs parallèles, entre lesquels on entretient un feu de bois. Le fond de la chambre voûtée est pourvu d'un certain nombre de trous de tirage en communication avec une cheminée. Sur le devant, le four est fermé par une porte en tôle de fer garni d'argile; à la base seulement on conserve une ouverture pour le passage de l'air et l'introduction du combustible. On chauffe au rouge pendant 4 à 45 heures; le plomb coule et s'oxyde en grande partie; il tombe dans les galeries au milieu du combustible, et de là, comme elles sont en pente, le plomb et son oxyde, tous les deux, plus ou moins chargés de cuivre, se rendent dans un bassin plein d'eau, placé dans le sol de l'usine au-devant du fourneau. On cesse le feu lorsque ces crasses ou scories oxydées prennent une forte teinte rouge, couleur qui dénote la présence du cuivre. On retire les résidus dits *carcas torréfiés* (all. *darrlinge*) tandis qu'ils sont encore rouges, et on les jette dans de l'eau pour séparer à l'état d'*écailles* (all. *picktschiefer*) la croûte oxydée qui les recouvre, et que l'on achève d'enlever à l'aide d'un marteau pointu. 400 kilogr. de *carcas* donnent ordinairement 60 à 80 kilogr. de *carcas torréfiés*, et 25 à 40 kilogr. de crasses et débris oxydés.

Les *carcas torréfiés* sont affinés pour cuivre rosette; ils renferment encore 40 p. 400 de plomb, et donnent de 70 à 75 p. 400 de cuivre rosette.

Les crasses, débris et scories de toutes les opérations précédentes, sont fondus dans un demi-haut fourneau avec les licharges et les fonds de coupelle provenant de la coupellation de plomb d'œuvre obtenu dans la liquation; le produit est du plomb cuivreux que l'on coule en pains dans un bassin en fonte; ces pains dits *pains de liquation des crasses* subissent à leur tour toute la série des opérations que nous venons de décrire. Seulement le plomb, provenant de cette nouvelle liquation, est pauvre en argent, et on l'enrichit en s'en servant pour la liquation du cuivre noir avant de le passer à la coupellation. Les *carcas torréfiés des crasses* sont trop impurs pour être affinés seuls, on les ajoute par petites portions aux premiers *carcas*.

Dans cette série d'opérations, on perd 40 à 42 p. 400 du plomb employé, c'est-à-dire 40 à 50 p. 400 du poids du cuivre noir, ou au moins 60 à 80 kilogr. par chaque kilogr. d'argent de coupelle obtenu. La perte en argent dépasse ordinairement 25 p. 400, en regardant comme perdu l'argent qui reste dans le cuivre. La perte en cuivre est de 5 à 6 p. 400. Les *carcas* sont très difficiles à affiner et ne donnent jamais de cuivre de première qualité. Ces résultats montrent combien cette méthode est imparfaite; aussi préfère-t-on aujourd'hui, dans les grands centres métallurgiques, séparer l'argent du cuivre, soit par l'amalgamation des mattes, soit par celle du cuivre noir. Ces opérations s'effectuent d'une manière analogue à l'amalgamation saxonne, que nous avons décrite plus haut, de sorte que nous n'aurons qu'à indiquer brièvement les circonstances particulières, résultant de la nature même des matières soumises à l'amalgamation.

L'amalgamation du cuivre noir argentifère est pratiquée à *Schmallnitz* (Hongrie); la teneur du cuivre est de

0,00400; la principale difficulté à vaincre est la pulvérisation du cuivre noir; pour y parvenir, on le chauffe au rouge sur la sole d'un fourneau à réverbère, et on le porte à cette température sous les pilons d'un bocard; la matière bocardée passe au crible; le fin est réduit en farine sous des meules en fonte, le gros est réchauffé et repassé au bocard. La réduction du chlorure d'argent se fait par des balles de cuivre afin de ne pas précipiter le cuivre du chlorure et rendre ainsi l'amalgame impur, mais alors la perte en mercure est considérable; dans certains cas il pourrait y avoir avantage à saturer la liqueur par de la chaux, et à remplacer les balles de cuivre par du fer, ce qui diminuerait la perte en mercure. Les résidus d'amalgamation sont refondus pour cuivre noir, leur teneur ne dépasse pas 0,00008, et la perte en argent n'est que de 5 p. 400; la perte en mercure est de 2^h,5 par 4,000 kilogr. de cuivre noir, ou de 0,30 à 0,35 du poids de l'argent. Les frais d'amalgamation ne s'élèvent qu'au quart de ceux de liquation, et le cuivre venant de la fonte des résidus est de qualité supérieure.

L'amalgamation des *mattes de cuivre argentifères* est employée au *Mansfeld*. La matte de cuivre que l'on y amalgame contient environ 50 p. 400 de cuivre et 0,00250 d'argent. Après avoir pulvérisé la matte on la soumet, dans un four à réverbère, à un grillage préparatoire pour chasser l'excès de soufre; on la réduit ensuite en bouillie avec une dissolution étendue de sel marin et 42 p. 400 de chaux éteinte, qui sert à saturer l'acide sulfurique; on fait sécher la pâte obtenue, on la moule, puis on la grille une seconde fois; c'est la chloruration proprement dite. La réduction du chlorure d'argent se fait par le fer. Les résidus d'amalgamation sont mélangés, encore humides, avec 42 à 43 p. 400 d'argile, et moulés en briquettes, que l'on sèche à l'étuve, et que l'on réduit au demi-haut fourneau en cuivre noir en ajoutant, pour former le lit de fusion, 42 à 43 p. 400 de quartz, 1 1/2 à 2 1/2 p. 400 de spath fluor, et 32 à 40 p. 400 de laitiers de la fonte crue. On perd 44 à 42 p. 400 de l'argent contenu dans les mattes, dont 3/4 restent dans le cuivre noir, qui a une teneur de 0,00046; la perte en mercure est de 0^h,8 par 4,000 kilogr. de mattes, ou 4^h,6 par 4,000 kilogr. de cuivre noir, c'est-à-dire environ 0,35 du poids de l'argent extrait. La perte en cuivre est moindre que par liquation, et il est d'excellente qualité. Les nombres que nous avons donnés suffisent pour faire opter, dans un cas donné, entre l'amalgamation du cuivre noir et celle des mattes.

Au lieu d'employer les divers procédés que nous venons de décrire, on pourrait certainement traiter les minerais de cuivre argentifère par voie humide, d'une manière analogue à ce que nous avons vu pratiquer à *Linz* (bords du Rhin), et au *Stadtberg* (Westphalie), pour le traitement de minerais de cuivre carbonatés trop pauvres pour être traités par les procédés ordinaires (voir *CUIVRE*). Cette méthode consiste à traiter ces minerais par de l'acide sulfurique; on conçoit que l'on ne peut y soumettre directement, ni les minerais à gangue calcaire, parce qu'il se formerait du sulfate de chaux qui empêcherait le cuivre, de sorte que l'attaque se ferait très difficilement, ni les minerais pyriteux qui ne se dissoudraient également qu'avec beaucoup de difficulté. Dans ce cas on séparerait les gangues par une fonte crue qui donnerait des mattes; celles-ci seraient grillées avec une petite quantité de nitre dans des fourneaux ou cornues en maçonnerie, alimentés par un courant d'air forcé; il suffirait d'un peu de menu bois au commencement de la mise en feu, la combustion du soufre développant ensuite la chaleur nécessaire au grillage; on ferait arriver les gaz provenant des cornues avec un courant de vapeur d'eau produit par une chaudière à part, sous des cases remplies de mattes grillées et pulvérisées; par la

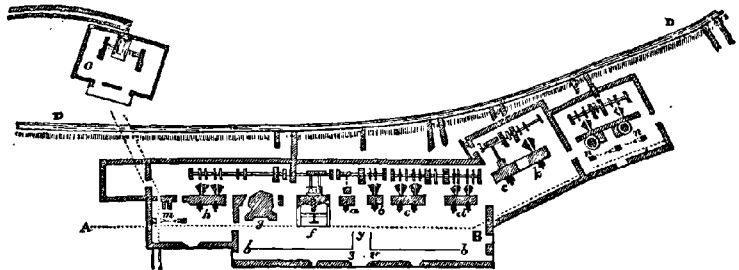
réaction des gaz des cornues et de la vapeur d'eau, il se forme de l'acide sulfurique qui dissoudrait les mattes grillées; on pourrait d'avance exposer celles-ci en tas à l'action simultanée des agents atmosphériques et de l'eau, pour transformer en sulfates solubles, que l'on en retirerait par lavage, les sulfures non décomposés. On pourrait également, si le grillage des mattes ne fournissait pas une quantité suffisante d'acide sulfurique, s'en procurer une nouvelle quantité, en traitant par le même procédé des pyrites de fer. On obtiendrait ainsi une liqueur contenant le fer, le cuivre et l'argent contenu dans les mattes, dont on précipiterait d'abord l'argent par du cuivre métallique, puis le cuivre par du fer métallique; il pourrait être convenable, pour diminuer la consommation en cuivre, de neutraliser d'abord presque entièrement la liqueur par de la chaux, et de séparer le sulfate de chaux par décantation, ce qui n'aurait d'autre inconvénient que d'altérer un peu la pureté des précipités. On purifierait le précipité d'argent en le fondant avec un peu de nitre et de borax; le cuivre de ciment serait raffiné pour cuivre rosette (voir CUIVRE), et enfin on ferait cristalliser le sulfate de fer ou vitriol vert pour le livrer en cet état au commerce, ou bien on le dessécherait, et, après l'avoir légèrement torréfié, on s'en servirait pour préparer par distillation de l'acide sulfurique fumant.

Pour le cuivre noir argentifère, on pourrait le dissoudre directement dans l'acide sulfurique, et précipiter ensuite l'argent par du cuivre métallique comme cela se pratique dans les hôtels de monnaie.

4° MINÉRAIS DE PLOMB, CUIVRE ET ARGENT. Le traitement de ces minerais est peut-être l'opération métallurgique la plus compliquée qui existe, et nous croyons nécessaire d'entrer à ce sujet dans quelques détails. Les

minerais de plomb, cuivre et argent, se divisent en deux grandes classes, suivant que c'est le plomb ou le cuivre qui domine: dans le premier cas, on les traite comme minerais de plomb; et outre le plomb d'œuvre, on obtient des mattes plombo-cuivreuses argentifères, que l'on refond à plusieurs reprises avec des matières plombeuses; chaque fonte donne du plomb d'œuvre que l'on coupelle, et les dernières mattes sont fondues seules pour cuivre noir; ce cuivre est ensuite soumis à la lixivation ou à l'amalgamation pour séparer l'argent qu'il renferme encore. Les minerais qui renferment une faible quantité de plomb, sont triés avec soin et partagés en deux classes au moins, les minerais riches et les minerais pauvres. Ces derniers d'après leur nature sont soumis à une fonte crue, avec ou sans addition de pyrites crues ou en parties grillées, servant dans ce dernier cas de fondant, ou d'autres fondants s'il est nécessaire, tout à fait comme s'il s'agissait de minerais de cuivre (voir CUIVRE); on sépare ainsi les gangues terreuses, et on obtient des *mattes pauvres*, ces mattes sont grillées, à un ou plusieurs feux puis soumises à une *fonte de concentration* avec des minerais de même richesse. On obtient dans cette opération, des scories qu'on repasse dans la fonte crue, et des *mattes riches*. Ces mattes grillées à plusieurs feux, sont fondues avec des matières plombeuses (*fonte plombeuse des mattes*) et des minerais

d'argent riches, surtout s'ils sont plombeux. On obtient du plomb d'œuvre que l'on coupelle, et des mattes soumises à une nouvelle fonte avec des matières plombeuses; finalement on arrive à des mattes cuivreuses qui donnent du cuivre noir argentifère, que l'on traite comme il a été dit ci-dessus. La fonte plombeuse des mattes doit se faire à une température moins élevée que la fonte crue, afin de diminuer autant que possible la perte en plomb; c'est le procédé suivi à Freiberg (Saxe). Lorsque les matières plombeuses sont rares, on remplace la fonte plombeuse des mattes par une *fonte de concentration*, et l'argent est enlevé aux nouvelles mattes par *imbibition*; à cet effet, on fond du plomb pauvre dans le bassin de percée, peu avant la coulée, et on l'y agite avec un ringard au moment où les mattes parviennent dans le creuset; le plomb décompose alors une partie du sulfure d'argent, et passe dans la matte, tandis que l'argent réduit, s'allie avec le reste du plomb et donne du plomb d'œuvre; si ce plomb d'œuvre n'est pas assez riche pour être coupellé, il sert de nouveau à une *imbibition riche*; ce procédé constitue l'*ancienne méthode hongroise*; on retraite de la même manière la nouvelle matte, et à la fin on obtient des mattes cuivreuses qui sont fondues seules et donnent du cuivre noir argentifère. On peut opérer l'imbibition, en introduisant le plomb dans l'avant creuset, ou par l'œil de la poitrine; les réactions se font alors à une température plus élevée et par suite d'une manière plus complète; le sulfure d'argent est mieux réduit; mais d'un autre côté, la perte de plomb par la sulfuration est plus considérable; au reste, on désargente ainsi, non seulement les mattes successives de concentration, mais même encore les mattes de la fonte crue; ce procédé constitue la *nouvelle méthode hongroise*.



433.



434.

Les fig. 433 et 434 donnent le plan et la coupe verticale suivant la ligne AB du plan de l'usine de *Frankenscharn*, près *Clausthal* (Hartz), pour le traitement de galènes argentifères et cuivreuses: *a, b, c, d, e, f, g*, fourneaux pour la fonte des minerais; *a*, est alimenté par une machine soufflante à cylindre; *b, c, d*, par des soufflets pyramidaux en bois; *e, et f*, sont des fourneaux avec 3 tuyères et machines soufflantes à cylindre; enfin *g* est un fourneau de fusion à 7 tuyères, qui n'est plus employé; *h*, fourneaux à manche pour le traitement des mattes; *k*, fourneau à manche pour la révivification des litharges; *m*, aire de lixivation; *n, p*, fourneaux de coupelle; *x y* est l'étage sur lequel on prépare les lits de fusion avant de les charger dans les fourneaux; *D*, conduit d'eau qui alimente l'usine. *C*, atelier de bocardage. 8 parties de minerai brut pris sur la mine en don-

ARGENT.

nent 1 de schlich bon à fondre; on traite annuellement à Frankenscharn 48400^{me} de schlich et on obtient :

Plomb marchand.	40453 ^{me}	1/2
Litharges marchandes.	3777	1/2
Argent environ.	33	1/2
Cuivre rosette (raffiné à Altenau).	17	1/2

44282^{me}

La teneur des schlichs en plomb est de 60 à 70 p. 100; la gangue est quartzuse et argileuse; on les fond dans des hauts fourneaux de 6 à 7^m de hauteur, à 1, 2 ou 3 tuyères, avec 44 à 45 p. 100 de fonte granulée, des matières plombeuses et des scories de la fonte des mattes. La fonte que l'on ajoute au lit de fusion sert à réduire le sulfure de plomb; il se forme du sulfuro de fer qui passe dans les mattes, et du plomb métallique. On fond par 24 heures de 4 à 5000 kilogr. de schlich avec une consommation de 420 kilogr. de charbon de bois par 1000 kilogr. de schlich. Le fourneau est desservi par postes de 3 ouvriers, et une campagne dure 9 à 10 semaines. On obtient du plomb d'œuvre qui est coupellé, et des mattes; celles-ci contiennent 0,001 d'argent et 0,34 à 0,40 de plomb, plus tout le cuivre du minerai; on les grille à 3 ou 4 feux, et on les fond ensuite dans des fourneaux à manche avec 3 p. 100 de fonte granulée et des matières plombeuses; par 24 heures on fond 5000 kilogr. de mattes; il y a deux ouvriers par fourneau; on obtient du plomb d'œuvre et une seconde matte que l'on traite comme la précédente, et ainsi de suite. On refond ainsi les mattes à quatre reprises différentes, pour y concentrer le cuivre et en séparer l'argent et le plomb; les dernières mattes que l'on obtient sont grillées à un grand nombre de feux, et fondues seules; elles donnent du cuivre noir argentifère que l'on soumet à la liqutation.

Nous terminerons enfin ce qui regarde le traitement des minerais d'argent, en donnant quelques détails sur le traitement par fonte crue et fonte plombeuse des mattes tel qu'il est pratiqué à Freiberg. On soumet à la fonte crue les minerais pyriteux ou terreux, ayant une teneur en plomb au-dessous de 0,16, en cuivre au-dessous de 0,03 et en argent au-dessous de 0,0015. La teneur moyenne en argent du lit de fusion est de 0,0005 à 0,0006 et il doit donner en petit 45 à 50 p. 100 de mattes, si on y ajoute des pyrites; de sorte qu'on produit une matte dont la teneur est de 0,0042 à 0,0046; au mélange des minerais, on ajoute 0,75 en poids de scories de la fonte plombeuse. Lorsque certains minerais pauvres sont très pyriteux, on les grille partiellement et on les ajoute comme fondants. La fusion s'effectue dans des demi-hauts fourneaux de 4^m de hauteur totale dont le creuset est en brasques pesantée damée (2 parties d'argile réfractaires et 4 p. de poussière de coke) que l'on répare de temps à autre, et qui reçoivent par minute 6^{me} d'air environ; cet air est préalablement porté à 250° C. dans un système de tuyaux placés dans un four chauffé avec de la tourbe; en 24 heures, on passe dans le fourneau 1800 kilogr. de minerais non compris les fondants, et on obtient environ 720 kil. de matte crue en 4 coulées; la perte en argent est de 40 à 45 p. 100. On emploie comme combustible du coke dont on consomme 0^{me},456 par quintal de minerai fondu. Les campagnes durent 4 à 5 mois et même au-delà. Les mattes crues sont grillées à 3 feux, dans des cases qui en contiennent 20000 à 25000 kilogr.; cela dure 2 à 3 mois; les minerais riches sont grillés dans des fours à réverbère. La fonte plombeuse se fait à l'air froid et au coke dans des fourneaux, analogues à ceux de fonte crue, où on ne lance que 3 1/2 à 4 kilogr. d'air par minute. Le lit de fusion se compose de mattes grillées, de minerais pauvres en pyrites tenant plus de 0,0015 d'argent, de galènes argoutifères tenant plus de 16 à 20 p. 100 de plomb, de minerais riches et cuivreux tenant moins de 6 p. 100 de

ARGENT.

cuivre et de scories de l'opération. On charge en outre au gueulard immédiatement avant les coulées, une certaine quantité de matières plombeuses consistant en litharges et en plomb pauvre, de manière cependant que le plomb n'arrive dans le creuset qu'après la percée, et y reste en contact avec les mattes qui se forment pendant tout l'intervalle de temps (6 heures) qui s'écoule entre deux coulées. En résumé on prépare le lit de fusion de manière à ce qu'il renferme 0,0025 à 0,0030 d'argent et 40 à 48 p. 100 de plomb. Par 24 heures on passe en moyenne 4400 kilogr. de minerais et mattes grillées; on obtient 420 kilogr. de plomb d'œuvre, 425 kilogr. de mattes et de crasses, et des scories plombeuses qui sont retraitées dans la fonte crue. A la fin de la campagne qui dure 4 semaines, on repasse dans le fourneau les crasses et les mattes de plomb non grillées, avec leur volume de scories plombeuses et une certaine quantité de litharges et fonds de coupelle; on obtient du plomb d'œuvre pauvre et de nouvelles mattes de plomb. La perte en plomb est de 40 à 44 p. 100, celle en argent de 4 p. 100 environ. Les mattes de plomb sont grillées à 4 ou 5 feux; par 100 kilogr. de mattes on consomme environ 1 stère de bois de sapin refendu. On refond les mattes de plomb grillées dans les mêmes fourneaux, avec des minerais de cuivre quartzueux pauvres en argent, et tenant plus de 6 p. 100 de cuivre, des scories de la même opération ou de la fonte plombeuse, et des matières plombeuses (litharges et fonds de coupelle); par 24 heures on passe dans le fourneau 4300 à 4400 kilogr. de mattes de plomb et minerais grillés, et l'on obtient environ 400 kilogr. de plomb d'œuvre et 300 kilogr. de mattes de cuivre. Enfin ces dernières mattes, qui renferment 30 à 40 p. 100 de cuivre, 8 à 25 p. 100 de plomb et 0,004 à 0,0045 d'argent, sont grillées à un grand nombre de feux, et fondues seules pour cuivre noir argentifère, lequel est liqué à l'usine de Grünthal.

Traitement des minerais et mattes de cuivre argentifères par voie humide. Nous décrirons encore un nouveau procédé pour chlorurer les minerais d'argent : on charge 200 kilos de matière grillée et pulvérisée sur la sole supérieure d'un four de grillage à deux soles superposées; après quatre heures de brassage, on les fait tomber sur la sole inférieure, exposée à une plus forte chaleur, où la matière est agitée. Sept heures après le commencement de l'opération, on ajoute 2 à 4 p. 100 au plus de sel marin sec, on continue le brassage pendant une heure à une température élevée, puis on transporte la matière dans l'atelier du lessivage. Les matières chlorurées sont ensuite soumises, soit à froid, soit à chaud, à un lessivage méthodique fait avec une dissolution saturée de sel marin qui dissout le chlorure d'argent formé, et l'argent est précipité après coup de cette dissolution par du cuivre métallique.

STATISTIQUE. Nous terminerons cet article en donnant le tableau suivant de la production annuelle moyenne de l'argent sur toute la surface du globe :

Amérique.	Mexique (1840).	491000 ^{me}	
	Buenos-Ayres (répub. de).	300000	
	Pérou et Bolivie.	167500	
	Chili.	41250	
	États-Unis de l'Amérique du Nord.	403325	
		4103075 ^{me}	= 1103075 ^{me}
Asie. (Russie d').		22500 ^{me}	
Europe.	Espagne (1840).	40000 ^{me}	
	Hongrie, Transylvanie, Banat et Bukovine.	21000	
	Saxe (1844).	46566	
	Hartz (1838).	44830	
A reporter.		89396 ^{me}	= 1125575 ^{me}

ARGENTURE.

	Report.	89396 ^a = 4425575 ^a
Europe.	Norvège (Kongsberg, Sala).	7900
	Bohême (1842).	5965
	Prusse (1844).	5864
	Angleterre (1835).	5325
	Bords du Rhin (Alzau, Holzappel, Ems, etc.).	2000
	France (1846).	3027
	Suède.	4700
	Savoie et Piémont.	600
	Salzbourg.	200
	Divers.	200
	422167 ^a = 422167 ^a	

Total de la production annuelle d'argent à la surface du globe. 4247752^b

représentant une valeur de 277267000^c, laquelle quantité correspond à une sphère massive de 6 mètres de diamètre environ. Voir pour le complément de cet article les mots AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT, ALLIAGES, ARGENTURE, ESSAIS, MONNAIES et PLAQUÉ.

F. DEBETTE.

ARGENTURE (*angl.* silvering, *all.* versilbern). On n'argente guère que le cuivre et le laiton; pour l'argente sur bois, elle se fait tout à fait de même que la dorure sur bois, et nous renverrons le lecteur à ce mot.

Lorsqu'on veut argenter une pièce, on commence par l'*émorfler*, opération qui consiste à la préparer à la lime ou au tour, puis à enlever avec une pierre à polir le mortil et les arêtes vives. On la *décupe* alors en la chauffant au rouge et la plongeant ensuite dans de l'acide nitrique très étendu (eau seconde), puis la *ponçant* avec une pierre ponce et de l'eau. On *réchauffe* de nouveau la pièce, seulement à un point tel qu'en y projetant quelques gouttes d'eau elles s'évaporent avec un léger bruissement et on la replonge dans de l'eau seconde, qui y fait naître de petites aspérités destinées à retenir les feuilles d'argent; si cela ne suffit pas on *hache* la pièce à l'exception des parties ciselées, c'est-à-dire qu'avec un couteau d'acier approprié à cet usage on la couvre de rayures dans le but de donner plus de solidité à l'argente: enfin on la fait chauffer jusqu'à ce qu'elle ait acquis une couleur bleuâtre, ce qu'on nomme *bleuir*. Dès lors la pièce ne doit plus refroidir que le travail ne soit achevé. Pour la manier, l'ouvrier la place sur de la cendre chaude renfermée dans une chaudière (*mandrin*), et saisissant de la main gauche, avec de petites pinces ou *brucelles*, deux feuilles d'argent, il les applique sur la pièce chauffée, et les presse fortement de la main droite, avec le *brunissoir à raveler*; puis, en maintenant toujours la pièce chaude, il applique de 4 à 6 feuilles à la fois, et brunit jusqu'à ce qu'il ait mis de 30 à 60 feuilles, suivant la qualité de l'argente: la feuille d'argent est un carré de 0^m,44 de côté et 42 feuilles pèsent 4 gram. Si en chauffant trop on noircissait la pièce, on enlèverait cette poudre noire avec la *gratte-boesse*, espèce de brosse en fil de laiton. Enfin lorsque la pièce est suffisamment argentée, on *brunit* à fond avec le brunissoir à polir en acier, jusqu'à ce qu'on n'aperçoive plus aucun joint.

Il y a un autre mode d'argenteure moins solide, qui porte le nom d'*argenteure au ponce*, et qui se fait de la manière suivante: on prend 4 partie de poudre d'argent obtenue en précipitant le nitrate étendu d'eau par une lame de cuivre, 2 p. de sel marin et 2 p. de crème de tartre, on broie le tout ensemble et on le réduit en bouillie avec un peu d'eau; on s'enveloppe ensuite le doigt avec un linge fin, on le trempe dans cette pâte et on frotte la surface bien découpée de l'objet à argenter que l'on lave ensuite dans de l'eau de lessive tiède, puis dans de l'eau pure; enfin on essuie avec un linge blanc et on fait sécher à une légère chaleur.

ARGILE.

Dans l'argenteure en feuille il faut, lorsqu'elle est détériorée en quelques points, désargenter complètement la pièce en la plongeant dans l'eau seconde jusqu'à ce que tout l'argent soit dissout, et argenter ensuite de nouveau en totalité. Le procédé suivant, dû à M. Melawitz et publié par l'*Académie royale des Sciences*, convient pour les pièces de peu d'épaisseur, surtout si elles sont relevées en bosse: le cuivre est pénétré par l'argent, de sorte que l'argenteure est très solide, et si elle s'use en quelques points, elle est facile à réparer en *chargeant* de nouveau la partie qui s'est détériorée. On humecte, au moyen d'un pinceau, la surface de la pièce bien découpée avec de l'eau légèrement salée, et on tamise bien également par-dessus un mélange préalablement pulvérisé et passé au tamis de soie, qui se compose de: argent précipité de sa dissolution nitrique par une lame de cuivre, 4 p.; chlorure d'argent bien lavé et desséché, 4 p.; borax purifié et calciné, 2 p.; on chauffe ensuite la pièce au rouge, on la retire avec des pinces, et on la plonge dans de l'eau bouillante, contenant un peu de sel marin et de crème de tartre, puis l'on *gratte-boesse* pour enlever les impuretés. Cela fait on passe très également, avec un pinceau, une couche d'une pâte formée de poudre de l'opération précédente, sel ammoniac pur, sel marin pur, sulfate de zinc et fiel de verre (écume qui surnage le verre fondu dans les pots de verrerie, et est principalement composée de sulfate de soude), parties égales, que l'on a mêlées et porphyrisées avec soin, puis délayées avec un peu d'eau légèrement gommée. On chauffe de nouveau au rouge cerise, on retire, on *gratte-boesse*; on continue de *charger* 4 à 5 fois de suite de la même manière avec la pâte, et l'opération est terminée si l'on veut une argenteure matte, autrement on brunit.

On argente d'une manière peu solide il est vrai, mais très peu coûteuse, en frottant les pièces à argenter avec un mélange de chlorure d'argent bien lavé, 3 parties; crème de tartre, 2 p.; sel marin très blanc réduit en poudre fine, 2 p.; une très petite quantité de sulfate de fer, et un peu d'eau pour en faire une bouillie très épaisse. On lave ensuite bien avec de l'eau pure et on dessèche avec du papier buvard.

Pour fabriquer les qualités inférieures de boutons plaqués, on emploie en Angleterre le procédé suivant: on forme une pâte avec 2 parties de chlorure d'argent, 4 p. de sublimé corrosif (deutochlorure de mercure), 72 p. de sel marin, 72 p. de sulfate de zinc et un peu d'eau; on recouvre de cette pâte les boutons bien découpés et on les chauffe graduellement jusqu'au rouge sombre, de manière à expulser ainsi tout le mercure. On les finit ensuite en les lavant, puis les brunissant.

On argente le cuivre en le recouvrant d'un vernis spiritueux puis y appliquant les feuilles d'argent par pression.

Voir, pour l'argenteure par les procédés électro-chimiques de M. de Ruolz, les mots ALLIAGE et DORURE.

ARGILE (*angl.* clay, *all.* thon). Peu de matières provenant du règne minéral contribuent autant que les argiles à satisfaire les besoins de la vie commune tout comme les exigences du luxe le plus raffiné. Elles sont essentiellement composées de silice, d'alumine et d'eau; on ne les rencontre jamais à l'état cristallin, et elles proviennent toujours de la décomposition d'autres minéraux contenant de la silice et de l'alumine; très souvent elles sont mélangées avec des matières étrangères, telles que du sable, de l'oxyde de fer anhydre ou hydraté, du carbonate de chaux, des matières combustibles ou bitumineuses, etc.

Le caractère distinctif des argiles est de former avec l'eau une pâte tenace, plus ou moins *plastique*, c'est-à-dire qui a du corps, et que l'on peut modeler avec facilité; mais ce caractère varie d'une manière extrêmement remarquable entre les diverses variétés d'argile. En se

desséchant, la pâte conserve de la solidité, et quand on l'expose à une chaleur toujours croissante, elle en acquiert une des plus fortes, et devient si dure qu'elle étincelle sous le briquet; dans ce cas, elle ne peut plus se délayer dans l'eau et faire pâte avec elle. L'argile sèche est complètement opaque, à cassure terreuse, *happe* à la langue, et devient plus ou moins onctueuse au toucher après avoir été mouillée. Immergée dans l'eau, elle l'absorbe peu à peu, et devient facile à travailler. Elle est blanche lorsqu'elle est pure, gris bleuâtre plus ou moins foncé lorsqu'elle est mélangée de matières combustibles, l'hydrate de fer la colore en jaune ou en brun, et le peroxyde de fer anhydre en rouge brun. Par calcination elle devient blanche si elle est pure, et colorée en rouge brique plus ou moins foncé lorsqu'elle contient de l'oxyde de fer. Elle éprouve un retrait très considérable par l'action de la chaleur, et se fendille avec une grande facilité, si celle-ci n'est pas extrêmement graduée. C'est sur ce phénomène du retrait de l'argile qu'est fondé le *FXROMÈTRE* de Wedgwood.

L'argile pure est infusible à la chaleur la plus élevée que l'on produise dans les fourneaux employés dans l'industrie. Modérément calcinée, elle durcit, et se transforme en une masse terreuse et persue, qui *happe* fortement à la langue et absorbe l'eau avec avidité. A une température excessivement élevée, elle se ramollit au point de donner une masse pierreuse sonore, à cassure conchoïdale plus ou moins éclatante. Les argiles impures présentent les mêmes phénomènes à une température moins élevée, au-dessus de laquelle elles se fondent.

Les principales variétés d'argiles sont les suivantes :
 4° **ARGILES KAOLINS.** Les kaolins sont exclusivement employés à la fabrication des porcelaines, ils sont friables, maigres au toucher, font difficilement pâte avec l'eau; quand on les a séparés par le lavage, des substances étrangères qu'ils renferment, ils sont absolument infusibles au four de porcelaine et y deviennent très durs et sans solidité. Ils proviennent de la décomposition des feldspaths, et renferment toujours une quantité plus ou moins considérable de mica qui les accompagne. Dans plusieurs gisements (Chine, Alençon, Saint-Yrieix, près Limoges), les kaolins sont recouverts d'une roche micacée qui a la texture du gneiss, mais qui est rouge et très fusible. Le kaolin de Saint-Yrieix, lavé et desséché, contient 0,56 de silice et 0,44 d'alumine.

Quand le kaolin sort de la carrière, il est mêlé de beaucoup de feldspath dont on le sépare en le délayant dans des cuves avec de l'eau, laissant reposer pendant un temps plus ou moins long, puis décantant; le feldspath reste dans les cuves, et l'eau chargée d'argile, est reçue dans des bassins de dépôt où elle se clarifie; on la fait ensuite écouler, et on recueille l'argile qu'on laisse sécher à l'air. On peut avec avantage dessécher en très peu de temps la pâte au point nécessaire pour la rendre transportable, par un procédé dû à M. Grouvelle, qui consiste à la renfermer dans des sacs en forte toile de chanvre serrée que l'on superpose par lits, séparés par des claies d'osier, et que l'on comprime fortement au moyen d'une presse à bras.

2° **ARGILES PLASTIQUES.** Douces et presque onctueuses au toucher, se laissant polir avec le doigt; elles donnent avec l'eau, une pâte tenace, très liante et longue, quelquefois un peu translucide sur les bords; elles sont très réfractaires, et acquièrent une grande solidité par l'action de la chaleur. Les plus connues sont : en France, les argiles réfractaires de Dreux, de Montreau, de Forges-les-Eaux et de Gourmay, que leur excellente qualité fait rechercher pour la fabrication des pots de verreries et des cazettes qui servent à la cuisson de la porcelaine; en Allemagne, la terre de pipe

de Vollendar près de Coblenz et l'argile réfractaire de Gross-Almerode, dont on fait les *creusets de Hesse*; en Angleterre, les terres de pipe du Devonshire, du Cornouailles, de l'île de Wight et la célèbre argile réfractaire de Stourbridge dont nous avons déjà parlé au mot **ACIER**, et en Belgique l'argile d'Andennes.

3° **ARGILE SMECTIQUE** ou **TERRE À FOULON.** Grasse et onctueuse au toucher, se polissant avec l'ongle, et formant en peu de temps avec l'eau une bouillie peu ductile; sa couleur varie du gris-jaunâtre au vert et au brun; sa cassure est raboteuse, schisteuse ou conchoïde; elle est compacte et *happe* peu à la langue; elle fond au four à porcelaine, et contient souvent de la magnésie à laquelle elle paraît devoir une partie de ses caractères extérieurs. Elle est très employée dans les arts pour le dégraissage ou le *foulage* des draps; on en trouve dans beaucoup de pays; celle de Rittenau en Alsace est de très bonne qualité.

4° **ARGILES FIGULINES.** Présentent les propriétés physiques des argiles plastiques; beaucoup sont comme elles, douces au toucher et donnent avec l'eau une pâte assez tenace; mais elles sont en général moins compactes, plus friables et se déliaient plus facilement dans l'eau; plusieurs aussi sont fortement colorées et loin de perdre cette couleur au feu, elles y deviennent souvent d'un rouge très vif; leur cassure est irrégulière, raboteuse et nullement lamelleuse. Quoique douces au toucher elles n'ont pas ordinairement l'onctuosité des argiles à foulon. Quelques-unes font une légère effervescence avec les acides et se rapprochent tellement des marnes qu'il est difficile de les en distinguer. La chaux et l'oxyde de fer que contiennent ces argiles, les rendent fusibles à une température souvent fort inférieure à celle que les argiles précédentes peuvent supporter sans altération. Ces argiles sont employées dans la fabrication des faïences et poteries grossières, à pâte poreuse et rougeâtre; on en fait aussi des statues et des vases dits de terre cuite, pour les jardins; on en rencontre des bancs très étendus à Vanvres, Arceuil et Vaugirard; elles renferment fréquemment des pyrites de fer.

5° **ARGILES EFFERVESCENTES** ou **MARNES.** Les marnes sont formées d'un mélange mécanique et intime de carbonate de chaux et d'argile; suivant que l'un ou l'autre de ces éléments domine dans le mélange, elles prennent le nom de marnes calcaires ou d'argiles marneuses; elles ont peu de consistance, forment avec l'eau une pâte qui n'a point de liant, font une vive effervescence avec les acides et sont très fusibles. Les marnes plus ou moins calcaires sont employées avec succès en agriculture pour amendement des terres fortes ou argileuses.

6° **ARGILES OCREUSES.** Ce sont des argiles maigres, siliceuses, colorées par de l'oxyde de fer, en rouge (ocre rouge) lorsqu'il est anhydre, ou en jaune (ocre jaune) lorsqu'il est hydraté.

La *sanguine* est une argile ocreuse rouge, qui sert à préparer les *crayons rouges*. La *terre sigillée* ou *bol d'Arménie*, employé en médecine, est aussi une variété d'argile ocreuse rouge très estimée, tiré autrefois par Constantinople de l'île de Lemnos où on la purifie par lévigation, et on en forme de grosses pastilles sur lesquelles on imprime le cachet du gouverneur de l'île ou celui du grand seigneur avant de les livrer au commerce; on se sert maintenant en France pour préparer le *bol d'Arménie*, d'une terre ocreuse que l'on trouve aux environs de Blois et de Saumur.

L'ocre jaune se trouve principalement en France près de Vierzon, et à Bitry près St-Amand (Nièvre); elle est exploitée par puits et galeries, puis calcinée et lavée convenablement elle donne un *ocre rouge*; l'ocre de Bitry, celui de Morague et celui de Saint-Pourrain se vendent quelquefois naturels ou calcinés, sous les noms de *jaune* et *rouge d'Italie*. On les emploie comme les autres ocres

dans la coloration des papiers peints, les peintures communes en détrempe, et les peintures extérieures à l'huile, pour garantir des effets de la pluie ou de l'humidité les volets, persiennes, instruments aratoires, clôtures en bois, charrettes, etc. On mélange souvent les ocres jaunes avec les bleus de Prusse, afin d'obtenir des nuances vertes plus agréables pour diverses sortes de peintures.

7° ARGILE LÉGÈRE. Nous devons dire ici quelques mots sur cette variété d'argile qui se distingue par un caractère remarquable : sèche au toucher, elle donne une poussière dure, employée à polir l'argent; elle se délaie difficilement dans l'eau, et présente à peine du liant; elle résiste au feu et prend une grande dureté sans acquérir une forte densité; elle surnage l'eau tant qu'elle n'en est pas imbibée; on s'en est servi pour faire des briques légères. (Voyez BRIQUES).

On essaie les argiles : 1° en les calcinant au rouge pour connaître la quantité d'eau qu'elles renferment, et, au cas qu'elles contiennent de l'oxyde de fer, en déterminer approximativement la proportion par la teinte plus ou moins rouge qu'elles prennent par la cuisson; 2° en traitant l'argile complètement desséchée par de l'acide hydrochlorique faible, lavant le résidu avec soin, le desséchant de nouveau et le pesant; la perte de poids représente le carbonate de chaux qu'elle renferme; on reconnaît sa présence par l'effervescence qu'il donne avec les acides dès qu'il y en a une proportion notable; 3° enfin on détermine la proportion de matières sableuses et quartzeuses que l'argile renferme, au moyen d'un lavage par décantation. Voir pour le complément de cet article les mots BRIQUES, CIMENTS, CREUSETS, DRAFS, MORTIERS, POTERIE, FOUZZOLANES ARTIFICIELLES.

ARMES A FEU. (*Angl.* fire-arms, *all.* feuer-gewehre). La fabrication des armes à feu se divise en deux parties essentiellement distinctes, le travail du fer et le travail du bois. La première comprend le canon, la platine et la garniture, plus, pour les armes militaires, la baïonnette et la baguette; la seconde comprend la monture, et, dans les fusils de chasse, la baguette.

Le canon est un tube en fer, exactement cylindrique à l'intérieur qui offre ordinairement une épaisseur un peu plus considérable au fond qu'à l'ouverture. Il n'y a que les carabines de tir où cette différence ne soit pas sensible, l'ouverture du canon se nomme la *bouche*, le fond est le *tonnerre* qui est fermé par une vis, dite vis de *culasse*, le vide intérieur du canon en est l'*âme*, dont le diamètre s'appelle le *calibre* de l'arme. Sur l'une des parois du tonnerre, est pratiquée la *lumière* par laquelle l'inflammation se communique à la charge.

La fabrication du canon, pour lequel on doit choisir d'excellent fer très doux, très ductile et sans peilles, s'exécute de deux manières différentes. Le procédé le plus habituellement suivi consiste à prendre une barre de fer, ou *maquette*, de la longueur du canon à fabriquer, et de la largeur de son pourtour, puis à la souder au blanc en l'enroulant sur elle-même dans le sens de sa longueur; le second procédé qui n'est employé que pour les armes de luxe consiste à enrouler en spirale sur un moule, une ou plusieurs petites bandes de fer, ou même du fil de fer, et à souder le tout ensemble au blanc.

Le réchauffage doit être conduit avec beaucoup de soin, car on ne peut souder le canon que sur une longueur de 5 à 6 centimètres à la fois, et encore faut-il pour cela le réchauffer à trois reprises différentes. Comme par un réchauffage aussi fréquent, le fer est très sujet à brûler, il est indispensable de le maintenir autant que possible recouvert de scories et de menu charbon, et de faire en sorte qu'il ne soit pas exposé à

l'action du courant d'air forcé qui alimente la forge. Le brasage s'exécute sur un mandrin ou noyau, que l'on retire lorsque l'on porte la pièce dans le feu. Deux ouvriers sont ordinairement réunis pour le soudage d'un canon, et frappent, non point avec beaucoup de force, mais avec beaucoup de rapidité, sur la partie à braser qui a reçu dans le feu une chaude suante. On commence par le milieu du canon, en allant d'abord vers une extrémité, puis ensuite vers l'autre. Le soudage terminé, on porte de nouveau successivement toutes les parties du canon au rouge blanc, et on le martelle dans une rainure hémisphérique pratiquée dans l'enclume, sans y introduire de mandrin, de manière à le parer autant que possible.

Les meilleures bandes pour la fabrication des canons de fusil sont faites en *fer de riblons*, c'est-à-dire de rognures de tôles et de vieux fers à cheval, que l'on réunit en paquets ou troussees qui sont réchauffés à la forge, et étirés au marteau en barres minces, ou mieux en rubans étroits. Pendant un temps, les canons *damassés* furent très en vogue; voici comment on les fabrique : on prend des rubans d'acier et de fer, très minces que l'on place côte à côte parallèlement les uns aux autres, en ayant soin de les faire alterner, et que l'on soude ensuite à la forge en une seule pièce; cette pièce est réchauffée, tordue sur elle-même à plusieurs reprises, puis étirée en ruban que l'on roule en spirale sur un mandrin, et que l'on soude comme il a été dit ci-dessus.

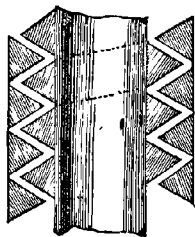
Les meilleurs canons modernes pour les fusils de chasse, sont construits en rubans de fer de riblons, de la manière suivante : La tige ou filet a seulement 0^m,025 de large, ou quelquefois moins; elle est un peu plus épaisse au bout qui doit former la culasse, et un peu plus mince à celui qui doit former la bouche que dans la portion intermédiaire. Après avoir modérément chauffé cette bande, pour augmenter sa malléabilité, on l'enroule en spirale autour d'un mandrin jusqu'à ce qu'on ait formé une longueur convenable du cylindre: les bords dépassent un peu, les uns sur les autres, afin de donner à la soudure plus de solidité. On retire le cylindre du mandrin, et on le chauffe de nouveau, puis le tenant verticalement, on frappe le bout de la bouche sur l'enclume, ce qui rend la jonction des spirales plus complète et plus uniforme. Il est alors soudé à plusieurs chauffées successives, à coups de marteau, tant verticaux qu'horizontaux, et enfin terminé dans la cannelure hémisphérique de l'enclume. Les plus beaux canons sont toujours faits des tiges les plus étroites de fer de riblons, d'où ils reçoivent le nom de canons tordus. On fait aussi des canons en fils d'acier, soudés ensemble suivant leur longueur, et tordus ensuite en spirale dans un cylindre. Les canons qui sont destinés à être rayés, doivent être faits en fer épais, et de qualité tout à fait supérieure. Les mousquets de soldats sont un peu plus épais à la bouche, afin d'offrir un support solide à la baïonnette.

Les arquebusiers de Paris qui jouissent d'une réputation justement méritée, étirent à la forge le fer destiné à la fabrication des canons de fusil, en bandes de 4^m,20 de long, 4 centimètres de large et 2 millimètres et demi environ d'épaisseur. On forme un faisceau avec 25 de ces rubans que l'on place entre deux bandes un peu plus épaisses; la trousse ainsi formée, et qui pèse environ 30 kilogrammes, est étirée à la forge, en une barre méplate de 18 millimètres de large sur 13 millimètres d'épaisseur, que l'on replie en double sur elle-même, et que l'on étire de nouveau en un ruban de 9 millimètres de large sur 4 millimètres d'épaisseur, de telle sorte que la face plane du nouveau ruban, soit à angle droit avec celles des rubans primitifs qui composaient la trousse. La longueur de ce ruban (pour 2 canons de fusil de 78 à 83 centimètres) est de 40 à 44 mètres; on le partage en deux parties, que l'on chauffe successive-

ment au rouge corise, et que l'on enroule en cet état en spirales aussi serrées que possible sur un mandrin de 44 millimètres environ de côté. On retire le mandrin, et on porte le canon dans le feu; puis on le soude comme nous l'avons dit plus haut en commençant au milieu de sa longueur.

D'après ce que nous avons dit, les bandes, primitives sont soudées côte à côte normalement à la surface du canon, de sorte que celui-ci paraît être très finement rubanné. Dans les fusils à deux coups, on enroule le ruban qui forme l'un des canons, à droite, et celui qui forme l'autre, à gauche, ce qui produit un effet agréable à la vue. Quinze ouvriers parisiens, dont six à la forge, deux au forage, et sept aux autres parties de la fabrication, ne peuvent livrer par semaine que 6 canons doubles rubannés pour fusils de chasse, prêts à être montés, et les vendent au prix de 400 à 300 fr. pièce.

M. Gâstine et Renette habiles arquebusiers de Paris, ont établi un autre système de canons à rubans sur lesquels M. Séguier a fait à l'Institut un rapport très favorable. Au lieu de se composer d'une lame plate roulée en hélice et soudée bord à bord, le canon est formé par la juxtaposition de deux rubans triangulaires, superposés de telle manière que le sommet de l'un s'unisse à la base de l'autre (voir la fig. 435). De cette façon, la

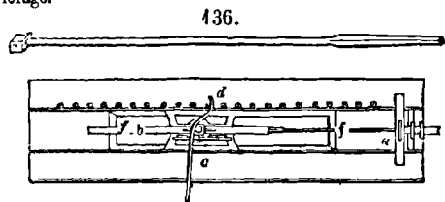


435.

surface de contact des soudures pratiquées suivant des plans obliques, se trouve augmentée, et on remédie d'une manière très satisfaisante à l'inconvénient des travers, c'est-à-dire résultant des défauts de soudure. Dans des épreuves faites avec des canons, du poids de 875 grammes, de 72 centimètres de longueur, et 47 millimètres de diamètre intérieur, de 5 millimètres d'épaisseur à la culasse, et de 1 millimètre 50, à la bouche; ceux-ci ne se sont ouverts qu'à la charge de 44 grammes de poudre et 250 grammes de plomb. Un d'eux n'a même cédé qu'à la charge de 50 grammes de poudre et 280 grammes de plomb; charge énorme, puisque celle employée par les chasseurs ne dépasse pas 4 grammes de poudre et 40 grammes de plomb.

Des résultats non moins avantageux ont été obtenus par M. Bernard, habile armurier de Paris, avec des canons de fusil obtenus, en enroulant 2 hélices l'une sur l'autre; la deuxième, recouvrant les joints de la première.

Lorsque les canons de fusil sont entièrement forgés, on les porte au rouge sombre dans un fourneau particulier, puis on les laisse refroidir très lentement, pour donner au fer dont ils sont composés, le plus de douceur possible; ils sont alors propres à être portés à l'atelier de forage.



436.

Le forêt (fig. 436) est un long morceau d'acier, à section carrée, légèrement pyramidal et à arêtes tranchantes, qui est soudé à une tige cylindrique en fer, se

terminant à l'autre extrémité par une tête carrée qui sert à fixer l'outil dans la boîte du tour. Il arrive ordinairement que l'on ne laisse pas mordre le forêt sur toutes ses arêtes à la fois; on applique à l'aide d'un anneau métallique contre l'une des faces du forêt, une petite pièce de bois extérieurement cylindrique, qui vient frotter dans l'âme du canon, tandis que les deux arêtes opposées de l'outil, peuvent seules mordre et aléser le trou. Ce procédé a l'avantage de permettre d'agrandir successivement et d'aléser l'âme du canon à l'aide d'un seul et même forêt, en augmentant à mesure l'épaisseur de la pièce de bois, tandis qu'autrement il faudrait un grand nombre de forets de grandeurs différentes. Il est aussi à remarquer que dans ce dernier cas, comme l'affûtage doit avoir lieu sur les quatre faces à la fois, ils sont rapidement usés et mis hors de service, tandis que par le procédé que nous avons indiqué, l'outil ne mordant que par deux arêtes à la fois dure beaucoup plus longtemps.

Le tour à forer est horizontal. Dans quelques cas, cependant, on a entrepris de travailler les canons, sous une inclinaison de 30° à l'horizon, de manière à faciliter le dégorgeement des limailles. Le canon est supporté par un point seulement, au milieu de sa longueur, pour se prêter aux mouvements du forêt qui, autrement, serait infailliblement brisé. Le forêt, comme on le voit (fig. 437), a simplement sa tête carrée insérée dans la boîte du tour, et n'est supporté en aucun autre point de sa longueur.

La fig. 437 représente, en plan, le tour à forer pour les canons de mousquets; *ff*, est la poupée ou charriot qui supporte le canon; *a*, est la boîte du tour, dans laquelle entre la tête du forêt; *b*, est le canon, fixé par son milieu dans le charriot, et que l'on peut faire avancer à l'encontre du forêt, à l'aide du levier *c* que l'on manœuvre à la main, et qui s'appuie successivement contre chacune des chevilles d'une sorte de crémailière *d*, espacées les unes des autres d'environ 5 centimètres. Le forêt ainsi établi, semble être, à première vue un outil très mauvais et très défectueux; mais ses vibrations perpétuelles n'affectent point l'exactitude du forage; il fait 450 à 480 révolutions par minute.

Après que l'âme du canon a été ainsi presque amenée au calibre voulu, on achève de l'aléser avec un alésoir très tranchant, qu'on recouvre ordinairement de languettes de bois sur deux de ses faces, de manière qu'il ne puisse mordre que très peu à la fois; enfin, si l'on veut polir l'intérieur, on se sert d'un alésoir en forme de lime ou bien d'un cylindre de plomb enduit d'huile et d'émeri.

Comme par suite des vibrations continues de l'outil, le canon, surtout lorsqu'il présente peu d'épaisseur est sujet à se courber, l'ouvrier doit l'examiner de temps en temps, et au besoin le redresser à l'aide d'un maillet en bois.

On procède ensuite au dressage de l'extérieur, qui s'exécute à l'aide de meules sèches en grès, de 2^m,50 de diamètre sur 0^m,32 d'épaisseur auxquelles on imprime un mouvement de rotation très rapide, qui va jusqu'à deux tours par seconde. L'ouvrier tient le canon horizontalement et dans une direction parallèle à l'axe de la meule contre laquelle il le presse modérément; par suite de cette pression, le canon se met à tourner lentement et se trouve ainsi également attaqué sur tout son périmètre. Dans ces derniers temps, on a trouvé beaucoup d'avantages à dresser le canon sur un tour ordinaire (voyez TOUR), analogue à ceux dont on se sert dans les ateliers de machines.

Le canon est fermé à son extrémité, dans les armes de guerre et dans la très grande majorité des armes de chasse, par une partie vissée qu'on appelle le tonnerre. Ce n'est que depuis quelques années qu'on a vu, mais seulement pour la chasse, des armes s'ouvrant au tonnerre pour l'introduction de la charge; nous en par-

ARMES A FEU.

lerons bientôt. Pour les fusils de guerre, nous donnerons les dimensions adoptées en France et en Angleterre :

DÉSIGNATION.	FUSILS	
	Français.	Anglais.
Diamètre de l'âme ou calibre.	0 ^m ,0175	0 ^m ,0190
Diamètre de la balle.	0 ^m ,0165	0 ^m ,017
Poids de la balle en grammes.	275,15	308,03
Longueur du canon.	1 ^m ,140	1 ^m ,067
Longueur de la baïonnette.	0 ^m ,381	0 ^m ,432
Longueur totale du canon et de la baïonnette.	1 ^m ,521	1 ^m ,499
Poids du canon et de la baïonnette en kilogrammes.	4 ^k ,95	5 ^k ,52

Batterie. La batterie du fusil constitue un petit mécanisme fort ingénieux. Nous ne donnerons ici que la description de la batterie à percussion pour l'emploi de la capsule à poudre fulminante, la seule employée aujourd'hui. Comme mécanisme, il ressemble beaucoup à l'ancienne batterie à silex, où le feu était produit par le choc d'un silex sur une partie en acier, système complètement abandonné aujourd'hui.

Nous donnons ici la figure de la batterie du fusil ordinaire à piston telle qu'elle a été simplifiée en Angleterre par M. Lowell, dont la disposition a été adoptée (fig. 438).

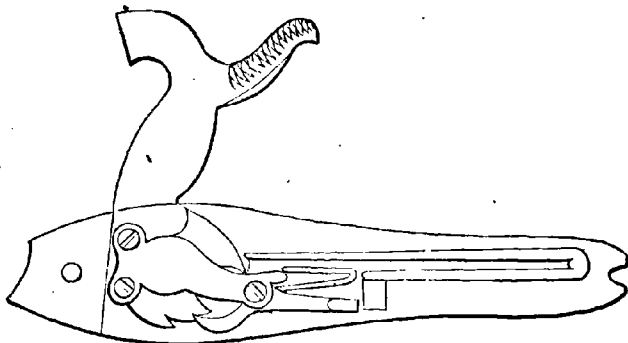


Fig. 438.

On voit que ce mécanisme, réduit à sa plus grande simplicité, consiste en une pièce centrale solidaire avec le chien, appelée *noix*, qu'un grand ressort tend à faire tourner en abattant par suite le chien, lorsqu'elle n'est pas arrêtée par une espèce de rochet solidaire avec la gâchette. Le mouvement a donc lieu dès qu'on presse sur celle-ci.

Dans le système ci-dessus décrit le chien percute fortement sur la cheminée et l'endommage peu à peu. De petites parcelles de poudre fulminante peuvent y demeurer et être une cause d'accidents. M. Fontenau, de Nantes, a cherché à éviter cet inconvénient par une disposition combinée surtout en vue d'éviter les accidents qui surviennent fortuitement lors du manie- ment des armes à feu à la chasse.

Pour atteindre ce but, M. Fontenau rend mobile à volonté la partie cylindrique du chien qui vient, dans l'arme à percussion ordinaire, frapper sur la cheminée munie de la capsule. Cette mobilité est obtenue en forant cylindriquement cette partie du chien, et y taraudant un pas très fin qui permet d'y adapter une vis (fig. 439).

ARMES A FEU.

Cette vis, terminée extérieurement par une tête cannelée, se détourne avec facilité; un ou deux tours suf-

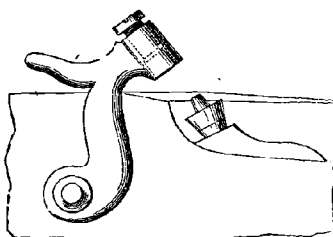


Fig. 439.

fisent pour désarmer le fusil et rendre toute explosion impossible, lors même que par un accident quelconque le chien se rabattrait sur la cheminée. On voit avec quelle facilité le chasseur se trouve mis à l'abri de tout accident, avec quelle rapidité le fusil est remis en état de faire feu.

En enlevant entièrement la vis, l'arme devient tout-à-fait inoffensive et peut sans danger être maniee par les enfants et les personnes les plus imprévoyantes.

La vis dont l'extrémité frappe la capsule peut être facilement amenée à la longueur convenable pour qu'elle approche beaucoup de l'extrémité de la cheminée *sans la toucher*. L'épaisseur du cuivre de la capsule et la charge de poudre fulminante permettent de rendre cet écartement très notable, comme on le voit

en faisant partir l'arme après avoir détourné la vis de plus d'un tour.

Le bout de la cheminée n'est donc plus martelé, elle n'est plus ébranlée par un choc oblique, le chien frappant à plat sur son collet; enfin tout écartement latéral devient impossible.

Ces importants avantages, qu'il ne serait possible d'apprécier convenablement qu'en consultant les registres de réparations d'armes d'un régiment et qu'un publiciste évalue à plus de 400,000 fr. pour l'armée française, nous paraissent assurer le succès de cette invention, en remplaçant par un ajustement de précision une disposition imparfaite et pleine d'inconvénients.

L'expérience montre en tout cas qu'il y a tout bénéfice à étalonner le creux de la tête du chien, de manière que la percussion ne vienne jamais mutiler l'extrémité de la cheminée, mais faire poser sur l'embase de la cheminée l'extrémité de la tête du chien.

C'est à ce résultat et à l'emploi d'une cheminée portant une embase sur laquelle le chien peut poser, que doivent se borner les constructeurs d'armes qui n'adopteraient pas le système breveté de M. Fontenau, soit à cause de son prix, soit par la crainte que la vis ne se desserre et ne remonte par le choc, ce qui occasionnerait des ratés nombreux. Ce dernier inconvénient a, au reste, été évité par l'inventeur d'une manière ingénieuse. Il perce un petit trou transversalement dans la vis et y chasse une petite cheville en bois qui assure un frottement toujours gras et une adhérence suffisante à la vis. Cette disposition nous paraît pouvoir être appliquée dans grand nombre de petits mécanismes, pour assurer très simplement l'action des vis.

Quant à la sécurité qui résulte de l'emploi de ce système, elle n'est complète qu'autant que le chasseur

a quelque prudence, et c'est le défaut de cette qualité qui est la cause la plus ordinaire d'accidents.

On a inventé une foule de dispositions pour dispenser le chasseur de toute espèce de soins ; nous ne donnerons qu'un exemple des nombreuses dispositions inventées à cet effet, car elles sont peu employées, parce que malheureusement ces moyens compliquent l'arme. Celui dont nous parlons est bien simple et bien facilement applicable à toutes les armes, et peut être mis en comparaison avec un système analogue dû à M. Guérin qui est combiné en vue de ne permettre au chien de s'abaisser que lorsque l'arme est appuyée à l'épaule.

La disposition, due à M. Buzelaire, consiste à rendre mobile la partie postérieure de la ferrure qui forme la sous-garde. Cette partie devient un long ressort qui rentre dans le fusil quand on le saisit à la poignée, soit pour l'armer, soit pour faire feu. Ce ressort tire un verrou monté sur la platine de la batterie, et ce verrou entre dans une encoche pratiquée dans le chien et qui empêche tout mouvement de sa part quand l'arme n'est pas saisie à la poignée. Il devient donc impossible que le fusil soit armé ou fasse feu autrement que par la volonté du chasseur ; toute action sur le chien est sans danger.

Ce système est donc simple et n'exige pas d'attention spéciale de la part du chasseur, mais seulement l'habitude de presser un peu l'arme en la saisissant à la poignée. On peut donc espérer que ce système se propagera dans la pratique.

Bois de fusil. La fabrication du bois de fusil rentre dans le travail ordinaire du bois, et nous n'aurions pas à insister ici si elle n'avait été dans ces derniers temps l'objet d'essais intéressants.

L'irrégularité de la forme du bois, qui n'étant pas une surface de révolution ne peut être obtenue à l'aide du tour, paraît en rendre l'exécution mécanique presque impossible. Cependant ce problème a été attaqué par M. Grimpé d'abord, qui avait annoncé la création de puissants moyens pour sculpter le bois à la mécanique, puis par M. Philippe de Girard, l'illustre inventeur de la filature de lin, et enfin par M. Decoster.

Nous n'avons nul renseignement sur les procédés des deux premiers inventeurs, mais ils se rapprochaient sans doute beaucoup de celui employé par M. Decoster. Il consiste essentiellement dans l'emploi de fraises animées d'un mouvement circulaire, et guidées de manière à descendre à une profondeur déterminée pour chaque position du bois. C'est en quelque sorte la solution du problème général de donner à un morceau de bois une forme quelconque déterminée, appliquée à un cas particulier, un mouvement imprimé d'après une courbe donnée. Nous pensons qu'on publiera bientôt les dessins de ces appareils fort compliqués, mais extrêmement curieux, et qui pourront fournir le moyen de produire bien des pièces en bois dur, toutes les fois qu'on sera assuré de pouvoir en utiliser une reproduction en nombre un peu considérable.

Armes carabinées. La justesse du tir et l'accroissement de portée des armes à feu constituent le plus grand progrès que l'on puisse réaliser pour accroître utilement les forces militaires d'un pays. C'est par l'invention des armes carabinées qu'on a depuis bien longtemps essayé de réaliser de semblables progrès.

Pendant les guerres de la révolution, nos soldats eurent souvent à souffrir de la supériorité de tir que donnait aux tirailleurs ennemis l'emploi de la carabine. Cependant, l'usage de ces armes, abandonnées à l'époque des premières campagnes de la révolution, ne fut pas repris à cause de l'embaras du chargement. Le caupon de ces armes portait intérieurement sept rainures hélicoïdales (fig. 440). On y chassait de

force, à coups de maillet, une balle sphérique (fig. 441) d'un diamètre un peu plus grand que l'âme, qui s'y

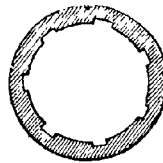


Fig. 440.

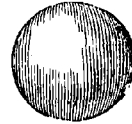


Fig. 441

moulait et qui, lorsqu'on faisait feu, sortait, en suivant les rainures, animée d'un mouvement de rotation sur son axe.

M. George Lovell, directeur de la manufacture royale d'armes à *Ensfeld* (Angleterre), a imaginé de ne pratiquer dans l'âme (fig. 442) que deux rainures directement opposées, ayant des dimensions plus con-

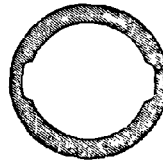


Fig. 442.



Fig. 443.

sidérables que les rainures ordinaires; on coule les balles dans un moule qui leur donne la forme (fig. 443), de sorte que l'on peut les charger sans difficulté en introduisant l'anneau qui les entoure dans les rainures, et lors de la décharge elles en suivent exactement la courbe. Tandis que dans les canons rayés ordinaires, les hélices ne doivent jamais faire plus de $1/4$ à $1/2$ tour dans toute la longueur de l'âme, parce qu'au-delà de ce terme la balle, par suite de la vitesse qui lui est imprimée, ne suivrait pas les rainures; on peut avec le système de M. Lovell donner au pas des hélices un mètre de longueur, ce qui correspond à une vitesse de rotation double de celle que l'on obtient avec les armes carabinées ordinaires, et augmente par suite sensiblement la justesse du tir.

Des expériences faites en grand, en Angleterre, avec plusieurs compagnies de tirailleurs, les unes armées de fusils Lovell, les autres de fusils de munition ordinaires, ont montré que les premières ont produit plus d'effet à une distance de 280 mètres que les autres à une distance de 140 mètres seulement, et qu'en outre la charge de l'arme nouvelle se faisait avec plus de facilité et de promptitude qu'avec l'ancienne.

L'énorme perte de temps qui résulte du mode de chargement au maillet a empêché jusqu'ici l'adoption, pour l'armée et même pour les corps d'élite, des armes carabinées, malgré la grande supériorité de tir qu'elles présentent.

Une heureuse invention, due à M. Delvigne, officier français, est venue lever la difficulté.

Le problème que M. Delvigne s'était proposé, et qu'il a complètement résolu, était celui-ci : après avoir introduit librement une balle dans un canon rayé, faire qu'elle ne puisse sortir que de force, avec une augmentation de volume suffisante pour remplir les rayures. Dans la carabine de M. Delvigne, la balle, librement descendue dans le canon, repose sur l'extrémité d'une chambre pratiquée dans la pièce de culasse. Un seul coup de baguette de fer, convenablement appliqué sur la balle, suffit pour l'aplatir et changer ses dimensions.

Cette invention de M. Delvigne était extrêmement remarquable; l'écrasement de la balle assure l'effet des rainures, c'est-à-dire un mouvement régulier de rotation de la balle par l'effet des rainures hélicoïdales, et assure la régularité bien vérifiée du tir des carabines avec un mode de chargement plus simple. Les chasseurs de Vincennes, armés de ces carabines, purent obtenir un tir efficace à 500 et même 600 mètres.

Une seconde invention, due sans aucun doute, indirectement pour le moins, à la polémique et aux recherches dont l'invention de la carabine Delvigne fut la cause, est celle du colonel d'artillerie Thouvenin. Elle consiste à fixer dans la culasse du canon une tige dont l'axe est celui du canon. La balle introduite dans le canon s'arrête à la tige; elle y trouve un appui solide placé dans l'axe même du canon, qui permet de la forcer dans les rayures sans la déformer irrégulièrement.

De nouveaux essais vinrent bientôt permettre de faire un nouveau pas en avant, et ce progrès fut la conséquence, non d'une modification de l'arme, mais d'une nouvelle forme de projectile.

La forme sphérique donnée à ceux-ci ne paraît pas en effet être celle que la théorie leur devrait assigner, pas plus qu'on ne construit un vaisseau à section circulaire, et il semble que la balle du fusil devrait avoir la forme du solide de moindre résistance, être de forme allongée.

Mais de semblables considérations ne peuvent s'appliquer qu'aux armes carabinées. Dans un fusil à canon lisse, la balle a besoin d'un certain vent pour compenser les irrégularités de calibre et entrer dans le canon enroulé par le tir. La balle prend donc un mouvement de rotation irrégulier par l'effet de l'impulsion, qui ne passe pas par le centre de figure comme cela a lieu pour la résistance de l'air.

Dans une arme carabinée, l'existence des rayures permet d'employer une balle d'un calibre plus voisin de celui du canon. Cet avantage tient à la facilité que trouve l'enroulement de se loger pendant l'introduction de la cartouche dans la cavité des rayures. La balle de la carabine se trouvant ainsi, par l'existence même des rayures et la diminution du vent, mieux placée relativement à l'axe du canon, reçoit de l'inflammation de la charge une impulsion plus rapide.

Mais c'est surtout le mouvement de rotation autour de l'axe que les hélices font prendre à la balle qui assure la régularité du tir. En effet, quand il n'existe pas à l'origine, il faudrait qu'elle fût de forme et de densité parfaitement régulières pour que la résistance de l'air n'engendrât pas un mouvement de rotation, mouvement différent pour chaque balle et chaque charge, et par suite cause de déviation que l'habileté du tireur ne saurait corriger. Mais il n'en est plus de même quand la balle tourne; sa rotation la rend en quelque sorte parfaitement symétrique autour de son axe de rotation. Si en effet dans une de ses positions la résultante des résistances sur les divers éléments ne passe pas par le centre de gravité et que vous la considérez après une demi-révolution, la résultante se sera déplacée de telle sorte que l'ensemble des résistances effectives dans les deux positions passe par le centre de gravité.

Si l'on remarque que dans la carabine Delvigne l'aplatissement de la balle augmente la résistance, que pour que la balle ne se déchire pas dans les rainures la vitesse initiale ne doit pas être trop forte, on voit que les limites de vitesse initiale et les accroissements de résistance venaient en compensation des avantages qu'offrait un tir plus régulier à cause du mouvement de rotation. Il n'en est pas de même pour le système dont nous allons parler.

Balles cylindro-ogivales (l'extrémité de la baguette porte cette forme en creux). Ces balles, terminées en pointe et ayant une masse plus grande que la balle sphérique tirée avec la même arme, perdent moins rapidement la quantité de mouvement dont elles sont animées.

De la moindre résistance et de la plus grande masse résulte le grand avantage de pouvoir, pour une portée donnée, faire partir la balle avec une vitesse initiale moindre, par suite sans déchirement de la partie du plomb chassé dans les rainures, ou, ce qui revient au même, avec une vitesse de rotation plus grande de la balle. Cette dernière condition s'obtient avec une rayure ayant un pas d'hélice plus court. On obtient ainsi une arme ayant une portée de 4,300 mètres et avec laquelle on met, à 800 mètres de distance, vingt-cinq balles sur cent dans un panneau de 2 mètres de hauteur sur 6 mètres de base.

Balles à cannelures. Les balles cylindro-ogivales ne peuvent donner tous les avantages dont elles sont susceptibles qu'autant qu'elles satisfont à une condition dont on n'avait pas à se préoccuper avec les balles sphériques. Elle consiste en ce que la balle allongée ne peut conserver la pointe en avant qu'autant que son axe change de direction en même temps que chaque élément de la trajectoire, de manière à être toujours ramené suivant la tangente à la trajectoire. Autrement la résistance de l'air varie avec l'angle de chaque élément, ne passe pas par le centre de gravité, et il en résulte une rotation du grand axe qui détruit tous les avantages de la balle allongée.

M. Tamisier, capitaine d'artillerie, eut le talent d'analyser cet effet et de trouver le remède. Il pratiqua à la partie postérieure de la balle des cannelures circulaires de 0^m,0007 de profondeur en aussi grand nombre que cette partie, légèrement conique, pût en contenir, employant, comme jadis pour les flèches, la résistance de l'air pour assurer la direction de la balle.

Tel est le dernier degré de perfection des carabines de guerre, non encore utilisé assez complètement pour l'armement des troupes. M. Devismes a essayé de profiter de la direction régulière de la balle pour y adapter une pointe d'acier, qui ne s'écrasant pas augmente beaucoup la pénétration de la balle.

Armes se chargeant par la culasse. L'emploi des fusils à pierre de même que celui des fusils à piston ordinaires, présente dans le service militaire plusieurs graves inconvénients dont nous allons citer les principaux : le soldat est désarmé si la baguette est perdue, faussée ou cassée; le soldat en tirailleur, ayant tiré son coup, ne peut recharger qu'en se mettant à l'abri, et un inconvénient très grave, c'est que le fusil à silex comme celui à piston peut partir au repos; que la cartouche peut s'enflammer au moment de la charge, et que de graves accidents peuvent en résulter.

Les fusils qui se chargent par la culasse offrent les avantages suivants : une beaucoup plus grande promptitude dans la charge, ce qui augmente en quelque sorte le nombre des combattants, et la suppression de la baguette. Les accidents provenant de l'inflammation de la charge au moment de son introduction dans le tonnerre sont peu graves, les parties enflammées étant chassées en avant par la balle, de sorte que si par hasard, lors de son introduction, la cartouche s'enflammait, la balle ne bougerait pas.

Les fusils qui se chargent par la culasse sont de deux espèces : — dans les uns, le canon se brise au tonnerre, de sorte que le canon et la crosse ne sont plus en ligne droite. Dans cet état, le soldat est désarmé; il ne peut se servir de sa baïonnette. Cette disposition défectueuse pour un fusil de guerre n'offre aucun inconvénient pour la chasse, au moins dans la plupart des cas; elle peut être aussi utilisée.

par la marine, soit dans les embarcations, soit pour tirer des diverses parties du vaisseau où l'on est dans l'usage de placer des hommes armés d'armes de jet au moment de l'abordage. C'est sur ce principe que repose le système des fusils *Lefauchaux*. — Dans les autres, le canon et la crosse restent toujours liés l'un à l'autre ; le tonnerre se brise et se lève pour permettre l'introduction de la charge. Avec un semblable fusil, le soldat envoyé en tirailleur est toujours armé ; il saisit l'instant favorable pour introduire la charge, et pendant ce temps, il tient en échec avec la baïonnette, le cavalier qui escarmouche autour de lui pour le sabrer.

Cette dernière disposition est la seule qui puisse être admise pour l'acme de guerre. Le fusil de *M. Robert* est construit d'après ce principe.

Système Lefauchaux. Le fusil *Lefauchaux* se compose d'un canon fixé par une charnière tangentielle à sa circonférence, à une pièce de fer repliée en équerre contre laquelle va s'appuyer son extrémité inférieure ; le canon est solidement maintenu en contact avec cette pièce qui lui sert de culasse, à l'aide d'un tirant en forme de T, dont la tête s'engage entre deux crochets soudés sous le canon. La pièce formant culasse fait en même temps fonction de pièce de bascule, et vient s'arrêter à l'ordinaire dans les bois, entre les deux platines. La tête du T est construite de façon à remplir le double office de tirer en joint le canon contre la pièce formant culasse lorsqu'on veut fermer le fusil pour faire feu, et de soulever légèrement le canon pour vaincre l'adhérence des pièces les unes contre les autres lorsqu'on se dispose à introduire une nouvelle cartouche. Tantôt c'est un levier particulier, tantôt c'est le pont de sous-garde qui sert à mettre le T en mouvement. Dans ce fusil, le feu est mis à la poudre, comme à l'ordinaire, par la percussion d'un chien sur un piston taraudé dans le canon.

Fig. 452, coupe longitudinale du fusil, les canons rabattus et prêts à recevoir les cartouches, à l'échelle double.

Fig. 453, le T vu en élévation et en plan.

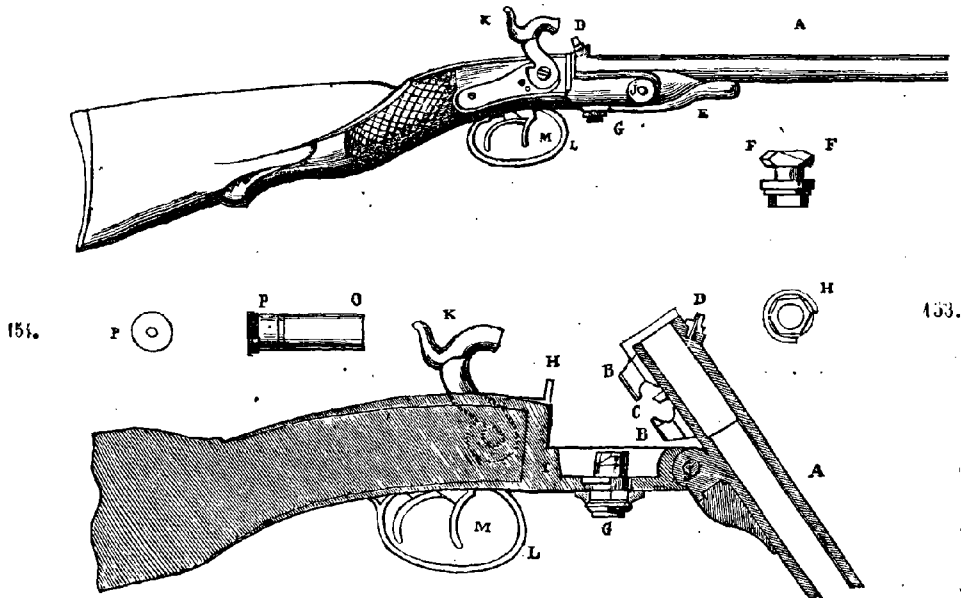
Fig. 454, cartouche munie de son culot.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets dans toutes les figures.

A, canon du fusil. B, B, crochets adaptés sous le tonnerre, entre lesquels s'engage une espèce de verrou nommé T. C, broche taillée en sifflet et servant à retenir le T. D, cheminée adaptée sur le canon et recevant la capsule d'amorce. E, clef placée sous la bascule ; on la détourne horizontalement de gauche à droite pour dégager les crochets et abattre le canon ; dans le carré de cette clef entre l'extrémité inférieure du T, qui y est retenu par une vis. F, verrou nommé T, dont la partie F', est taillée en biseau, pour glisser contre le bout de la broche C, coupé en plan incliné ; un ressort qui n'est pas visible dans la fig. 450, appuie contre le T et tient la clef écartée pendant qu'on charge le fusil. G, vis qui fixe la clef contre le T ; elle est évidée sur une partie de sa circonférence, pour recevoir une petite languette fixée au fond de la bascule. I, pièce de fer repliée en équerre, nommée bascule, solidement fixée au fusil, et sur l'extrémité de laquelle tourne le canon. J, broche traversant la charnière de la bascule et servant de centre de mouvement au canon. K, chien. L, sous-garde. M, gâchette. N, visière. O, cartouche. P, culot en cuivre de la cartouche.

Pour manœuvrer le fusil, on le saisit de la main droite, on passe la main gauche sous le canon et on appuie contre la clef, qui se détourne à l'instant et dégage les crochets C, C. Aussitôt le canon s'abat et présente son tonnerre ouvert. Dans cette position, indiquée par la fig. 452, la clef reste en place et ne peut plus

451.



452.

Les fig. 451, 452, 453 et 454 représentent un fusil de chasse à deux coups, système *Lefauchaux*.

La fig. 451 représente le fusil monté de toutes ses pièces.

retomber, étant retenus par le ressort qui appuie contre le T. Pendant que le fusil est tenu de la main gauche, on enfonce la cartouche dans l'âme ; puis on relève le canon, on remet la clef en place comme on le voit

fig. 450, et le fusil est chargé. Il ne reste plus alors qu'à coiffer la cheminée D d'une capsule en cuivre contenant l'amorce de poudre fulminante et à armer le chien; celui-ci, en s'abattant vivement sur la capsule, la brise et enflamme la poudre fulminante, qui met le feu à la charge en traversant la cartouche. Après que le coup est parti, on abat le canon, on retire le culot, et on charge comme il a été dit précédemment.

Le mousqueton de M. Lefauchaux ne diffère de l'arme que nous venons de décrire, qu'en ce que chaque cartouche porte son amorce et sa cheminée. Une petite broche de fer ajustée dans le culot, perpendiculairement à la longueur de la cartouche, porte à son extrémité inférieure, dans l'intérieur de la cartouche, une petite capsule fulminante. Le canon du fusil étant brisé au tonnerre, et ayant tourné autour de ses tourillons, l'on place la cartouche, la petite broche se logeant dans une entaille demi-cylindrique pratiquée sur la section droite du canon. Cette entaille verticale remplace l'ancienne lumière qui était percée horizontalement. Le canon étant remis en place, le chien, marteau vient frapper sur la broche, la capsule s'enflamme, et les causes de ratés sont évidemment plus rares par ce procédé que lorsque la capsule coiffe la cheminée d'un fusil à piston. Après que le coup est parti, la petite broche sert à retirer avec le doigt, et très promptement, le culot et les débris enflammés du papier de la cartouche. On peut charger la

2 millimètres de diamètre et de 40 à 45 millimètres de longueur, chargé de poudre fulminante. Ce cylindre est piqué dans la cartouche et y est fixé de manière à ce qu'il ne puisse s'en séparer. Un marteau intérieur frappe ce cylindre sur une enclume, de sorte que le feu est porté à la charge par un mécanisme intérieur et non extérieur.

Les fig. 455, 456, 457 et 458 donnent les détails d'un fusil de munition d'après le système Robert.

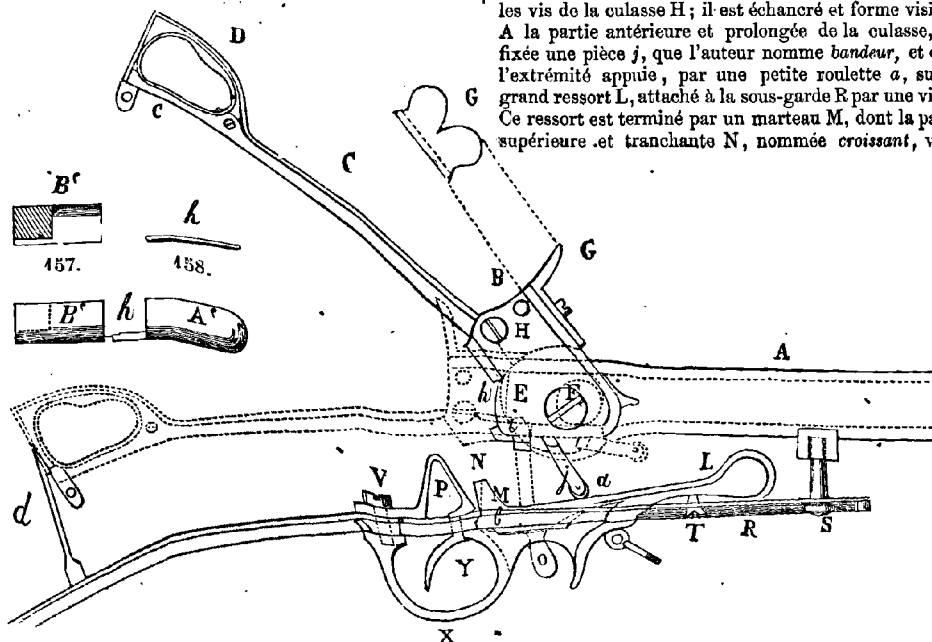
La fig. 455 montre le fusil ouvert, armé et chargé; les lignes ponctuées le montrent chargé, désarmé et fermé.

Fig. 456, grand levier, vu séparément et en dessous, montrant la forme du bassin dans lequel frappe le marteau.

Fig. 457, coupe et vue extérieure de l'étui de la cartouche.

Fig. 458, cartouche munie de son amorce et amorce détachée.

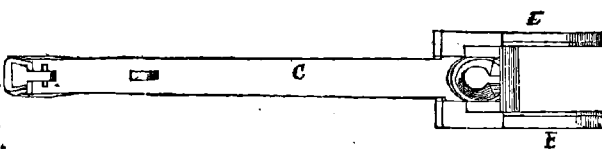
Les mêmes lettres désignent les mêmes objets dans toutes les figures. Le fusil se compose d'un canon A ouvert à sa partie postérieure, et d'une culasse B réunie à un levier C, qu'on élève ou qu'on abaisse au moyen d'un anneau D. Cette culasse s'applique exactement sur l'orifice du canon et fait corps avec deux joues E, E, qui en forment le prolongement et tournent autour d'une forte vis F. G, est l'épaulement du fusil, traversé par les vis de la culasse H; il est échancré et forme visière. A la partie antérieure et prolongée de la culasse, est fixée une pièce j, que l'auteur nomme *bandeur*, et dont l'extrémité appuyée, par une petite roulette a, sur le grand ressort L, attaché à la sous-garde R par une vis T. Ce ressort est terminé par un marteau M, dont la partie supérieure et tranchante N, nommée *croissant*, vient



455.

nuit avec autant de facilité que le jour. Les capsules n'ont pas besoin d'être d'un calibre aussi fort que celles ordinairement employées dans les fusils à piston, parce que l'inflammation est immédiate et qu'elle n'a pas à traverser la longueur d'une cheminée.

Système Robert. Dans le fusil Robert l'amorce est liée à la cartouche, et on ne les sépare pas pour charger et amorcer. Le soldat pousse la cartouche dans l'âme et referme la culasse. L'amorce est un petit cylindre de



456.

frapper de bas en haut le petit tube A renfermant l'amorce, pris entre l'appendice i du canon et l'enclume

formée par la culasse mobile. Un index O, qui fait partie du grand ressort L, indique, en faisant saillie dans l'ouverture du pontet, que le fusil est armé. Le marteau M est armé d'un petit cran b qui s'engage sous le mentonnet P d'un ressort triangulaire Q retenu par une vis V sur le pontet X. En appuyant sur la détente Y, on fait reculer le mentonnet P, et on dégage le marteau. Lorsque le levier C est abaissé, son anneau D est retenu par un petit ressort d, portant un cran qui s'engage dans une échancrure de la partie antérieure c de l'anneau. Sur la cartouche A', contenant la balle et la charge, est piqué un petit tube de cuivre h contenant l'amorce de poudre fulminante. Ce petit tube, qui se place sur l'appendice i lorsque la cartouche est introduite dans le canon, est brisé par le choc du marteau. La cartouche est enveloppée d'un étui B', qu'on retire quand on veut s'en servir.

La manœuvre du fusil de M. Robert est très simple. Pour charger, on saisit le levier C par l'anneau D, et on le soulève. Par ce mouvement la culasse B, en tournant par ses joues E autour de la vis F, découvre la chambre du canon. En même temps le bandeur j, en appuyant par la roulette a sur le grand ressort L, le comprime jusqu'à ce que le cran b du marteau s'engage sous le mentonnet P.

Pour faire feu, on appuie le doigt sur la détente Y, ce qui fait reculer le mentonnet P, et dégage brusquement le marteau, dont le choc de bas en haut contre l'amorce placée sur l'appendice i dans le bassinet g de la culasse, communique l'inflammation à la charge. Aussitôt que la charge est partie, il faut ouvrir la culasse fortement, et d'un seul coup, ce qui permet le passage de l'air à travers le canon, et le rafraîchit lorsqu'il est échauffé. On doit enfoncer la cartouche dans le canon d'une ligne au plus, mais toujours assez pour que la culasse ne la déchire pas en se fermant. On doit également placer l'amorce sur l'appendice; cependant cette précaution n'est pas indispensable, car la culasse en s'abaissant l'y ramène.

Disons encore, comme résultat curieux, que ce qu'il y a d'un peu étrange dans le fusil Robert disparaît à l'aide des cartouches Chaudun dont nous allons parler, et qui s'appliquent à toutes les armes qui se chargent par la culasse.

Cartouches. Le fusil Lefauchaux et le fusil Robert, qui sont la dernière expression d'essais bien souvent tentés pour construire des armes se chargeant par la culasse, ont éprouvé tous deux dans ces dernières années un perfectionnement important, par l'emploi de cartouches analogues à celles que nous avons indiquées plus haut pour le mousqueton Lefauchaux, mais fabriquées dans des conditions de solidité et d'économie toutes particulières par M. Chaudun, armurier à Paris. L'avantage de faire disparaître la cheminée que le chien du fusil ne rencontrait pas toujours sous la même inclination, s'y trouve conservé, mais réuni à plusieurs autres.

Comme cette question est d'une extrême importance pour les armes qui se chargent par la culasse, nous pensons devoir citer ici la majeure partie du rapport que nous avons fait à la Société d'Encouragement sur les cartouches Chaudun.

Les fusils qui se chargent par la culasse, si commodes pour la chasse, et qui font disparaître les dangers du chargement à la bague, notamment pour le fusil à deux coups, avaient jusque dans ces dernières années un inconvénient grave; nous voulons parler du crachement qui se faisait au tonnerre, au point où s'ouvrait la partie postérieure du fusil. Il semblait impossible d'éviter cet inconvénient, car l'articulation des pièces devant s'ouvrir et se fermer à la main, ne pouvait jamais être assez précise pour empêcher le passage du gaz, et pour bien des personnes les fusils se

chargeant par la culasse furent jugés comme des armes ne pouvant faire un bon service.

M. Chaudun apporta un remède efficace à ces inconvénients par ses cartouches en papier avec culot en cuivre et carton embouti. Cette ingénieuse invention a été un grand progrès pour le genre d'armes dont il s'agit, car quand on parle d'un fusil se chargeant par la culasse on ne doit jamais en séparer la cartouche.

M. Chaudun était bien parvenu avec ses cartouches à faire des fusils se chargeant par la culasse de très bonnes armes, mais cette condition n'était atteinte qu'autant qu'on avait de ses cartouches, c'est-à-dire des appareils d'une fabrication demandant des moyens de fabrication tout spéciaux et assez compliqués, des capsules d'une forme particulière, etc. C'était donc résoudre le problème seulement pour les personnes qui pouvaient s'approvisionner de ces cartouches. Et pour ôter aux fusils se chargeant par la culasse tout désavantage sans détériorer en rien leurs qualités spéciales, il restait à résoudre ce problème :

Combiner une cartouche dont l'enveloppe pût servir pour un grand nombre de coups de fusil, et qui pût être établie avec les approvisionnements que l'on trouve partout, avec les capsules notamment qui servent pour tous les fusils à percussion (fig. 444 et fig. 445).



Fig. 444.



Fig. 445.

Pour obtenir ce résultat voici comment procède M. Chaudun :

Dans une plaque de cuivre il découpe et obtient par emboutissage, en cinq ou six opérations successives, un tube de cuivre fermé par une extrémité, sans aucune soudure, et très résistant lorsque l'opération est bien conduite et la matière première de bonne qualité.

Cette pièce est la base de la cartouche, c'est sur elle que vient se fixer la pièce dite le culot. Placée au fond de la cartouche et supportant la majeure portion de la pression produite par l'explosion, cette pièce doit être d'une épaisseur et d'une résistance considérables; elle doit, comme le faisait le carton de la cartouche en papier de M. Chaudun, posséder une certaine élasticité pour serrer sur la broche qui la traverse et sert à déterminer l'explosion; enfin elle ne doit pas se détruire, pour que la même cartouche puisse servir un grand nombre de fois. Voici comment opère M. Chaudun :

Il prépare deux petits culots en cuivre, par l'action d'un poinçon cylindrique, sur un petit cercle de cuivre placé dans une matrice également cylindrique. Il entre l'un d'eux dans le cylindre de l'autre, après avoir interposé entre eux un disque de 3 millimètres environ d'épaisseur en métal de caractères, c'est-à-dire un métal malleable, composé en grande partie de plomb, durci par de l'antimoine, autant qu'il est nécessaire pour pouvoir le découper. Le culot, sensiblement de même calibre que la cartouche, se place dans celle-ci, et le tout est soumis au balancier.

Cette partie de l'opération est extrêmement remarquable. En même temps que le tout se trouve réuni par la compression, l'extrémité du poinçon vient faire naitre au fond du culot une saillie pour donner de la force au passage de la broche et une cavité pour recevoir la capsule. Extérieurement, la matrice est un cylindre portant à sa partie inférieure une petite cavité circulaire dans laquelle vient se former, par la com-

pression, un petit bourrelet qui sert à fixer exactement la cartouche dans le canon sans qu'elle puisse trop s'enfoncer. On comprend que la cartouche ne pourrait se retirer de la matrice si celle-ci n'était formée de deux pièces, d'une partie cylindrique et d'un fond plat. La disposition employée pour assembler ces deux pièces de manière à ce qu'elles puissent se séparer après chaque coup de balancier et cependant se replacer exactement, est très heureusement combinée.

La cartouche amenée à cet état, il suffit de percer un petit trou près du bourrelet et d'y passer une petite broche de laiton pour qu'elle soit achevée. C'est sur cette broche que vient percuter le chien, simplement terminé par une partie plate.

Nous n'avons pas à revenir sur les avantages que M. Chaudun s'est proposé d'assurer à ses cartouches, si ce n'est pour dire qu'il a atteint pleinement le but qu'il s'était proposé, suppression de toute espèce de crachement à la culasse, de toute fuite le long de la broche serrée à chaque explosion par le métal malléable qu'elle traverse, amorçage facile avec des capsules ordinaires, soit en faisant glisser la capsule, soit à l'aide d'un amorçoir ou une petite pince; durée considérable des cartouches, tels sont les résultats obtenus par expérience.

PISTOLETS. Les pistolets ne sont en réalité que des diminutifs de fusil qui se portent à la main; leur construction est soumise aux mêmes règles. Nous n'avons pas à nous y arrêter longuement, et nous nous contenterons de parler de deux systèmes nouveaux qui ont eu un assez grand succès dans ces derniers temps, et n'ont pas d'analogie parmi les armes longues, les fusils.

Pistolets de salon, à poudre fulminante. Depuis quelques années il a été construit de petites armes qui, sous le nom de pistolets de salon, ont pu servir de moyen de distraction.

M. Flobert, de Paris, a construit le meilleur modèle. Son arme est de l'espèce de celles qui se chargent par la culasse; mais elle a cela de particulier, que c'est la culasse elle-même qui, prenant une forme analogue à celle du chien des pistolets ordinaires, vient percuter sur la cartouche placée dans le canon afin de déterminer l'explosion.

Cette cartouche n'est en réalité qu'une fort grosse capsule du calibre du pistolet, légèrement évasée à la partie postérieure. On conçoit dès lors que la cartouche n'entre pas complètement dans le canon, et que la percussion qui viendra la frapper écrasera un petit rebord contenant des parcelles de poudre fulminante et déterminera l'inflammation.

Dans cette arme, la poudre fulminante est la seule cause de la projection de la balle; on n'emploie pas de poudre ordinaire. Disons que ce rebord permet aussi de retirer la cartouche en armant le chien, auquel la cartouche se trouve accrochée par son écrasement.

Les effets ne se bornent pourtant pas, comme on pourrait le croire, à ceux qui pourraient être nécessaires pour un simple amusement, si l'on augmente la proportion de poudre fulminante et le calibre de l'arme. Nous avons vu des balles tirées à 90 pas, et qui sont écrasées de manière à prouver qu'elles eussent été fort dangereuses à pareille distance.

Pour produire de semblables effets avec la poudre fulminante, l'inventeur a dû trouver une disposition qui empêchât le chien de se relever par la réaction, il y est parvenu en le garnissant d'une pièce articulée qui vient résister à cette réaction en s'appuyant sur le bois du pistolet, tandis qu'elle rentre lorsque l'on arme.

L'idée d'employer la poudre fulminante, poudre essentiellement brisante, si on chargeait de la même manière qu'avec la poudre de chasse, a conduit l'inventeur à retrouver les conditions d'emploi de cette

poudre, conditions que M. Flobert avait déjà déterminées. Elles consistent à laisser entre la poudre et le projectile une chambre de grandeur suffisante pour que l'inertie de la balle ne soit vaincue que par des gaz dont la tension varie en raison de cette capacité.

Il va sans dire que le système des pistolets de salon n'est applicable qu'à des explosions d'une intensité limitée; il faut en effet que la capsule, seule fermeture du canon, offre assez de résistance pour s'opposer à l'explosion, et d'un autre côté pour être facilement écrasée par la chute du chien.

Revolver. On donne ce nom à une nouvelle arme inventée en Amérique, et qui y a eu un grand succès. Nous voulons parler de ces pistolets à six coups qui n'ont qu'une seule batterie. Le canon, formé de six canons accolés, fait un sixième de rotation chaque fois que l'on arme le chien, et vient se mettre en position telle que le chien puisse percuter la capsule. La difficulté de bien exécuter ce mécanisme est assez grande, eu égard surtout à la fatigue causée par l'explosion; cependant les constructeurs américains y ont fort bien réussi, et à l'Exposition de Londres on a admiré des revolvers fort bien construits.

ARRACK. Sorte de boisson enivrante qu'on obtient dans l'Inde en distillant le riz fermenté de la noix de coco, le vin de palmier, ou du jus non mondé et fermenté.

ARSENIATES. Les arséniate sont généralement fusibles et indécomposables par l'action de la chaleur; le charbon les réduit par voie sèche avec dégagement de vapeurs arsénicales qui exhalent une forte odeur alliée, et il reste un résidu de sous-arsénite quand l'oxyde du métal minéralisé est réductible, et un oxyde pur dans le cas contraire. Les arséniate métalliques sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans les acides forts. Par les sels de plomb, de baryte et de chaux, les dissolutions d'arséniate donnent des précipités blancs, et par les sels de cobalt, un précipité couleur fleur de pêcher caractéristique, solubles dans un excès d'acide. L'hydrogène sulfuré en précipite l'arsenic à l'état de sulfure jaune, mais cette précipitation n'a lieu souvent qu'au bout de quelques heures, à moins qu'on ne les fasse préalablement bouillir avec de l'acide muriatique pour ramener l'acide arsénique à l'état d'acide arsénieux.

Le seul arséniate employé dans l'industrie est celui de potasse; on le prépare en petit en chauffant au rouge, dans un creuset, un mélange à parties égales d'arsenic blanc (acide arsénieux) et de nitre, laissant refroidir, dissolvant la matière fondue dans de l'eau bouillante et filtrant; par le refroidissement on obtient des cristaux réguliers de bi-arséniate de potasse, qui renferment, d'après Berzelius :

	Ox.	
Acide arsénique.	63,87	22,0
Potasse.	26,16	4,4
Eau.	9,97	8,3
	400,00	

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \text{As}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$$

On prépare en Saxe ce sel en grand, en fondant le mélange d'acide arsénieux et de nitre dans des cylindres en fonte; si ensuite on sature l'excès d'acide par de la potasse, on obtiendra un arséniate neutre incristallisable. On emploie quelquefois l'arséniate acide dans l'impression des indiennes, en en formant une bouillie avec de l'eau gommée et de la terre de pipe, que l'on applique sur les parties du tissu que l'on veut soustraire à l'action des mordants.

ARSENIC (*angl.* arsenic, *all.* arsenik). Métal très cassant, d'un gris d'acier dans la raclure fraîche, se ternissant promptement à l'air; il est très volatil et exhale lorsqu'on le chauffe une odeur alliée caractéristique. On le rencontre dans la nature tantôt à l'état natif en masses généralement testacées souvent antimonières,

quelquefois à l'état d'*acide arsénieux* et surtout à l'état de sulfure jaune (*ORPIMENT*), ou de sulfure rouge (*RÉALGAR*). On le rencontre en outre dans beaucoup de minerais métalliques, qui, lorsqu'on les grille, le laissent dégager à l'état d'*acide arsénieux*, sous la forme de fumées blanches. L'arsenic métallique a un emploi très limité; en poudre il constitue la *mort aux mouches*. Il donne avec le cuivre et l'étain un alliage dont on se sert pour fabriquer les miroirs de télescopes. Enfin il forme avec le platine une combinaison assez fusible, propriété qu'on a longtemps mise à profit pour faciliter l'aggrégation de ce dernier métal (voir *PLATINE*); maintenant on suit une toute autre méthode.

Lorsqu'on chauffe l'arsenic au contact de l'air, il brûle avec une flamme bleue et se convertit en une matière blanche volatile, qui est de l'*acide arsénieux* ou *arsenic blanc*; on obtient également cet acide par le grillage des matières arsénicales. Il est soluble dans 80 parties d'eau froide, et beaucoup plus dans l'acide hydrochlorique; il est très vénéneux; il a une saveur légèrement métallique, et est inodore même à l'état de vapeur, l'odeur alliacée n'appartenant qu'à l'arsenic métallique; on l'emploie en médecine; dans la fabrication des verres fins dits *cristaux de Bohême*; pour préparer le *VERT DE SCHÉELE* et le *VERT DE SCHWEINFURT*, etc.

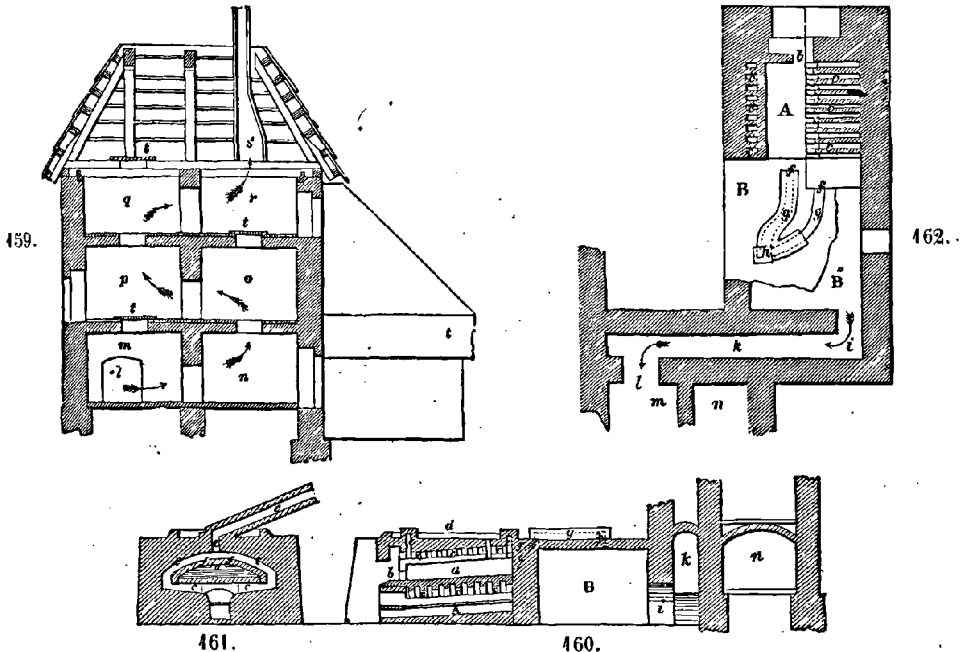
Un second degré d'oxydation de l'arsenic est l'*acide arsénique*, qui s'obtient en traitant l'*acide arsénieux* par l'eau régale; il est beaucoup plus soluble que le précédent, et encore plus vénéneux; il n'a aucun emploi dans les arts.

Acide arsénieux. L'arsenic s'obtient ordinairement, à l'état d'*acide arsénieux*, comme produit accessoire du grillage des minerais de Cobalt et d'étain (Saxe). Quelquefois cependant comme à *Reichenstein* (Silésie), on le prépare, comme produit principal, par le grillage du fer arsénical (*mispickel*). Les fig. 459, 460, 461 et 462 re-

présentent le fourneau employé à *Reichenstein*, pour le grillage du fer arsénical, et les chambres de condensation qui le surmontent.

condensation (*all. giftfang*); fig. 460, une section longitudinale du fourneau de grillage et des chambres de condensation; fig. 461, une coupe transversale du four de grillage; et fig. 462, le plan de tout l'appareil à deux niveaux différents. Le grillage des minerais arsénifères s'effectue dans une grande moufle en argile réfractaire légèrement inclinée vers la porte de chargement, et baignée par un courant de flamme qui circule tout à l'entour; on charge sur la sole 5 à 8 centim. de minerai préparé et pulvérisé (*schlich*), et on renouvelle de temps en temps les surfaces à l'aide d'un râble ou d'un ringard, pendant qu'un courant d'air, traversant la moufle avec lenteur, oxyde l'arsenic et l'entraîne avec lui dans les canaux et chambres de condensation où il le dépose.

a, est la moufle qui a intérieurement 2^m,00 de large sur 2^m,90 de long; A, le cendrier au-dessus duquel on voit la grille sur laquelle on charge le combustible; la flamme circule autour de la moufle le long des canaux c, c, c, et vient se réunir à la partie supérieure dans les canaux e, e, qui la conduisent à la cheminée du fourneau; le courant d'air oxydant qui a traversé la moufle s'échappe avec l'*acide arsénieux* par les ouvertures f, f, pratiquées à l'extrémité de la moufle, et se rend par les canaux g, g et la cheminée descendante h, dans une grande chambre de dépôt B; et de là, par la porte i le canal k et la porte l, dans la série des chambres de condensation m, n, o, p, q, r, qu'il parcourt dans le sens indiqué par les flèches, pour s'échapper enfin dans l'atmosphère par la cheminée s. Lorsqu'à la suite d'un travail continu, prolongé pendant un temps assez long, on a obtenu dans les canaux et chambres de condensation une quantité suffisante d'*arsenic blanc* (*all. arsenik mehl*), on l'enlève et on le met de côté pour lui faire subir plus tard un raffinage préalable avant de le livrer au commerce; pour faciliter ce travail, on ôte les plaques t, t, et on fait tomber alors sans peine dans les chambres



présentent le fourneau employé à *Reichenstein*, pour le grillage du fer arsénical, et les chambres de condensation qui le surmontent.

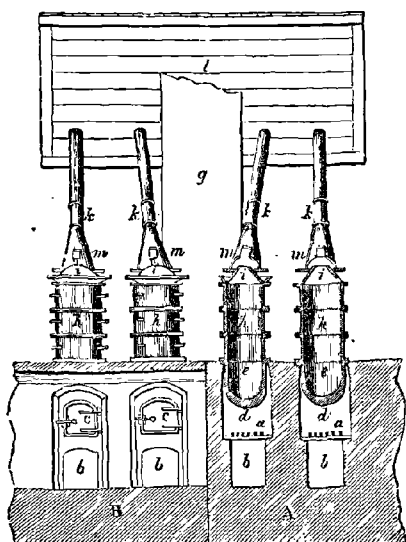
La fig. 459 est une coupe verticale des chambres de

inférieures, l'arsenic qui s'était déposé dans les chambres supérieures. On charge à la fois de 500 à 550 kil. de schlichs arsénifères, dans la moufle, dont le grillage se fait en 12 heures environ.

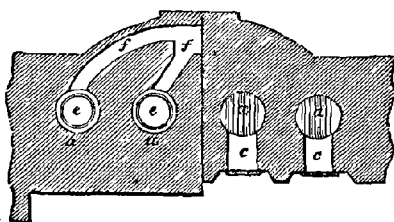
Lorsqu'on obtient l'arsenic comme produit accessoire du grillage des minerais d'étain (Altenberg, Zinnwald, etc.), cette opération s'effectue dans des fourneaux de grillage ordinaires, communiquant avec une série de chambres de condensation disposées comme ci-dessus. Les fumées qui se déposent dans les chambres sont mélangées avec beaucoup de matières étrangères, et fortement colorées en gris plus ou moins noir; on les purifie, lorsqu'on en a rassemblé une certaine quantité, par un grillage à part fait à une basse température.

Dans tous les cas l'acide arsénieux pulvérulent obtenu comme il vient d'être dit, ne peut être livré en cet état au commerce, partie à cause de son impureté, partie parce que le transport et la vente à l'état de farine impalpable d'une substance aussi vénéreuse, offriraient trop de dangers; on le soumet préalablement à une distillation, dans le but de le purifier et de le transformer en même temps en une masse compacte et vitreuse.

Les fig. 163 et 164 donnent la coupe, l'élevation et le



163.



164.

plan d'un des fourneaux de sublimation employés à Reichenstein.

Les vases de sublimation sont en fonte et consistent chacun en une chaudière *e* placée sur un fourneau *d* et surmontée de trois courts cylindres *h*; on charge par les portes *e*, *e*, le combustible sur les grilles circulaires *a*, *a*, dans lesquelles se trouvent les cendriers *b*, *b*, et la flamme s'échappe par les rampants *f*, *f*, qui la conduisent dans la cheminée commune *g*. Après avoir mis 180 kil. d'acide arsénieux en farine dans chacune des chaudières *e*, *e*, on lute, au-dessus, les cylindres *h*, *h*, que l'on recouvre de chapeaux *i*, *i*, munis de tubes de dégagement

k, *k*, qui viennent aboutir dans une cuisse de condensation en bois. On allume alors le feu, que l'on pousse graduellement jusqu'à un degré convenable; l'acide arsénieux se volatilise, et se condense ensuite contre les parois des cylindres; dans la partie supérieure la condensation est très rapide et donne lieu à la formation d'une poudre cristalline très fine, tandis que dans le cylindre inférieur, si l'opération est bien conduite, la chaleur étant plus élevée, l'acide arsénieux se prend en masse. Si la température est trop basse, on n'obtient qu'une poudre cristalline; si au contraire elle est trop élevée, toute la matière se sublime dans les cylindres supérieurs, et passe même dans la chambre de condensation; les ouvriers jugent à la chaleur des cylindres, par le toucher, si l'opération marche convenablement.

Après 42 heures environ la sublimation est terminée, on laisse alors refroidir l'appareil, puis on démonte les cylindres et on en retire l'arsenic vitreux, tandis que le reste repasse dans la sublimation suivante. Il est rare que la masse vitreuse que l'on obtient par une première sublimation, ait la pureté que réclame le commerce; on la purifie de nouveau par une et même quelquefois deux sublimations subséquentes.

L'acide arsénieux ainsi préparé se présente sous la forme d'une masse vitreuse, transparente, à cassure conchoïde presque incolore, offrant seulement une légère teinte jaunâtre. Conservé pendant longtemps, il perd sa transparence; on avait d'abord attribué ce phénomène à l'absorption d'une petite quantité d'eau, on a reconnu depuis qu'il était dû à un changement d'état moléculaire, qui consistait en un passage de l'état amorphe à l'état cristallin.

On prépare moyennement chaque année tant à Reichenstein (Silésie), par le grillage du fer arsenical, qu'à Altenberg (Saxe), par le grillage des minerais d'étain, 1500 quint. métriques d'arsenic blanc vitreux et 25 quint. métr. d'acide arsénieux en farine.

F. DEBETTE.

ARSENITES. Moins stables que les arséniates; se comportent comme eux avec le charbon; insolubles dans l'eau; solubles dans les acides forts; quand les dissolutions sont très concentrées, l'acide arsénieux cristallise; quand elles sont étendues, l'hydrogène sulfuré en précipite immédiatement l'arsenic à l'état de sulfure jaune.

Arsénite de potasse. Se prépare en faisant bouillir une dissolution de potasse sur un excès d'acide arsénieux, filtrant la liqueur et la faisant évaporer; on n'obtient pas de cristaux, mais seulement une masse mamelonnée très déliquescente, qui est employée pour préparer le vert de schéele.

ARSENIURES. Les arsénures ont tous l'éclat métallique et sont en général très fusibles. Par le grillage ils dégagent d'épaisses fumées blanches d'acide arsénieux ayant une odeur alliée très forte et se transforment en partie en arséniates. Ils se combinent aisément entre eux pour former des arsénures multiples ou des arsénio-sulfures très communs dans la nature. Beaucoup d'entre ces composés ont, sous le rapport industriel, une très grande importance; tels sont, par exemple, les arsénures et arsénio-sulfures de cobalt, de nickel, d'argent, etc. Nous en parlerons au nom de chacun de ces métaux en particulier.

ARTESIENS (PUITS) (*angl.* artesian wells, *all.* artesische brunnen). Nom donné aux trous de sonde forés verticalement, à partir de la surface du sol, dans un terrain stratifié, jusqu'à la rencontre d'une nappe d'eau souterraine comprise entre deux couches imperméables, le plus souvent argileuses. Lorsque l'eau s'élève dans le trou au-dessus de son embouchure et jaillit au dehors, d'une manière continue, on donne plus particulièrement au trou de sonde, le nom de fontaine jaillissante ou puits artésien, du nom de la province de France (l'Artois) où ils ont été le plus anciennement pratiqués.

Souvent l'eau se maintient dans le trou foré, à une certaine profondeur au-dessous de la surface, et doit être alors élevée à partir de ce niveau au moyen de pompes. Quelquefois enfin, ces trous sont forés dans le but tout à fait contraire, et servent à faire infiltrer dans des couches perméables des eaux superficielles dont on est embarrassé; on leur donne alors le nom de *puits absorbants* ou *boitouts*.

Les nappes d'eau souterraines paraissent former de véritables courants d'une largeur considérable, qui circulent dans les vides ou fissures de certaines couches, comprises entre des couches d'une imperméabilité complète ou relativement beaucoup plus grande. Les couches perméables sont ordinairement composées de sables plus ou moins désagrégés, et quelquefois de roches solides calcaires ou autres, criblées de fissures; de sorte que l'eau pénètre, pour ainsi dire, la couche entière, qu'il est presque impossible de traverser sans lui ouvrir une issue. Nous faisons ici une restriction parce qu'il y a quelques exemples dans lesquels, de plusieurs trous forés à peu de distance les uns des autres, les uns ont rencontré des sources jaillissantes et les autres ne les ont pas atteintes; ainsi : à *Blinget* dans la vallée de Ternoise, de trois sondages entrepris en 1820, le premier a procuré une belle fontaine jaillissante; les deux autres, au contraire, n'ont pas donné une goutte d'eau, et cependant, les trois trous sont très voisins; des phénomènes analogues se sont présentés à *Lillers*, *Saint-Pol* et *Saint-Venant*; à *Béthune*, un trou de sonde foré jusqu'à une profondeur de 33^m, a ramené au jour un beau jet d'eau limpide, tandis que dans le jardin de la propriété contiguë un autre trou de sonde foré jusqu'à une profondeur de 57^m, n'a pas rencontré le moindre filet liquide. Pour expliquer ce phénomène, il faut se rappeler que quelquefois la couche perméable est une roche compacte présentant de grandes fissures dans lesquelles l'eau circule, et qu'alors il peut arriver que de deux puits forés voisins, l'un rencontre une de ces fissures et donne de l'eau en abondance, tandis que l'autre n'en rencontre aucune quoique foncé à une profondeur plus considérable; si cependant on poussait ce dernier jusqu'aux limites inférieures de la couche perméable, on serait à peu près certain de ne plus trouver de filets liquides isolés, mais bien une véritable nappe souterraine.

Les eaux qui pénètrent une couche aquifère, constituent, comme nous l'avons dit, un véritable courant alimenté par les eaux des rivières, des lacs sous lesquels passent les affleurements supérieurs de la couche, ou par les eaux pluviales, et qui se déchargent sous forme de sources, aux points les plus bas de ces affleurements, lesquels peuvent se trouver cachés sous le lit des fleuves, ou sous celui de la mer : le lit souterrain du courant est d'ailleurs fort large, mais ordinairement très encombré, puisqu'il n'est formé que des cavités et des fissures qui pénètrent la couche. La vitesse du courant est quelquefois considérable; ainsi nous voyons dans la savante notice de M. Arago, sur les puits artésiens, insérée dans l'Annuaire du Bureau des Longitudes, que des ouvriers perforaient le terrain près de la barrière de Fontainebleau, dans un établissement connu sous le nom de brasserie de la Maison Blanche. Comme d'habitude, les progrès de ce travail étaient lents; mais voilà que tout à coup la sonde s'échappa de leurs mains; ils la voient s'enfoncer brusquement de 7^m, 50. Sans la manivelle placée transversalement dans l'œil de la première tige et qui ne put passer par le trou déjà fait, la chute se fut probablement continuée encore. Lorsqu'on essaya de retirer la sonde, il devint comme évident qu'elle était comme suspendue; que sa pointe inférieure ne reposait pas sur un terrain solide; et qu'enfin, un fort courant la poussait latéralement et la faisait osciller.

Pendant le percement des puits de la gare de *St-Ouen*,

MM. Flachet rencontrèrent à une profondeur de 51^m, 50 une nappe souterraine, dans laquelle la sonde s'enfonça subitement de 0^m, 35. Le courant doit y être très fort car il imprimait à la sonde un mouvement oscillatoire très sensible. Ce double résultat (l'existence et la force du courant) peut se déduire aussi avec certitude d'un autre fait curieux : quand, en approfondissant le trou, la tarière chargée des débris des couches qu'elle avait attaquées, passait en remontant, au niveau de la nappe ci-dessus, tous ces débris étaient emportés, et il n'était pas nécessaire de la ramener jusqu'à la surface.

A *Cormeilles* (Seine-et-Oise), la sonde arrivée dans les plâtres, oscillait, dit M. Degoussé, sous l'action d'un courant inférieur très rapide, comme le balancier d'une pendule.

Enfin, le 30 janvier 1831, le tuyau vertical de la fontaine jaillissante de la place de la cathédrale à *Tours*, ayant été raccourci d'environ 4^m, le produit en liquide, comme de raison, devint aussitôt plus grand. L'augmentation fut d'environ un tiers; mais l'eau, auparavant très limpide, ayant reçu un accroissement subit de vitesse, se troubla pendant plusieurs heures; elle amena de la profondeur de 109^m, des débris de végétaux et des coquilles d'eau douces et terrestres; tous ces débris ressemblaient à ceux que les petites rivières et les ruisseaux laissent sur leurs bords après un débordement. Ces faits établissent d'une manière incontestable que les eaux de la nappe souterraine qui alimentent la fontaine ci-dessus ne résultent pas, du moins en totalité, d'une filtration à travers des couches de sable. Pour qu'elles puissent entraîner des coquilles, des morceaux de bois, il faut qu'elles se meuvent librement dans de véritables canaux.

Les couches que la sonde traverse avant d'arriver à la nappe jaillissante ne sont point complètement imperméables, et par conséquent, absorbent une partie des eaux montantes, si l'on n'avait soin de placer dans le trou de sonde un tuyau d'ascension destiné à isoler les eaux; ce tuyau doit s'appuyer sur la couche imperméable immédiatement supérieure à la nappe aquifère, et la jonction entre le contour extérieur de ce tuyau, et la couche, doit être aussi exacte que possible afin d'éviter toute déperdition. Si l'on prolonge ce tuyau au-dessus du sol, à tel point que l'eau ne puisse plus s'écouler par son orifice supérieur, elle atteindra dans l'intérieur de ce tuyau, un niveau fixe, qui porte le nom de *niveau hydrostatique* du puits foré, et s'il n'y a pas de déperdition à la base du tubage, la hauteur du niveau hydrostatique au-dessus du fond du trou de sonde, mesurera exactement la pression des eaux souterraines en ce point. Si le prolongement du tuyau ascensionnel offrait quelques difficultés on pourrait déterminer aisément le niveau hydrostatique, en bouchant l'extrémité supérieure du tuyau par un tampon, et mesurant ensuite la pression à cette hauteur à l'aide d'un *manomètre* ordinaire, cette pression convertie en hauteur d'eau et portée au-dessus du tuyau, donnerait la position du niveau hydrostatique. Par suite du mouvement même dont les eaux souterraines sont animées, le niveau hydrostatique d'un puits foré est toujours inférieur aux affleurements supérieurs de la couche; d'un autre côté, il est supérieur aux affleurements les plus bas de cette couche. Enfin il n'est pas invariable, puisqu'il dépend des charges d'eau, sur les orifices d'alimentation et ceux d'écoulement de la nappe aquifère. Ces charges varient avec les crues des cours d'eau qui recouvrent les affleurements supérieurs et inférieurs de la couche, ou avec le niveau des eaux de la mer, lorsque les orifices d'écoulement sont au-dessous de son lit : Ainsi M. Baillet de Belloi a constaté que le niveau de la fontaine jaillissante de *Noyelle-sur-Mer* (Somme) monte et baisse avec la marée; M. Arago rapporte qu'à *Fulham*, près de la Tamise, dans une pe-

tite propriété de l'évêque de Londres, un puits foré de 97^m de profondeur, donne 363 ou 273 litres d'eau par minute, suivant que la marée est haute ou basse. Si auprès d'un puits foré déjà établi, on en fore un second, ce dernier aura ou non de l'influence sur le produit du premier selon que le rapport des dimensions de l'ouverture comparées à celles de la nappe alimentaire sera notable ou infiniment faible.

On rencontre fréquemment dans les sondages à travers les terrains stratifiés, plusieurs nappes aquifères superposées (fig. 465) : Ainsi à *Saint-Ouen*, MM. Flachat en ont rencontré cinq susceptibles d'ascension :

La 1 ^{re} à	36 ^m de profondeur
la 2 ^e à	45 ^m ,50 —
la 3 ^e à	51 ^m ,50 —
la 4 ^e à	59 ^m ,50 —
la 5 ^e à	66 ^m ,50 —

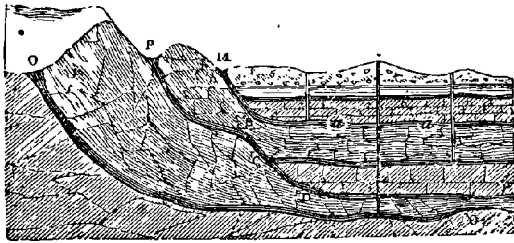
A *Tours*, les trois nappes ascendantes reconnues par M. Degouée se trouveront sous le terrain de la place de la cathédrale :

La 1 ^{re} à	95 ^m de profondeur
la 2 ^e à	112 ^m —
la 3 ^e à	125 ^m —

Enfin, nous citerons les travaux de sondage pour la recherche de la houille, exécutés, non loin de *Duppe*, près de *Saint-Nicolas-d'Aliermont*, qui y ont fait reconnaître sept grandes nappes d'eau très abondantes et douces, d'une force ascensionnelle très grande :

La 1 ^{re} de	25 à 36 ^m de profondeur
la 2 ^e à	100 ^m —
la 3 ^e de	175 à 180 ^m *
la 4 ^e de	210 à 215 ^m —
la 5 ^e à	250 ^m —
la 6 ^e à	287 ^m —
la 7 ^e à	333 ^m —

Généralement, lorsqu'un trou de sonde traverse plusieurs nappes aquifères, les plus profondes sont celles qui ont le niveau hydrostatique le plus élevé, et par suite qui présentent la force ascensionnelle la plus considérable; elles sont aussi ordinairement d'autant plus abondantes qu'elles sont plus profondes; il arrive cependant quelquefois le contraire; ainsi la 5^e nappe d'eau (fig. 465) qui a son affleurement supérieur dans la



465.

vallée O, qui est au-dessous de la vallée P où se trouvent les affleurements des 3^e et 4^e nappes, aura un niveau hydrostatique moins élevé; mais suivant la règle générale, la puissance ascensionnelle de ces dernières sera plus grande que celle des 1^{re} et 2^e nappes qui ont leur orifice d'alimentation en M. On conçoit donc que si le puits foré n'était pas soigneusement tubé, une partie des eaux montantes serait absorbée soit par les couches aquifères supérieures, soit par les couches perméables absorbantes que l'on aurait traversées. On a aussi rencontré, rarement il est vrai, des nappes absorbantes au-dessous d'autres nappes donnant des eaux jaillissantes. Il pourrait donc arriver qu'on rencontrât, en approfondissant un puits foré, une nappe qui absor-

bât en partie les eaux supérieures et diminuât le niveau hydrostatique du puits.

La propriété absorbante de certaines nappes est souvent utilisée pour se débarrasser d'eaux nuisibles et pour opérer l'assèchement de grandes étendues de pays auparavant marécageuses et impropres à la culture. Comme exemples du parti que l'on peut tirer de cette propriété nous citerons : La plupart des carrières des environs de Paris, où l'on se débarrasse des eaux au moyen de trous de sonde forés jusqu'à la profondeur des couches fissurées supérieures de la craie; la voirie de Bondy, qui se débarrasse par le même procédé, de 100 mètres cubes d'eau, par 24 heures; la plaine des *Paluns* près de Marseille, qui formait autrefois un grand bassin marécageux qu'il paraissait impossible de dessécher à l'aide de canaux d'assèchement superficiels. Le roi René y fit alors creuser un grand nombre de trous ou puisards, qui jetèrent et jettent encore aujourd'hui dans des couches perméables situées à une certaine profondeur, des eaux qui rendaient toute la contrée improductive. On assure que ce sont les eaux absorbées dans ces puisards (en provençal *embugs*) de *Paluns*, qui, après un cours souterrain, forment les sources jaillissantes du port de *Mion*, près de *Cassis*. Enfin, nous terminerons en faisant connaître le parti ingénieux que M. Mulot a tiré des propriétés absorbantes de certaines couches pour résoudre un problème dont la solution importait beaucoup à Saint-Denis.

L'eau d'une fontaine creusée sur la place de la Poste-aux-Chevaux de cette ville devint, dans l'été, un excellent moyen de propreté; mais l'hiver venu, les glaces s'accumulèrent sur la voie publique et nuisirent beaucoup à la circulation. Cet inconvénient avait presque fait renoncer à creuser une nouvelle fontaine sur la place aux Gueldres, lorsque M. Mulot imagina le procédé suivant : de l'eau d'excellente qualité, provenant d'une couche située à 65^m de profondeur, monte dans un tube métallique d'un certain diamètre. Un tube notablement plus grand, enveloppe le premier et va se saisir à 55^m de profondeur, d'une nappe d'eau encore très potable, mais moins bonne cependant que la première. C'est exclusivement dans l'espace annulaire compris entre ces deux tubes que l'eau de la nappe, située à 55^m peut remonter. Enfin un troisième tube, notablement plus grand que le second, descend en l'enveloppant, jusqu'à la profondeur d'une couche absorbante. L'espace annulaire compris entre le tube moyen et le tube extérieur ne donne donc rien; au contraire, il sert, en hiver, à ramener dans le sein de la terre la partie non employée des eaux des deux couches ascendantes qui, en se répandant sur la place et dans les rues, auraient formé une épaisse couche de glace.

On conçoit aisément que la quantité d'eau que fournit un puits artésien est très variable, suivant le diamètre du tuyau d'ascension, la hauteur du niveau hydrostatique du puits, et la facilité plus ou moins grande avec laquelle l'eau se meut dans les canaux souterrains qui sont en

communication avec le fond du trou. Voici ceux qui donnent le plus grand volume d'eau.

Le fameux puits de *Grenelle*, creusé par M. Mulot, jaugé au niveau du sol, a donné 3,000 litres d'eau par minute.

Le puits artésien que MM. Fabre et Espérette ont foré à *Bages*, près *Péripignan*, dans une propriété de M. Durand, donne 2,000 litres d'eau par minute.

Enfin le puits jaillissant que M. Degouée a foré à *Tours*, dans le quartier de cavalerie, jaugé à près de 2 mètres de hauteur au-dessus du sol, a donné 4,410 litres d'eau.

Le plus profond des puits artésiens en France est celui de *Grenelle*, dont nous avons déjà parlé, et qui a une profondeur totale de 518 mètres.

Il arrive quelquefois que le produit d'un puits artésien diminue; dans cette circonstance, il y a deux cas à distinguer, suivant que le niveau hydrostatique n'en reste pas moins constant, ou suivant qu'il diminue. Dans le premier cas, la diminution du produit tient à un engorgement du tube ascensionnel ou du banc aquifère; on y remédie en faisant passer la sonde dans le trou pour le nettoyer, et imprimant ensuite, si cela ne suffit pas, à la colonne liquide, une série d'impulsions brusques, au moyen d'un piston de pompe à clapets, que l'on fait mouvoir avec une grande vitesse dans le tuyau ascensionnel. Lorsque le niveau hydrostatique s'est abaissé, l'accident est beaucoup plus grave, cela annonce qu'il y a déperdition d'eau le long du tube d'ascension; il faut dans ce cas enlever en tout ou en partie le tubage et le remplacer.

On se demande souvent s'il est à présumer que les fontaines artésiennes s'épuisent à la longue; nous nous contenterons pour répondre à cette question de citer le puits foré à *Lillers* (Pas-de-Calais), dont le produit journalier ainsi que la hauteur à laquelle l'eau jaillit, n'ont jamais varié, et dont la construction remonte, dit-on, à l'année 1126.

On sait que depuis longtemps les expériences faites dans les mines avaient démontré qu'à une faible profondeur au-dessous du sol, la température propre de la terre devenait indépendante des saisons et croissait à mesure que l'on s'enfonçait; cet accroissement est de 1 degré par 25 ou 30 mètres de profondeur. La chaleur constante et élevée que possèdent les sources jaillissantes est venue en donner une preuve plus convaincante encore. Nous citerons quelques exemples :

La température moyenne de <i>Paris</i> , à la surface du sol, est de	+ 40°,6
La température de la fontaine jaillissante de la gare de <i>Saint-Ouen</i> est de	+ 42°,9
(Profondeur 66 ^m).	
La température du puits de <i>Grenelle</i> est de	+ 27°,4
(Profondeur 548 ^m).	
La température moyenne de la surface à <i>Tours</i> est de	+ 44°,5
La température du puits artésien foré chez <i>M. Champoiseau</i> est de	+ 47°,5
(Profondeur 440 ^m).	

Les sources artésiennes ont été recherchées comme moteurs même dans les pays où les cours d'eau ne sont pas rares. Leur température constante et élevée permet en effet de les appliquer au service des usines pendant les hivers les plus rigoureux, soit directement quand elles sont abondantes, soit comme moyen de fondre les glaçons qui arrêtent le mouvement des roues hydrauliques. Dans le nord de la France, où la nappe aquifère est située à une faible profondeur, on trouve un grand nombre de moulins alimentés par les eaux de un ou plusieurs puits artésiens. A *Tours*, *M. Degoussé* a foré, dans la manufacture de soie de *M. Champoiseau*, un puits de 440 mètres de profondeur, qui verse 1,400 litres d'eau par minute, dans les auges d'une roue de 7 mètres de diamètre; cette roue met en mouvement tous les métiers de la manufacture.

Dans le *Wurtemberg*, *M. Bruckmann*, en faisant circuler le long de tuyaux convenablement disposés de l'eau à + 42° centigr. provenant de puits artésiens, est parvenu à maintenir à + 8° la température de divers ateliers, quand le thermomètre extérieur marquait 48° au-dessous de zéro.

A l'époque des grandes pluies, le travail des papeteries était souvent interrompu à cause de l'impureté des eaux. Ces chômages forcés n'existent plus partout où l'on se sert des eaux jaillissantes et constamment limpides des puits forés.

Dans quelques localités, les eaux toujours pures, et d'une température invariable des fontaines jaillissantes, ont servi à établir des *cressonnières* artificielles très productives. La belle végétation du cresson dans les parties des lits des ruisseaux où il existait des sources naturelles a donné l'idée de cette application. On assure que les *cressonnières* artificielles d'*Erfurth* (Allemagne) ne rapportent pas moins de 300,000 fr. par an!

En cherchant de l'eau dans les entrailles de la terre, au moyen de la sonde, on rencontre quelquefois, au lieu de ce liquide, de grands réservoirs d'un gaz qui monte rapidement à la surface. Ce gaz est ordinairement inflammable; quelquefois c'est de l'hydrogène pur; mais le plus souvent c'est de l'hydrogène carboné, identique à celui du gaz d'éclairage. Dans le forage des trous de sonde destinés à la recherche des eaux salées, les *Chinois* rencontrent souvent de pareils dégagements gazeux. Ils conduisent alors à l'aide de longs tuyaux le gaz, sous les chaudières qui servent à évaporer les eaux salées, et l'y enflamment: ils n'emploient dans ce cas aucun autre combustible. Ils se servent aussi du même gaz pour éclairer les rues, halles et ateliers, lorsqu'ils en ont en quantité suffisante. Il y a également dans les *États-Unis d'Amérique* plusieurs villages dans lesquels on a mis à profit, pour éclairer les rues et les maisons, des courants de gaz inflammable qui se dégagent d'une manière continue, depuis un grand nombre d'années, par des trous de sonde qu'on avait faits en cherchant de l'eau.

Nous renverrons pour le complément de cet article, en ce qui regarde le forage des puits artésiens et le tubage des puits forés, au mot *BONDAGE*. P. DEBETTE.

ARTIFICE (FEUX D') (*angl.* fire-works, *all.* Feuerwerke). La composition des feux d'artifice est un art moderne résultant de la découverte de la poudre à canon. Les plus belles inventions en ce genre sont dues aux célèbres *Ruggieri*, père et fils, qui exécutèrent à Rome, à Paris et dans les principales capitales de l'Europe, les plus brillants et les plus beaux feux d'artifice qui aient jamais été vus. La description suivante de leurs procédés sera probablement intéressante pour plusieurs de nos lecteurs.

Les trois matières fondamentales de toutes les compositions des feux d'artifice sont les éléments de la poudre, le nitre, le soufre et le charbon, que l'on mêle avec des limailles de fer, d'acier, de cuivre et de zinc, de la résine, du camphre, de la poudre de lycopode, etc. On emploie aussi très souvent la poudre à canon, soit en grains à moitié écrasés, soit finement pulvérisée. Plus la limaille de fer est fine et longue, plus les étincelles rouges et blanches qu'elle donne sont brillantes; elles doivent être tout à fait exemptes de rouille. Les limailles et tournures d'acier et de fonte contiennent du carbone, et produisent un feu plus brillant avec plus d'étincelles. La limaille de cuivre donne une flamme verte; celle de zinc, une belle couleur bleue verdâtre; le sulfure d'antimoine donne une flamme comme celle du zinc, un peu plus bleue, mais en même temps beaucoup plus de fumée. Le succin produit un feu jaune, ainsi que la colophane et le sel marin, mais ce dernier doit être employé très sec, pour ne pas arrêter la combustion. Le noir de fumée mélangé avec de la poudre à canon pulvérisée produit une couleur rouge foncé, et une couleur rouge clair ou oeillet, avec le nitre en excès; on s'en sert pour faire les pluies d'or. Le mica jaune fournit aussi de très belles étincelles jaune d'or. Le vert-de-gris produit un vert léger; le sulfate de cuivre mélangé de sel ammoniac, un vert olive; le camphre donne une flamme très blanche et des fumées aromatiques, qui masquent la mauvaise odeur des autres substances. Le benjoin et le borax sont aussi employés à cause de leur odeur agréable. Le lycopode brûle avec une couleur rose et une flamme magnifique; il est principalement employé

ARTIFICE.

sur les théâtres pour représenter les éclairs et les torches des furies, par suite de la propriété qu'il possède, étant répandu dans l'air, de s'enflammer par l'approche d'une bougie.

Les feux d'artifice sont divisés en trois classes : 1^o ceux qui doivent être posés sur le sol ; 2^o ceux qui sont tirés dans l'air ; 3^o ceux qui agissent sur ou sous l'eau ; enfin on divise la première classe en pièces immobiles et en pièces mobiles.

Presque toutes les pièces d'artifice sont formées d'une enveloppe extérieure ou cartouche en papier ou en carton, dans laquelle on introduit le mélange combustible.

Les cartouches se font en enroulant du papier fort ou du carton mince enduit de colle sur des moules cylindriques de diamètre convenable, et que l'on comprime dans cet état par un mouvement de va-et-vient, au moyen d'une varlope semblable à celle des menuisiers, si ce n'est qu'elle n'a point de ciseau ni de cavité pour en recevoir. On étrangle ensuite l'extrémité des cartouches en l'entourant d'une ficelle savonnée que l'on tend avec le pied au moyen d'une pédale, puis on les lie au lieu de l'étranglement au moyen d'une ficelle, en faisant le *nœud* dit de l'*artificier* (voyez *NŒUDS*), nœud qui est le même que celui que l'on fait pour attacher les lanières des fouets après leur manche.

On étrangle aussi ordinairement, en partie, l'extrémité supérieure des cartouches, afin d'augmenter la vitesse du jet de feu ; on ne laisse cette ouverture entièrement ouverte que lorsque l'on veut obtenir un feu lent et sans bruit.

La charge, dont la composition est très différente suivant le but qu'on veut atteindre, est, la plupart du temps, aussi fortement comprimée que possible, afin de modérer la rapidité de la combustion, ce qui offre en outre l'avantage de pouvoir en introduire une quantité plus considérable dans un cartouche de dimensions données.

Passons maintenant à la description des diverses pièces d'artifice :

La composition pour les *fusées communes*, au-dessous de 2 centim. de diamètre, est de : poudre pulvérisée 46 parties, charbon 3 p. ; pour celles d'un plus grand diamètre, on emploie un mélange de 46 p. de poussier de poudre, et 4 p. de limaille de fer.

Roue tournante. Pour un tube de moins de 2 centim. de diamètre, on prend : poudre à canon 46 parties, limaille d'acier 3 p. ; pour de plus fortes dimensions : poudre à canon 46 p., limaille d'acier 4 p.

Feu chinois brûlant avec un bouquet d'étincelles couleur jasmin. Lorsque le diamètre de la fusée est moindre que 2 centim., on prend : poudre à canon 46 parties, nitre 8 p., charbon 3 p., soufre 3 p., tournure de fonte 10 p. ; pour de plus fortes dimensions : poudre à canon 46 p., nitre 12 p., charbon 3 p., soufre 3 p., tournure de fonte 12 p.

Brillant fixe. Diamètre au-dessous de 2 centim. : poudre à canon 46 parties, limaille d'acier 4 p. ; ou, poudre à canon 46 p., tournure fine de fonte 6 p.

Soleils fixes. Ils sont composés d'un certain nombre de fusées, distribuées comme les rayons d'une roue, et dont les extrémités ignivomes sont divergentes. Toutes les fusées prennent feu à la fois.

Lorsque, comme dans le cas précédent, on doit mettre le feu à plusieurs pièces à la fois, on se sert d'étoupilles ou mèches en coton, trempées dans une pâte faite avec de la poudre pulvérisée, un peu d'eau-de-vie et de gomme arabique, que l'on fait sécher, puis que l'on enroule dans une feuille de papier mince ; ces feuilles sont enroulées, un peu coniques, de sorte que l'on peut aisément les enfiler par leurs extrémités les unes dans les autres, et obtenir une conduite aussi longue que l'on veut.

ARTIFICE.

Les *gloires* se font comme les soleils fixes, seulement, au lieu de fixer les ouvertures des fusées sur le même cercle, on les dispose de manière à former des figures triangulaires ou étoilées, qui sont souvent composées de plusieurs rangs de fusées.

Les *éventails* sont composés de 5 à 7 fusées disposées suivant les rayons d'un quart de cercle, ou d'un demi-cercle. La *patte-d'oie* est un éventail composé seulement de trois fusées.

La *mosaïque* consiste en un échiquier de poteaux espacés à 4 mètr. environ de distance, et portant des fusées disposées de telle sorte qu'elles produisent des jets de feu qui se croisent quatre par quatre au centre de chaque compartiment ; il en résulte que, lorsqu'il y a un nombre suffisant de poteaux, le tout forme en brûlant une sorte de mosaïque.

Palmyers. Ruggieri a inventé un nouveau genre d'artifice destiné à représenter toutes sortes d'arbres et particulièrement le palmier. La composition suivante est celle de ce magnifique feu d'artifice vert : vert-de-gris cristallisé 4 parties, sulfate de cuivre 2 p., sel ammoniac 4 p. Ces ingrédients sont pulvérisés et humectés avec de l'alcool. Un arbre artificiel de chaque genre étant érigé, on festonne autour du tronc, des branches et parmi les feuilles, des mèches grossières en coton d'environ 5 centim. de diamètre, imprégnées de cette composition, et on les allume immédiatement avant que l'alcool ait eu le temps de s'évaporer.

Cascades. S'obtiennent par un grand nombre de fusées horizontales juxtaposées. Elles imitent des nappes ou des jets d'eau. Le feu chinois est le mieux approprié à ces décorations. Les *pluies d'or* se font de même, seulement on dispose les fusées presque verticalement.

Étoiles fixes. Les fusées ont une construction particulière. On les ferme par les deux bouts, et on perce, près de l'une des extrémités et dans le même plan, cinq trous dans l'enveloppe, de telle sorte que la fusée étant fixée horizontalement, produit en brûlant, vue dans le sens de son axe, cinq jets lumineux divergents qui représentent une étoile fixe.

COMPOSITION D'ÉTOILES FIXES.

	Ordinaires.	Brillantes.	Colorées.
Nitre.	46 parties.	42	0
Soufre.	4 —	6	6
Poudre à canon pulvérisée.	4 —	42	46
Antimoine.	2 —	4	2

Lances. Ce sont de longues fusées, de petit diamètre, faites avec des cartouches de papier. Celles qui brûlent le plus vivement doivent être les plus longues. Elles sont chargées à la main sans aucun moule, avec des baguettes de différentes longueurs, et ne sont pas étranglées à la bouche, mais simplement munies de mèches. Ces lances forment les figures des grandes décorations ; elles sont fixées avec des pointes sur de grandes charpentes en bois, représentant des temples, des palais, des pagodes, etc. La communication entre les diverses pièces s'établit à l'aide d'étoupilles, conduits ou mèches dont nous avons décrit plus haut la préparation.

La composition pour des *lances blanches* est : nitre 46 parties, soufre 8 p., poudre à canon 4 ou 3 p. ; pour des *lances blanc-bleutres* : nitre 46 p., soufre 8 p., antimoine 4 p. ; *lances bleues* : nitre 46 p., antimoine 8 p. ; *lances jaunes* : nitre 46 p., poudre à canon 46 p., soufre 8 p., succin 8 p. ; *lances plus jaunes* : nitre 46 p., poudre à canon 46 p., soufre 4 p., colophane 3 p., succin 4 p. ; *lances verdâtres* : nitre 46 p., soufre 6 p., antimoine 6 p., vert-de-gris 6 p. ; *lances cilllets* : nitre 46 p., poudre à canon 3 p., noir de fumée 4 p. ; d'autres

lances moins vives sont faites avec : nitre 46 p., colophane 3 p., succin 3 p., poudre de lycopode 3 p.

Outre les compositions ci-dessus pour les lances colorées indiquées par Ruggieri, nous ferons connaître ici celles indiquées par Meyer, qui reposent sur l'emploi du chlorure de potassium, mais qui à cause du prix assez élevé de ce sel, ne sont pas généralement employées dans les feux d'artifices ordinaires. Des mélanges de chlorure de potassium et de soufre brûlent avec une vivacité extraordinaire, et un degré de chaleur blanche, que l'on ne peut pas produire avec le nitre. A cette chaleur élevée, un grand nombre de substances donnent lieu par leur combustion, à des colorations particulières très vives, dont on remarquait à peine des traces en se servant de nitre. Parmi ces substances, nous citerons particulièrement les nitrates de strontiane et de baryte, qui donnent avec un mélange de chlorure de potassium et de soufre; le premier un magnifique rouge pourpre, le second un admirable feu vert. Les bases de ces compositions sont : 1° Un mélange de 80 parties de chlorure de potassium et de 20 parties de soufre; et 2° un mélange de 75 parties de nitre et de 25 parties de soufre. On ajoute à 400 parties du mélange n° 1, pour produire une couleur :

Rouge, 30 parties de carbonate de strontiane;
Rose foncé, 40 p. de craie (carbonate de chaux);
Rose clair, 30 p. de spath fluor (chaux fluorée);
Jaune, 50 p. de carbonate de soude fondu;
Bleu foncé, 30 p. de sulfate ammoniacal de cuivre, et 30 p. de sulfate de potasse.
Bleu clair, 20 p. de sulfate de potasse;
Vert, 20 p. de carbonate de baryte;
Vert clair, 20 p. d'acide borique;
Violet, 20 p. de sulfate de potasse et 20 p. de carbonate de chaux (craie);
Orange, 30 p. de carbonate de soude et 40 p. de carbonate de chaux.

Dans les feux de théâtre, les feux colorés doivent être accompagnés d'une lumière blanche très vive, pour les faire ressortir et détruire la teinte jaunâtre due à la lumière des lampes; il faut dans ce cas employer le mélange n° 2; voici à cet égard les compositions indiquées par Meyer :

Rouge clair, 50 p. du mélange n° 1; 50 p. du mélange n° 2; 20 p. de craie et 40 p. de pulvérin ou poudre à canon pulvérisée.

Pourpre foncé, 50 p. du mélange n° 1, 76 p. de nitrate desséché de strontiane et 24 p. de soufre.

Bleu, 50 p. du mélange n° 1, 50 p. du mélange n° 2, 40 p. de sulfate de cuivre ammoniacal et 20 p. de sulfate de potasse.

Vert, 35 p. du mélange n° 1, 80 p. de nitrate de baryte desséché et 20 p. de soufre.

Jaune, 50 p. du mélange n° 1, 50 p. du mélange n° 2 et 40 p. de carbonate de soude fondu.

Violet et orange, mélange de bleu et de rouge, de rouge et de jaune.

Cordes de couleur. Elles servent à faire les dessins, les emblèmes, les courtes inscriptions. On emploie de la torsade de coton, d'une grosseur proportionnée à l'effet qu'on veut produire, et l'on passe au milieu un fil de fer, afin de le soutenir et de pouvoir lui donner exactement les formes voulues. Cette torsade ou *câble*, c'est ainsi qu'on la nomme dans le commerce, doit être un peu torse et bien velue; on la pénètre bien de la composition suivante : nitre 2 parties, soufre 46 p., antimoino 4 p., gomme de genièvre 4 p.; on peut remplacer la gomme de genièvre par de la gomme arabique.

Feux de Bengale. Ces feux dont l'éclat rivalise avec celui du soleil, se font avec 7 parties de nitre, 2 de soufre, et 1 d'antimoine; ce mélange est fortement tassé dans des écuelles en terre, et on jette quelques mor-

ceaux de mèches sur la surface. Ces flammes produisent un bel effet théâtral pour représenter les embrasements.

Soleils tournants. Ce sont des roues mobiles autour d'un axe horizontal, sur la circonférence desquelles on fixe des fusées de différents diamètres, communiquant entre elles par des conduits, en sorte qu'elles s'allument successivement l'une après l'autre. La composition de ces fusées lorsqu'elles ont moins de 2 centimètres de diamètre est : poudre à canon pulvérisée 46 parties, charbon grossièrement pulvérisé 3 p. Pour de plus grandes dimensions : poudre à canon 20 p., charbon grossièrement pulvérisé 4 p. Pour *soleils radieux* : poudre à canon 46 p., sable micacé jaune, 2 ou 3 p., ou : poudre à canon 46 p., charbon 4 p., sable micacé jaune, 1 ou 2 p. Pour les petits soleils, on fait un long cartouche que l'on enroule en spirale sur lui-même et que l'on enfiler par le centre dans un clou qui sert à le fixer à un poteau vertical. Lorsqu'on met le feu à l'extrémité de la fusée le soleil se met à tourner plus ou moins rapidement par suite du recul dû à la combustion de la charge.

Doubles roues tournantes. Ces sont deux soleils tournant autour du même axe, dans des directions opposées. Les fusées sont fixées obliquement et non tangentiellement à leurs circonférences. Les rayons des roues sont chargés d'un grand nombre de fusées; deux des quatre ailes tournent dans une direction, et les autres dans la direction opposée, mais toujours dans un plan vertical.

Les *girandoles*, *caprices*, *spirales* et quelques autres pièces ont, au contraire, une rotation horizontale. Les artificiers peuvent diversifier grandement leurs effets, par l'arrangement et la couleur de leurs jets de feu. Nous prendrons pour exemple le *globe de lumière*. Qu'on imagine une grande sphère tournant librement sur son axe, avec un hémisphère creux qui tourne aussi sur un axe vertical passant à travers son pôle inférieur. Si les deux pièces sont couvertes de lances colorées ou de cordages, on obtient un globe fixe, lumineux, mais si on place des fusées horizontales sur l'hémisphère, et des fusées verticales sur la sphère, le premier doit avoir un mouvement horizontal relatif, le second, un mouvement vertical qui, étant combiné avec le premier, l'oblige à décrire une espèce de courbe dont l'effet forme un contraste agréable avec le mouvement régulier de l'hémisphère. On peut également placer de petits soleils sur la surface d'un grand soleil tournant, dont ils ont l'air d'être les satellites.

Ruggieri a exécuté entre autres un serpent lumineux, poursuivant avec un tournoiement rapide un papillon qui volait continuellement devant lui. Cet effet extraordinaire était produit par le moyen suivant : sur le sommet d'un octogone, il fixait huit roues égales tournant librement sur leurs axes, dans les plans des faces verticales de l'octogone. Une chaîne sans fin, passée autour de leur circonférence, allant de l'intérieur à l'extérieur, couvrait la demi-circonférence extérieure de la première, l'intérieure de la seconde, et ainsi de suite; d'où provenait l'apparence d'une grande ligne sinueuse circulaire. La chaîne, pareille à celle d'une montre, portait sur une portion de sa longueur des espèces d'écaillés percées de trous, pour recevoir des lances colorées, de manière à représenter un serpent enflammé. A peu de distance de celui-ci, était un papillon construit avec des lances blanches. La pièce était allumée ordinairement par d'autres feux d'artifice, qui semblaient se terminer, en projetant un serpent du sein des flammes. Le mouvement était communiqué à la chaîne par l'une des roues, qui le recevait comme une horloge le reçoit de l'action d'un poids. Ce mécanisme curieux et remarquable a reçu de l'auteur le nom de *Salamandre*.

Les *fusées volantes* qui s'élèvent dans l'air, avec une prodigieuse vélocité, sont l'une des pièces les plus communes, mais non les moins intéressantes des feux d'ar-

ARTIFICE.

tifice. Lorsqu'elles sont employées avec profusion, elles forment ces riches bouquets qui terminent les fêtes publiques. Le cartouche est semblable à celui des autres fusées, excepté en ce qui concerne sa longueur et la nécessité de le coller fortement et de bien l'unir; mais il est chargé d'une manière différente. Comme ces fusées doivent s'enlever avec rapidité, leur composition doit être telle qu'elles puissent s'enflammer presque instantanément sur toute leur longueur, et dégager un grand volume de fluides élastiques. A cet effet, un petit espace cylindrique est ménagé autour de l'axe, c'est-à-dire que la ligne centrale est tubulaire. Les artificiers appellent cet espace *l'âme de la fusée*. On ménage ce vide en y maintenant lors de la charge une baguette de dimensions convenables, et en bourrant la composition avec un bourroir creux suivant son axe; pendant le bourrage on soutient le corps de la fusée en la plaçant dans un moule ou cylindre en cuivre.

La composition des fusées volantes est la suivante :

COMPOSITION.	DIAMÈTRE INTÉRIEUR.		
	1,80 centim.	1,89 à 5,16 centim.	4,21 centim.
Nitre.	46	46	46
Charbon.	7	8	9
Soufre.	4	4	4
<i>Feu brillant.</i>			
Nitre.	46	46	46
Charbon.	6	7	8
Soufre.	4	4	4
Limaille fine d'acier	3	4	5
<i>Feu chinois.</i>			
Nitre.	46	46	46
Charbon.	4	5	6
Soufre.	3	3	4
Tournure de fonte	3 grosse.	4 moy.	5 fine.

Le cartouche étant chargé comme il a été décrit ci-dessus, le pot doit lui être ajusté avec la garniture, c'est-à-dire les serpents, les pétards, les étoiles, les pluies de feu, etc. Le pot est un tube de carton, plus large que le corps de la fusée, et d'environ un tiers de sa longueur. Après avoir été étranglé au fond comme la bouche d'une fiole, il est attaché au bout de la fusée au moyen de fil et de colle; ceux-ci sont ensuite couverts de papier. La garniture est introduite dans le bout de la fusée et recouverte par du papier plié en double. Le tout est renfermé dans un tube de carton se terminant en un cône, lequel est fortement collé au pot. On introduit alors la mèche ou étouille dans l'âme de la fusée. La baguette attachée au bout des fusées volantes, pour diriger leur vol, est faite de saule ou de quelque autre bois léger. Ruggieri remplaçait la baguette par des ailes coniques contenant des matières détonnantes, et de cette manière les faisait voler en éclats avant de retomber sur le sol. Voici les dimensions de rigueur à observer dans la confection des fusées volantes; âme de la fusée, diamètre au fond, $\frac{1}{2}$ de celui de la fusée; à l'ouverture, $\frac{2}{3}$ à $\frac{1}{2}$ de cette même dimension. La baguette ou queue de la fusée a une longueur 18 à 20 fois plus grande, et doit aller en diminuant, de manière à ce que le bout effilé soit de moitié moins fort que le gros bout; elle doit être telle, qu'en plaçant la fusée sur le doigt à quelques centim. en avant de la mèche, l'extrémité libre de la baguette emporte la fusée.

Lorsqu'on supprime la baguette et qu'on met des ai-

ARTIFICE.

les à la fusée, on la dirige dans un canal triangulaire ou rectangulaire, selon le nombre d'ailes.

Les garnitures des fusées volantes sont les suivantes :

Les *étoiles* sont de petits solides, cubiques ou ronds, faits avec une des compositions suivantes et trempés dans de l'esprit-de-vin; *étoiles blanches*: nitre 46 parties, soufre 8 p., poudre à canon 3 p.; *étoiles blanches plus vives* que les précédentes: 46 parties de nitre, 7 p. de soufre et 4 p. de poudre à canon; *étoiles pour pluies d'or*: nitre 46 parties, soufre 40 p., charbon $\frac{1}{2}$ p., poudre à canon 46 p., noir de fumée 2 p.; *étoiles plus jaunes* que les précédentes: nitre 46 p., soufre 8 p., charbon 2 p., noir de fumée 2 p., poudre à canon 8 p.

Dragon ou courantin. Lorsqu'il s'agit de communiquer le feu à l'artifice, d'un endroit éloigné, on emploie le dragon: c'est une fusée simple chargée de la composition des feux communs, accolée à un cartouche vide et débouché par les deux bouts; on enfle une ficelle dans ce cartouche vide, ou mieux, un fil de fer ou de laiton tendu de l'endroit d'où l'on veut faire partir le dragon à l'endroit où se trouve l'artifice; la mèche de la fusée étant tournée vers celui qui met le feu. Le dragon va porter le feu, et si l'on veut, on place une fusée en sens contraire qui le ramène ou va le porter à un autre artifice, suivant la direction donnée au support. Lors des fêtes qui eurent lieu à l'occasion du sacre de l'empereur, le dragon partit de l'amphithéâtre établi sur la place de la Grève, traversa la Seine à l'endroit où se trouve actuellement le pont d'Arcole, et alla porter le feu dans la Cité, sur la représentation du mont Saint-Bernard.

Les *serpenteaux* sont de petites fusées faites avec une ou deux cartes à jouer, leur calibre est au-dessous de 4 centim. $\frac{1}{4}$. Les *lardons* sont un peu plus grands et sont formés de trois cartes; les *vétilles* sont plus petites. Leur composition est: nitre 46 p., charbon grossièrement concassé 2 p., poudre à canon 4 p., soufre 4 p., limaille fine d'acier 6 p.

Les *pétards* sont des cartouches remplis de poudre ordinaire et étranglés. Les *saxons* sont des cartouches enduits d'argile à chaque bout, chargés avec la composition n° 2 des roues tournantes, et perforés d'un ou deux trous à l'extrémité du même diamètre.

Le *marron* est une boîte carrée ou ronde, de carton ou de parchemin, remplie de poudre à canon en grains et liée tout autour avec du fil retors.

Chandelles romaines. Ce sont des fusées qui jettent successivement de très brillantes étoiles. Avec la composition (comme ci-dessus) imbibée d'alcool et d'eau légèrement gommée, on fait de petites plaques cylindriques, percées d'un trou dans leur centre. Ces corps, lorsqu'ils sont allumés et projetés dans l'air, forment des étoiles. On met premièrement dans le cartouche une charge de poudre à canon fine, proportionnée aux dimensions de l'étoile; au-dessus de cette charge on place une étoile; ensuite une charge de composition pour les chandelles romaines, et ainsi de suite jusqu'à ce que le cartouche soit rempli. Les *étoiles*, lorsqu'elles ont moins de 2 centim. de diamètre, consistent en 46 parties de nitre, 7 p. de soufre, 5 p. de poudre à canon; lorsqu'elles sont plus grandes, 46 p. de nitre, 8 p. de soufre et 8 p. de poudre à canon. La composition des *chandelles romaines* est de: nitre 46 p., charbon 6 p.; soufre 3 p.; et lorsqu'elles ont au-dessus de 2 centim. de diamètre: nitre 46 p., charbon 8 p., soufre 6 p.

On nomme *pot à feu* une fusée immobile qui en renferme un grand nombre de plus petites destinées à être lancées en l'air. Pour la faire on prend un large cartouche au fond duquel on met de la poudre que l'on recouvre d'un rond de carton que l'on perce au centre, pour recevoir une fusée plus petite qui communique le feu. La partie vide située entre la paroi interne du gros cartouche et la partie externe du petit est remplie de

serpenteaux. On recouvre le tout d'un fort papier, percé pour laisser passer la fusée centrale.

Les *girandoles* ou *bouquets*, sont ces belles pièces qui terminent ordinairement un feu d'artifice et dans lesquelles une multitude de jets semblent embraser le ciel dans chaque direction, et tomber ensuite en pluie d'or. Cet effet se produit en distribuant un certain nombre de pots à feu au sommet des échafaudages; chacun de ces pots contient 140 fusées volantes et communique avec les autres par des mèches ou étoupilles convenablement disposées; de cette manière ils prennent tous feu simultanément et produisent une sorte d'éruption volcanique.

Les *feux d'artifice sur l'eau* sont préparés de la même manière que les précédents, à cette différence seule qu'on les ajuste sur des pièces de bois qui puissent flotter sur l'eau.

Le *feu bleu pour lances* se compose de 46 parties de nitre, 8 p. d'antimoine et $\frac{1}{4}$ p. de limaille très fine de zinc. La pâte chinoise pour les étoiles de chandelles romaines, bombes, etc., se compose de : soufre 46 p., nitre $\frac{1}{4}$ p., poudre à canon pulvérisée 42 p., camphre 4 p., huile de graine de lin $\frac{1}{4}$ p., et un peu d'alcool.

Le *feu grégeois de Ruggieri le fils* se fait avec : nitre $\frac{1}{4}$ p., soufre 2 p., naphte 4 p.

La composition du *feu rouge* se fait en mélangeant 40 parties de nitrate de strontiane, 13 p. de soufre en fleurs, 5 p. de chlorate de potasse, et $\frac{1}{4}$ p. de sulfure d'antimoine. Les *feux blancs* sont produits par un mélange de 48 parties de nitre, $13\frac{1}{4}$ p. de soufre; $7\frac{1}{4}$ p. de sulfure d'antimoine; ou, $2\frac{1}{4}$ p. de nitre, 7 p. de soufre et 2 p. de réalgar (sulfure rouge d'arsenic); ou, 75 p. de nitre, $2\frac{1}{4}$ p. de soufre et 1 p. de charbon; ou enfin, 100 p. de poudre à canon pulvérisée et 25 p. de tournure fine de fonte. La composition du *feu bleu* est de $\frac{1}{4}$ parties de poudre à canon pulvérisée, 2 p. de nitre, 3 p. de soufre et 3 p. de zinc en limaille.

ARTIFICES DE GUERRE. Les artifices proprement dits, c'est-à-dire les appareils dont les effets reposent sur une combustion lente de la poudre résultant de son état pulvérulent (voyez **POUDRE À CANON** l'explication de la vitesse de la combustion), sont employés dans l'art militaire. Les lances à feu, tuyaux de carton remplis de pulvérisé, lançant une flamme vive sont fréquemment employés pour mettre le feu aux bouches à feu dans l'artillerie de terre. L'artifice le plus important sans contredit c'est la fusée de guerre qui a acquis tant de célébrité sous le nom de *fusée à la congrève* et dont nous allons donner la description.

Les fusées de guerre consistent en un cylindre en tôle, renfermant une composition d'artifice, fermé à sa partie antérieure qui est terminée par un cône, la paroi postérieure étant au contraire percée de trous.

C'est en analysant ce qui se passe quand on met le feu à la partie postérieure, qu'on peut déterminer les différentes conditions qu'on doit remplir dans la fabrication des fusées.

Quand la composition prend feu, il se produit un dégagement de gaz qui s'échappent par les orifices avec la vitesse due à la pression qui peut se former à l'intérieur; et la fusée se meut, en vertu de la quantité de mouvement que possède une partie du gaz dans un sens, et de la résistance de l'air qu'elle éprouve dans l'autre sens. Cet effet est très grand pendant les premiers instants du mouvement qui est alors peu rapide; mais à mesure que la vitesse de la fusée augmente, l'effet dû à cette réaction diminue, tandis que la résistance de l'air croît rapidement. Il tendra donc à s'établir une vitesse et une pression constante à l'intérieur de la fusée, car la vitesse d'inflammation sera constante si la composition est homogène et que la surface d'inflammation reste à peu près la même; ce qui arrive sensi-

blement dans les fusées actuelles. L'observation du tir de ces fusées montre d'ailleurs que leur vitesse est sensiblement constante, et que par conséquent on doit tout proportionner au cas de cette tension maximum.

Il est d'abord évident que le cartouche doit être plus résistant que cette pression maximum, sans quoi il crèverait dès le commencement de sa course. Or, la résistance de la tôle, qui est la matière la plus résistante qu'on puisse employer pour la fabrication du cartouche, n'est pas assez grande pour que la petitesse des orifices dépasse une certaine limite. Mais de plus il faut tenir compte d'un résultat remarquable : c'est que si on remplit complètement de composition un cartouche, on n'obtient qu'une portée de quelques mètres et une vitesse très faible.

L'expérience a prouvé qu'on devait pratiquer un vide intérieur dans l'axe du cartouche, qui est de suite rempli par les premiers gaz qui se forment, et qui sert en quelque sorte de régulateur aux diverses pressions qui tendent à s'établir, lesquelles suffisent pour produire une grande vitesse; dans ce cas, on peut admettre qu'il y a régularité d'émission pendant la plus grande partie du mouvement. Cela admis, on peut, connaissant la vitesse d'inflammation de la composition et les dimensions de la fusée, déterminer les pressions produites à chaque instant, en admettant toutefois que cette composition donnerait les mêmes pressions, à densité égale, que la poudre, d'après les expériences de Rumford, et en effet elle ne consiste guère qu'en poudre écrasée. On voit en faisant ce calcul, que les fusées actuelles donnent le maximum de vitesse d'écoulement après $\frac{3}{4}$ de seconde; elle est d'environ 760 mètres, ce qui correspond à une pression inférieure à soixante-dix atmosphères, qui est à peu près celle que peuvent supporter les enveloppes soudées, à la température de 250°.

Quand on veut augmenter la portée des fusées, il faut augmenter leur diamètre; mais alors les résistances croissent très rapidement, et on atteint bientôt la limite au-delà de laquelle on n'obtient plus que des accroissements d'effets peu sensibles. Quant à la longueur, il y a peu d'avantage à dépasser celle qui permet un dégagement de gaz assez considérable pour obtenir la portée convenable, avec des orifices de dimensions telles que la fusée prenne une vitesse déterminée, au-delà de laquelle des accroissements de vitesse, même très petits, exigeraient de grands accroissements de force, à cause de la rapidité avec laquelle augmentent les résistances.

Pour chaque fusée de diamètre donné, il y a ainsi un certain rapport entre les diverses dimensions, qui est le plus convenable, et qu'on doit déterminer par expérience. Quant au choix de la composition à employer, il est évident qu'une composition vive dure moins longtemps, qu'une composition lente donne des gaz qui produisent une tension plus faible; de sorte que le maximum de vitesse se trouvera dans ce dernier cas plus éloigné du point de départ que dans le premier.

On s'est arrêté, par expérience, à une composition intermédiaire. On se servait en 1810 de la composition : 6 p. de nitre, 4 p. de soufre et 3 p. de charbon; on a depuis augmenté la quantité de soufre et diminué celle de charbon, et on s'est rapproché de la composition employée à Berlin, où l'on a fait des fusées avec 9 parties de nitre, 4 p. de soufre et 3 p. de charbon.

Pour diminuer les déviations qui se produisent dans le tir de ces fusées, on adapte à leur extrémité une baguette assez longue, qui établit le centre de gravité du système à la partie postérieure de la fusée, et qui empêche qu'elle ne tombe à terre ou s'incline dès qu'elle commence son mouvement avec une faible vitesse, comme cela arriverait si le centre de gravité était vers la partie antérieure. De plus, la résistance de l'air agissant sur des portions de cette baguette assez élo-

gnés de ce centre de gravité, s'oppose aux déviations latérales que peuvent produire des causes accidentelles. On a placé longtemps la baguette sur le côté, la résistance de l'air se trouvait moindre d'un côté de l'axe de la fusée que de l'autre; il y avait donc cause de déviation; il est vrai qu'elle n'avait guère lieu qu'au bout de la course, parce que les gaz en s'échappant venaient presser le côté de la baguette qui l'était le moins. *Congrès* plaça cette baguette au centre; on aurait pu en placer deux symétriquement.

Les fusées doivent être employées, en campagne, surtout contre la cavalerie, pour porter le désordre dans ses rangs. On les termine quelquefois par un petit obus contenant de la poudre et deux ou trois balles; mais celles-ci sont trop petites pour avoir un grand effet. On les tire dans des tubes assez longs qui donnent un tir qui n'est pas trop inexact, ou simplement en les posant à terre, et alors elles sont très propres pour la guerre des montagnes; mais de l'avis des officiers qui en ont vu l'effet, il ne peut se comparer à celui des boulets, des obus, des boîtes à balles.

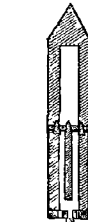
Le véritable emploi des fusées à la guerre est d'incendier, et alors elles peuvent produire de grands effets. On les termine dans ce cas par un cône qui vient se ficher dans l'objet qu'on veut incendier. Celui-ci est creux et rempli de matières incendiaires; sa surface est percée de trous par lesquels le feu se communique à l'objet en contact. Voici une composition d'une matière incendiaire, due à Schumacker, qui a fait un grand nombre d'essais : nitre, 384 parties; soufre, 420 p.; charbon, 5 p.; antimoine, 36 p. Ces matières, mélangées et pulvérisées, sont versées dans une composition de : cire, 64 parties; poix, 8 p.; térébenthine, 32 p. Ce mélange produit des flammes extrêmement vives, très propres à incendier.

L'emploi le plus remarquable de ces fusées est celui qu'on pourra en faire dans une guerre maritime; il est évident qu'alors les plus petits vaisseaux pourront donner un nombre de feux énorme et détruire les plus forts en les incendiant. L'attention publique est puissamment fixée en ce moment sur l'invention du capitaine anglais *Warner*, destinée à détruire les vaisseaux de ligne à de grandes distances; il paraît, dit *M. J. J. J. J.*, qu'il se sert de fusées à la congrève, dont le cône est rempli de fulminate de mercure et donne lieu, en se fichant, à fleur d'eau, dans le flanc du vaisseau, à une explosion terrible, qui détermine une large voie, par suite de laquelle le navire sombre presque immédiatement. Ce qui contribue à rendre les fusées peu redoutables, c'est que leur tir est incertain, inconvénient que l'emploi des tubes a beaucoup diminué, et qu'on diminuera encore en améliorant la méthode de mettre le feu et en perfectionnant leur fabrication. Leur tir, qui n'a lieu que sous un angle très petit, et pour ainsi dire rasant, leur faible densité, qui leur permet de ricocher aisément, doivent les rendre très propres aux combats sur mer, où leur effet est si dangereux. Enfin, il faudrait employer un système de tubes fermés à lumière, qui empêchât les inconvénients résultant de la gerbe de feu dans l'intérieur de la batterie. La supériorité sera alors au bâtiment qui aura les fusées de la plus longue portée, comme aujourd'hui elle appartient au bâtiment qui a les plus gros calibres. Il faudrait donc chercher à augmenter celle-ci. Or, voici celles qu'on obtient avec les fusées anglaises, qui sont les plus célèbres : 54 millimètres de diamètre, portée : 4520 mètres; 62 millimètres, 4890 mètres; 88 millimètres, 4980 mètres. Durée de la combustion : 49".

On voit que l'accroissement n'est nullement proportionnel aux diamètres, et il n'est pas probable qu'on pût obtenir avec les plus grosses fusées qu'on pût fabriquer, une portée de plus de 2,500 à 3,000 mètres. Il est vrai qu'à de pareilles distances le tir serait bien incertain,

mais le but qu'offre un vaisseau en largeur est déjà considérable et la hauteur est toujours bonne. D'ailleurs, les chances augmenteraient beaucoup par le grand nombre de fusées qu'on pourrait tirer, et il pourrait suffire d'un petit nombre qui porteraient pour détruire un bâtiment.

Si la portée ne peut dépasser ces limites, par une augmentation de diamètre, pourrait-on l'obtenir par une augmentation de longueur? Nous avons vu que cela était impossible dans le système actuel de construction des fusées; cet allongement suffirait dans le cas où on pourrait employer les fusées complètement remplies de poudre, en laissant un vide entre l'extrémité de celle-ci et la paroi postérieure, moyen qui paraît avoir réussi dans l'emploi des poudres fulminantes, et les obstacles ici nous paraissent de même nature; mais en tous cas il est un moyen plus certain, c'est de mettre une deuxième fusée à la suite de la première, c'est-à-dire de donner au cylindre de tôle une longueur double, et de le diviser en deux par une paroi placée au milieu. La fusée postérieure ferait d'abord son effet, puis à la limite de sa course, quand le système ne se mouvrait plus que par la vitesse acquise, la deuxième partirait et fournirait une nouvelle course.



466.

ARTILLERIE. L'artillerie est, à proprement parler, l'application de l'industrie à l'art de la guerre. L'établissement et l'emploi des machines de guerre, tels sont le but de la science et de l'art renfermés sous la dénomination d'artillerie. La possibilité de créer ces machines, de les amener à un haut degré de perfection, de les multiplier avec rapidité, n'appartient qu'à un peuple avancé dans la carrière industrielle; c'est surtout à l'aide de l'artillerie que les nations riches et civilisées peuvent se considérer comme certaines de résister aux hordes barbares les plus nombreuses.

On concevra facilement, d'après ce qui précède, pourquoi, dans une publication technologique, nous avons cru devoir comprendre l'artillerie. L'établissement des armes, les règles qu'il faut suivre dans leur fabrication, constituent un problème industriel semblable à tous les autres; car, avec la condition accessoire de l'instantanéité nécessaire de l'action, la poudre à canon, comme la vapeur, n'est employée que pour produire le travail utile, qui ici consiste à lancer un corps avec une vitesse déterminée, suffisante pour renverser les obstacles éloignés.

Depuis les beaux travaux de *M. Piobert*, que nous aurons occasion d'analyser aux articles BUCHES A

ASSEMBLAGES.

FEU, Poudre, etc., le problème de l'artillerie, des explosions, est parfaitement déterminé et mieux résolu peut-être que celui de la machine à vapeur; aussi ces résultats sont-ils d'un intérêt extrême pour toutes les personnes qui étudient les questions de mécanique.

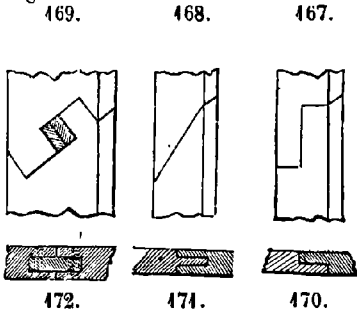
ASBESTE. Voyez AMIANTE.

ASPHALTE. Voyez BITUME.

ASSEMBLAGES. Notre intention n'est pas d'entrer ici dans le détail de tous les modes d'assemblages différents employés dans les arts, et nous nous contenterons d'en exposer les principes généraux. Les assemblages sont ordinairement en bois, en fonte ou en fer, fixes ou mobiles.

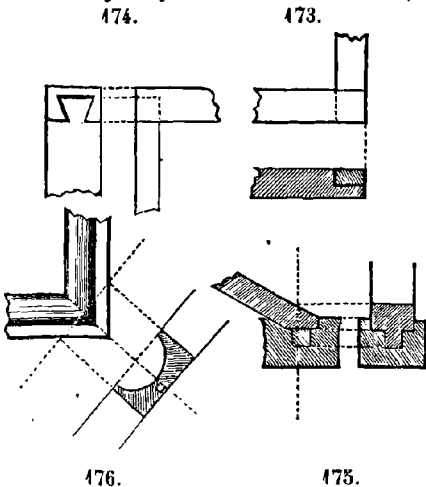
Parmi les assemblages fixes en bois, nous citerons : 1° l'assemblage de bout ou de rallonge; 2° l'assemblage de champ; et 3° l'assemblage angulaire.

L'assemblage de bout, employés surtout en charpente, se fait : à mi-bois (fig. 467), en stûte ou sifflet (fig. 468), ou à traits de Jupiter (fig. 469); dans ce dernier cas, on chasse dans la mortaise, qui forme le milieu de la figure et en sens inverse, deux coins ou clefs en bois pour serrer le joint; cet assemblage est très solide. On emploie généralement des frettes en fer pour consolider ces assemblages.



Les assemblages de champ sont principalement usités en menuiserie, et servent à élargir les pièces pour obtenir, par leur réunion, des pièces qu'on ne saurait avoir d'un seul morceau; on les fait à feuillure mi-bois (fig. 470), à rainure et languette (fig. 474) et à clef (fig. 472); dans ce dernier cas on consolide la clef dans les rainures de chaque pièce au moyen de chevilles.

Les assemblages angulaires sont très nombreux; les

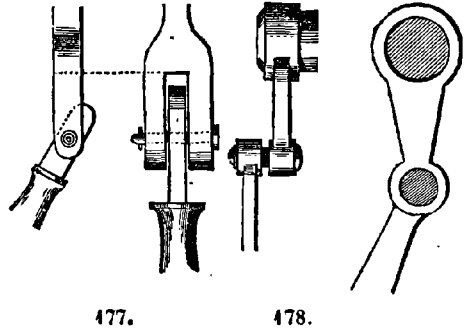


principaux sont : l'assemblage mi-bois (fig. 473), qu'on fixe avec des clous ou des chevilles; l'assemblage à

ASTICOTS.

queus d'aronde ou d'hyronde (fig. 474), fort usité pour la confection des tiroirs; l'assemblage à tenon et mortaise (fig. 475), et l'assemblage à onglet (fig. 476), qui s'emploie pour les pièces décorées de moulures; on coupe alors les deux pièces à réunir en forme d'onglet, et on les assemble à tenon et mortaise.

Les assemblages fixes de pièces métalliques se font partie comme ci-dessus, partie au moyen d'écrous et de boulons à chevilles ou rivés. Nous décrivons les assemblages de bout à enfourchement, à vis et à manchon, au mot SONDAGE; et nous parlerons seulement ici d'un des assemblages mobiles les plus usités dans la construction des machines, l'assemblage articulé. Il sert à lier, par exemple, les bielles aux balanciers, aux tiges de piston et aux manivelles, et se fait de deux manières différentes; tantôt, comme pour l'assemblage d'une bielle, avec une tige de piston (fig. 477), l'une des pièces se termine par une fourchette, dans l'intérieur de laquelle entre un tenon qui termine l'autre pièce, et un boulon



traversant les deux bras de la fourchette et le tenon réunit les deux pièces; tantôt comme pour l'assemblage d'une manivelle et d'une bielle (fig. 478); celle-ci se termine par un anneau monté sur le manche de la manivelle. Voyez MACHINES À VAPEUR.

ASTICOTS. On nomme ainsi les larves qui se développent dans les viandes et qui proviennent des œufs que plusieurs espèces de mouches y déposent. On s'en est servi de tous temps, comme amorce, pour la pêche à la ligne; depuis quelques années seulement on les emploie avec le plus grand succès pour engraisser les volailles. Sous l'influence de cette nourriture, elles acquièrent en peu de temps un embonpoint tout à fait surprenant. Quelques personnes prétendent que la graisse et la chair des volailles, nourries de cette manière, contractent une mauvaise odeur; si cela est vrai, rien n'est plus facile que de la faire disparaître; il suffit pour cela de ne leur donner que du grain pendant les deux ou trois jours qui précèdent leur mise à mort.

Pour les faire naître et les récolter aux environs de Paris, on étale sur le sol, au midi et à l'abri du vent, les chairs, les muscles et particulièrement les intestins provenant de l'écarissage des chevaux, de manière à en former une couche de 0^m,15 à 0^m,20 d'épaisseur, sur laquelle on jette quelques poignées de paille, pour prévenir une dessiccation trop prompte; si la couche était trop épaisse, la fermentation développerait dans la masse une chaleur trop forte qui, jointe à l'ammoniaque qui se dégage, en éloignerait les mouches ou tuerait les larves au fur et à mesure de leur naissance. Bientôt trois espèces de mouches à viande, connues sous les noms de *musca caesar*, *musca carnaria*, *musca vivipara*, s'insinuant à travers les brins de paille, viennent déposer leurs œufs ou leurs petits sur ces matières animales, à la place desquelles on ne trouve plus, au bout de quelques jours,

qu'une masse mouvante composée de myriades de vers, et de quelques détritons de matières animales; on sépare à la main ou avec le râteau les plus gros de ces détritons; on ramasse les asticots avec une pelle de bois; ou les mesure comme du grain, et on les expédie dans des sacs de la capacité d'un à trois hectolitres. Quoique l'odeur que dégagent ces exploitations soit extrêmement infecte et désagréable, ce qui devra toujours faire reléguer à une grande distance de tout lieu habité les emplacements destinés à la production des asticots, il est à remarquer qu'elle n'est aucunement nuisible à la santé, et que tous les ouvriers qui vivent journellement au milieu de ces odeurs n'en sont nullement incommodés.

ATOMES, POIDS ATOMIQUES. L'expérience a démontré que : 1^o Lorsque deux corps sont susceptibles de former ensemble différents composés, cela a toujours lieu de telle sorte que, pour une même quantité de l'un des corps, les diverses quantités de l'autre corps sont en rapport simple; ainsi, 345,9 de manganèse se combinent avec 400, 450, 200, 300 et 350 parties en poids d'oxygène pour former 3 oxydes et 2 acides; c'est là la loi des proportions multiples.

2^o Dans les sels neutres, le rapport de la quantité d'oxygène contenue dans l'acide à celle contenue dans la base est constant; ainsi, dans les nitrates, il est de 5 : 4; dans les sulfates de 3 : 4; dans les phosphates de 5 : 3; etc... Il y a cependant quelques exceptions où l'on trouve un rapport multiple; ainsi, on trouve des phosphates dans lesquels le rapport ci-dessus est : 5 : 2, ou : 5 : 4; cela tient dans ce cas à une modification de l'acide, qui, quoique lui ayant conservé la même composition, a changé ses propriétés, de sorte qu'on peut le considérer comme un nouvel acide.

3^o Si en partant de la base salifiable ou du protoxyde pour les oxydes, et de la composition des acides pour ceux-ci, on détermine les équivalents des différents corps simples, c'est-à-dire les quantités de ces corps en poids qui s'unissent à 400 d'oxygène pour former des composés bien définis; on trouve ultérieurement que les composés binaires ou multiples, formés par ces différents corps entre eux, s'obtiennent par la réunion d'un certain nombre d'équivalents en rapport simple des composants; cette loi porte le nom de loi des proportions définies. On peut s'en servir pour déterminer les équivalents de nouveaux corps; ainsi l'eau se compose de 88,9 en poids d'oxygène, et de 11,4 d'hydrogène, d'où l'on tire pour équivalent de l'hydrogène $11,4 \times \frac{400}{88,9} = 12,48$; l'acide hydrochlorique se compose de 2,74 d'hydrogène, et de 97,26 de chlore, d'où l'on tirera, pour l'équivalent du chlore, $97,26 \times \frac{2,74}{12,48} = 442,6$. Quelque soit du reste le composé dont l'on se sert pour déterminer l'équivalent d'un corps, si on arrive pour le même corps à des résultats différents, les équivalents obtenus seront multiples ou sous-multiples les uns des autres.

4^o Lorsque les corps qui se combinent sont gazeux, les volumes des combinaisons sont en rapport simple, et s'il y a contraction, elle a ordinairement lieu dans un rapport simple avec les volumes des gaz composants; ainsi 1 vol. d'oxygène et 2 vol. d'hydrogène en se combinant donnent 2 vol. de vapeur d'eau; 2 volumes d'hydrogène et 2 volumes de chlore se combinent sans condensation et donnent 4 volumes d'acide hydrochlorique, etc.

Si maintenant nous supposons que les molécules constituantes ou atomes des corps simples réduits à l'état gazeux occupent le même volume, ces atomes se combineront entre eux en proportions simples et seront représentés soit par les équivalents eux-mêmes, soit par des multiples ou sous-multiples de ces équivalents; ainsi

le poids atomique de l'hydrogène sera la moitié de son équivalent ou 6,24, etc. Les atomes des corps simples étant une fois déterminés, l'analyse de leurs composés permettra facilement d'en déduire le poids de leurs atomes; comme tous les corps ne sont pas susceptibles de se réduire à l'état gazeux, on s'est servi des deux lois suivantes pour déterminer dans la plupart des cas où il y avait doute, celui des multiples de l'équivalent que l'on devait admettre pour le poids atomique.

1^o **Loi de l'isomorphisme.** Tous les corps qui ont une composition atomique analogue affectent la même forme cristalline; ainsi, par exemple, les sels d'alumine et d'oxyde de chrome étant isomorphes avec ceux de peroxyde de fer, et ce dernier ayant pour formule Fe^2O^3 , on adoptera pour représenter l'alumine et l'oxyde de chrome les formules Al^2O^3 , Cr^2O^3 , ce qui d'après la connaissance de leur composition permettra de déterminer les poids des atomes d'aluminium et de chrome.

2^o **Loi des chaleurs spécifiques.** Dulong et Petit ont reconnu que le produit du poids atomique d'un corps simple par sa capacité pour la chaleur, était constant, de sorte que la chaleur spécifique des atomes des corps simples est la même. Ainsi on est conduit d'après cette loi à prendre pour atome de l'argent 675,5 au lieu de 1351 que l'on admettait généralement, et alors à représenter l'oxyde d'argent par Ag^2O au lieu de AgO . Cette loi a été vérifiée dernièrement par M. Regnault qui a en outre découvert qu'elle était vraie pour les corps composés renfermant le même élément électro-négatif ou le même acide, et pouvait dans ce cas s'énoncer ainsi : le produit des poids atomiques de corps composés renfermant le même élément électro-négatif, par leurs chaleurs spécifiques, est un nombre constant et différent pour chaque série de composés ayant l'élément électro-négatif différent.

On représente les atomes des corps simples par leurs initiales, et dans une combinaison, on met en exposant le nombre d'atomes de chaque composant; ainsi l'acide nitrique composé de 2 atomes d'azote et de 5 at. d'oxygène sera représenté par la formule Az^2O^5 . Les sels s'indiquent en interposant le signe + entre les atomes de l'acide et de la base; ainsi le nitrate de potasse aura pour formule $Az^2O^5 + KO$. Très souvent on double l'atome d'un corps en le barrant horizontalement, ex : $\bar{A}z$ représente 2 at. d'azote; on marque souvent les atomes d'oxygène par des points que l'on met au-dessus du

corps oxydé : ainsi $\bar{A}z^{\cdot\cdot\cdot}$ représente l'acide nitrique; $\bar{A}z^{\cdot\cdot\cdot}K$ le nitrate de potasse. A cause de l'analogie que présentent les combinaisons du soufre avec celles de l'oxygène, on indique souvent les atomes de soufre par des virgules au lieu de points comme dans le cas précédent; ainsi H^{\cdot} ou $H^{\cdot}S$ est l'hydrogène sulfuré.

Comme dans les arts chimiques, il est très important pour arriver sans tâtonnements à des réactions complètes de connaître les poids atomiques des différents corps, nous jugeons indispensable de donner ici les tables suivantes :

POIDS ATOMIQUES DES CORPS SIMPLES.

Corps simples.	Formules.	Poids des atomes.
Aluminium.	Al	171,467
Antimoine.	Sb	806,452
Argent.	Ag	1351,607
Arsenic.	As	470,042
Azote.	N ou Az	88,548
Baryum.	Ba	856,880
Bismuth.	Bi	4330,376
Bore.	B	135,983
Brôme.	Br	489,150
Cadmium.	Cd	696,767

ATOMES.

ATOMES.

POIDS ATOMIQUES DES CORPS SIMPLES (suite).

Corps simples.	Formules.	Poids des atomes.	Corps simples.	Formules.	Poids des atomes.
Calcium	Ca	256,049	Oxigène	O	400,000
Carbone	C	75,000	Palladium	Pd	714,648
Cérium	Ce	574,748	Phosphore	P	496,455
Chlore	Cl	224,325	Platine	Pt	4215,220
Chrome	Cr	351,849	Plomb	Pb	4294,498
Cobalt	Co	368,994	Potassium	K	489,946
Cuivre	Cu	395,695	Rhodium	R	750,680
Étain	Su	735,294	Sélénium	Se	494,582
Fer	Fe	339,243	Silicium	Si	277,478
Fluor	F	446,900	Sodium	Na	290,897
Glucinium	Be ou G	334,479	Soufre	S	204,165
Hydrogène	H	6,2398	Strontium	Sr	547,285
Iode	I	768,781	Tantale	Ta	4152,745
Iridium	Ir	4233,260	Tellure	Te	806,452
Lithium	L	427,757	Thorium	Th	744,900
Magnésium	Mg	458,353	Titane	Ti	389,092
Manganèse	Mn	345,900	Tungstène	W	4183,496
Mercure	Hg	4265,822	Urane	U	2744,360
Molybdène	Mo	598,525	Vanadium	V	855,840
Nickel	Ni	369,675	Yttrium	Y	404,840
Or	Au	4243,043	Zinc	Zn	403,226
Osmium	Os	4244,240	Zirconium	Zr	420,238

Nous ferons suivre cette table de la suivante, où nous donnons les poids atomiques des principaux composés binaires, à l'aide desquels on pourra former au besoin ceux qui ne se trouveraient pas dans la table.

POIDS ATOMIQUES DES PRINCIPAUX COMPOSÉS BINAIRES.

Noms des composés.	Formules.	Poids atomiques.	Noms des composés.	Formules.	Poids atomiques.
Alumine	Al ² O ³	642,334	Magnésie	Mg O	288,353
Ammoniaque	Az ² H ⁶	244,474	Protoxyde de manganèse.	Mn O	445,900
Oxyde d'antimoine.	Sb ² O ³	4942,904	Deutoxyde de manganèse.	Mn ² O ³	994,800
Acide antimonieux.	Sb ² O ⁴	2042,904	Peroxyde de manganèse.	Mn O ²	545,900
Acide antimonique.	Sb ² O ⁵	2442,904	Acide manganique.	Mn ² O ⁵	4194,800
Oxyde d'argent	Ag O	4454,607	Acide hypermanganique.	Mn ² O ⁷	4394,800
Acide arsénieux	As ² O ³	4240,084	Protoxyde de mercure.	Hg ² O	2634,645
Acide arsénique	As ² O ⁵	4440,084	Deutoxyde de mercure.	Hg O	4365,822
Protoxyde d'azote.	Az ² O	277,036	Acide molybdique.	Mo O ³	898,525
Deutoxyde d'azote.	Az O	488,548	Oxyde de nickel	Ni O	469,675
Baryte	Ba O	956,880	Acide nitreux	Az ² O ³	477,036
Oxyde de bismuth.	Bi ² O ³	2960,732	Acide nitrique	Az ² O ⁵	677,036
Acide borique	B ² O ⁶	874,966	Protoxyde d'or	Au ² O	2586,026
Oxyde de cadmium.	Cd O	796,767	Deutoxyde d'or	Au ² O ³	2786,026
Oxyde de carbone.	CO	475,000	Acide oxalique	C ² O ³	450,000
Acide carbonique	CO ²	275,000	Acide phosphorique	P ² O ⁵	892,340
Oxydule de cérium.	Ce O	674,748	Oxyde de platine	Pt O ³	4445,220
Oxyde de cérium	Ce ² O ³	4449,436	Protoxyde de plomb	Pb O	4394,498
Chaux	Ca O	356,049	Litharge	Pb ² O ³	2888,996
Acide chlorique	Cl ² O ⁶	942,650	Peroxyde de plomb (oxyde		
Acide perchlorique.	Cl ² O ⁷	4442,650	puce)	Pb O ²	4494,498
Oxyde de chrome	Cr ² O ³	4003,638	Potasse	K O	589,916
Acide chromique	Cr O ³	654,849	Peroxyde de potassium	K O ²	789,946
Oxyde de cobalt	Co O	468,994	Oxyde de rhodium	R ² O ³	4804,360
Peroxyde de cobalt.	Co ² O ³	4037,982	Acide sélénieux	Se O ³	694,582
Oxydule de cuivre	Cu ² O	804,390	Acide silicique	Si O ²	577,478
Oxyde de cuivre	Cu O	495,695	Soude	Na O	390,897
Cyanogène	Az ² C ² ou Cy ²	327,036	Peroxyde de sodium	Na ² O ³	884,794
Eau	H ² O	442,479	Strontiane	Sr O	647,285
Oxyde d'étain	Sn O	835,294	Acide hyposulfureux	S O	304,465
Acide stannique	Sn O ²	935,294	Acide sulfureux	S O ²	404,465
Protoxyde de fer	Fe O	439,243	Acide hyposulfurique	S ² O ³	902,330
Peroxyde de fer	Fe ² O ³	978,426	Acide sulfurique	S O ³	504,465
Glucine	Be ² O ³	962,958	Acide tantanique	Ta ² O ³	2607,430
Acide hydrochlorique.	H ² Cl ²	455,429	Acide tellureux	Te O ²	4006,452
Acide hydrocyanique.	H ² Az ² C ²	339,545	Thorine	Th ² O	4589,800
Acide hydrosulfurique.	H ² S	213,644	Acide titanique	Ti O ²	589,092
Acide iodique	I ² O ⁵	2037,562	Acide tungstique	W O ³	4483,200
Lithine	Li O	227,737	Oxydule d'urane	U O	804,390

AUNAGE.

AUTOMATE.

POIDS ATOMIQUES DES PRINCIPAUX COMPOSÉS
BINAIRES (suite).

Noms des composés.	Formules.	Poids atomiques
Oxyde jaune d'urane.	U ² O ³	5722,720
Acide vanadique.	V O ³	4155,840
Ytria.	Y O	504,840
Oxyde de zinc.	Zn O	503,226
Zircone.	Zr ² O ³	4140,476
Sulfate de potasse.	So ² Ko	4094,084
Sulf. de protox. de fer.	SO ³ Fe O ou S Fe	940,378
Sulf. de perox. de fer.	3S O ³ + Fe ² O ³	2481,906
Protochlorure de fer.	Fe Cl ²	781,863
Perchlorure de fer.	Fe ² Cl ⁶	2006,376
Protochlorure de mercure (calomel).	Hg ² Cl ²	2974,295
Perchlorure de mercure (sublimé corrosif).	Hg Cl ²	4708,472
Bleu de Prusse.	2Az ² C ² K + Az ² C ² Fe	2308,778
Alun.	S K + S Al + 24 H	5936,406
Feldspath.	Si K + Si Al	3542,162

Nous terminerons en disant en quoi consiste la notation minéralogique, qui est aussi très souvent employée, à cause de sa simplicité, et qui diffère de la précédente : en ce que l'on n'exprime pas les quantités d'oxygène contenues dans les oxydes et acides, et qu'on se contente seulement d'indiquer, par des exposants, leurs rapports dans chacun des éléments binaires qui se combinent ensemble pour former des sels simples ou multiples; ainsi, par exemple, l'alun dont la formule chimique est $S K + S Al + 24 H$, a pour formule minéralogique $KS^{2+}3AS^{3+}24Aq$, et celle du feldspath, est $KS^{2+}3AlSi^{3+}$.

P. DEBETTE.

AUNAGE. Ce mot désigne, à proprement parler, le mesurage des étoffes par aune (ancienne mesure), mais on l'emploie généralement pour déterminer l'opération du mesurage au mètre, qui est la mesure légale aujourd'hui.

Au résumé l'aunage consiste à mesurer au mètre courant ou mètre de cours qui se prend sur la longueur de l'étoffe, sans considérer sa largeur. Dans tout le commerce, l'usage est encore d'auner à la main; ce qui produit fort souvent des erreurs de compte qui donnent lieu à des réclamations. Toutefois l'appareil à auner nouvellement inventé par M. Prosper Monnier de Wessering, et construit par MM. Japy, frères, de Baucourt, semble remédier à certains inconvénients connus, principalement aux différences de mesure, provenant de tout défaut dans la tension irrégulière de l'étoffe. A l'aide de cet appareil fort simple, facile à construire et à manier et d'un prix d'achat peu élevé, on peut mesurer et plier tout à la fois l'étoffe, et les n^{os} du compteur indiquent le nombre des mètres qu'elle renferme. (Voir **PLIAGE**).

AUTOGRAFIE. Voy. LITHOGRAPHIE.

AUTOMATE (*angl.* automaton, *all.* automata). Dans le sens étymologique, ce mot (travaillant lui-même) sert à désigner toute construction mécanique qui, au moyen d'une force intérieure cachée et invisible à l'extérieur, est susceptible d'exécuter, pendant un temps limité, certains mouvements ayant plus ou moins de ressemblance avec ceux des êtres animés, sans l'aide d'une impulsion externe. Sous ce rapport, les horloges, montres, planétaires et tourne-broches, de même qu'un nombre immense de machines actuellement employées dans nos manufactures sont de véritables automates.

Mais la dénomination d'*automate* est, dans le langage vulgaire, particulièrement appliquée à une classe de machines dans lesquelles une puissance et un méca-

nisme caché, ont pour but d'imiter les mouvements volontaires des créatures vivantes.

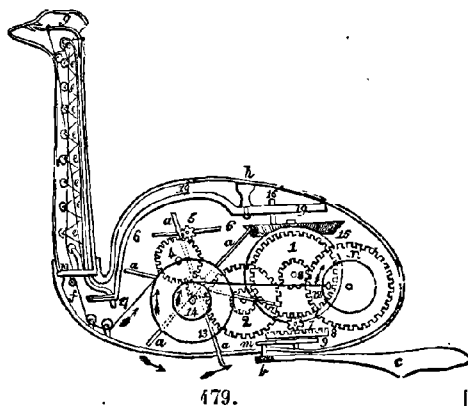
Quoique, comme nous venons de le dire, on ne puisse pas à proprement parler ranger les horloges dans la classe des automates, on est néanmoins en droit de conclure que c'est l'horlogerie, au fur et à mesure de son perfectionnement progressif et de son extension, qui a donné naissance à la construction des automates. La plupart de ceux-ci, dans leur structure intérieure, aussi bien que dans le mode d'appliquer le pouvoir moteur, ont une analogie frappante avec les horloges, et se montent presque toujours de la même manière que les montres. Vers la fin du XIII^{ème} siècle, plusieurs horloges, et entre autres celles de Strasbourg, de Lubeck, de Prague et d'Olmutz, faisaient déjà mouvoir des mécanismes remarquables. On peut aisément en juger par le plus célèbre de tous, celui de la cathédrale de Strasbourg, que M. Schwilgué a restauré dernièrement. L'enquête historique la plus soignée prouve que l'invention des automates proprement dits, n'est certainement pas antérieure à celle des horloges à engrenages, et que les combinaisons les plus parfaites en ce genre sont postérieures à l'introduction générale des ressorts de pendules. Plusieurs relations d'anciens automates, tels que la colombe volante d'Archytas de Tarente, les mouches en fer de Regiomontanus, et l'aigle qui vola devant l'empereur Maximilien, dans Nuremberg, en l'année 1470, sont des déceptions ou des récits exagérés : car l'exécution de pareils chefs-d'œuvre d'art serait encore de nos jours, malgré les progrès immenses qu'ont faits depuis ce temps les arts mécaniques, le plus difficile des problèmes.

Deux automates du célèbre mécanicien français *Vaucanson* excitèrent au plus haut point l'admiration publique dans le courant du siècle dernier : le premier qui fut terminé en 1738, était un joueur de flûte, de 4^m,67 de hauteur, y compris son piédestal, qui jouait plusieurs airs sur sa flûte, phénomène qui n'était pas produit par une boîte à musique placée dans l'intérieur de l'automate, mais bien par l'insufflation dans la flûte, modifiée par la langue et un mouvement convenable des doigts sur les trous et les clefs de l'instrument. L'autre automate était un canard, qui imitait plusieurs des mouvements de cet oiseau, de la manière la plus extraordinaire. Cet artiste a eu plusieurs imitateurs, parmi lesquels les frères Droz de Chaux de Fonds, furent les plus distingués. Plusieurs de leurs automates sont justement célèbres. L'un d'eux représente un dessinateur; un autre joue du piano; et un troisième est un écrivain. Frédéric de Knauss a également exposé à Vienne, en l'année 1760, un automate écrivain; il est maintenant dans le cabinet des modèles de l'Institut polytechnique de cette ville. Il consiste en un globe de 0^m,64 de diamètre, contenant le mécanisme, sur lequel repose une figure de 0^m,18 de hauteur, qui écrit sur une feuille de papier fixée sur un pupitre, placé d'avance sur un cylindre régulateur. Au bout de chaque ligne, la figure relève sa main, et la meut obliquement de manière à recommencer une nouvelle ligne.

Aucun automate compliqué n'a été fait depuis quelques années, parce que ces machines sont très coûteuses, et qu'ayant bientôt satisfait la curiosité, elles cessent d'intéresser; les mécaniciens habiles trouvent eux-mêmes beaucoup plus d'avantages à consacrer leur temps à la confection des machines de nos manufactures modernes. Nous pouvons noter ici, cependant, l'automate trompette de Mœlzl, à Vienne, et un automate semblable de Kauffmann, à Dresde. Dans la Suisse française, plusieurs artistes continuent à faire de petits automates qui n'excitent que peu d'étonnement; tels sont les écrivains qui chantent avec des mouvements variés et naturels, ou de petits oiseaux, ayant quelquefois à peine 2 centimètres de longueur, qu'on place dans des taba-

tières et montres d'or émaillées. Certaines figures artificielles qui ont été nommées automates, méritent à peine ce nom, puisque le charlatanisme a plus ou moins de part à leur opération. On peut ranger dans cette classe un grand nombre de figures qui parlent en apparence par mécanisme; les horloges qui commencent à sonner ou à jouer, quand une personne fait un signe en levant le doigt, etc. Il en est de même du joueur d'échecs de Kempelen, qui a tant excité la curiosité dans le dernier siècle, et qui devait agir au moyen de personnages cachés. Les ingénieuses figures des Tendler père et fils, construites à Eisenz (Styrie), qui imitaient un cavalier anglais et des danseurs de corde, n'étaient probablement aussi pas plus de vrais automates, que les *fantoccini*, sorte de poupées d'une grande perfection que l'on voit dans beaucoup de villes d'Italie, et particulièrement à Rome.

Le pouvoir moteur de presque tous les automates est un ressort en acier, à cause de la force qu'il possède sous un très faible volume et de la facilité que présente son emploi. On se sert rarement de poids, et seulement d'une manière partielle; l'emploi d'autres puissances motrices est plus limité. Quelquefois, du sable fin tombe sur la circonférence d'une roue par laquelle le reste du mécanisme est mis en mouvement. On a employé l'eau dans le même but; et quand elle tombe dans une chambre remplie d'air, elle peut déterminer un courant d'air suffisant pour produire dans des tuyaux convenables une série de sons musicaux; il vaut mieux dans ce cas employer des lames métalliques vibrantes. Dans des cas particuliers, on a fait usage du vif-argent, comme, par exemple, dans les magots chinois. On construit fréquemment, pour joujoux, de petites figures qui se meuvent au moyen d'un système d'engrenages à peine visibles. Cette industrie est surtout très répandue dans la Forêt-Noire et aux environs de Nuremberg (Bavière), où elle fait l'objet d'un grand commerce. On voit (fig. 179) le mécanisme de l'un de ces automates, qui



pourra donner une idée suffisante de tous les autres; cet automate est un cygne susceptible d'effectuer des mouvements variés. Pour plus de clarté dans l'explication du mécanisme, nous la diviserons en deux parties bien distinctes; la première relative au mouvement de natation du cygne; la seconde qui lui permet de plier son cou de temps à autre, au point de pouvoir plonger le bec et une partie de la tête sous l'eau, et en outre, de dandiner lentement, de côté et d'autre, son cou et sa tête.

Le barillet du ressort extérieur a une roue à rochet ordinaire, porte une roue d'engrenage 1 qui engrène avec le pignon de la roue 2; celle-ci engrène à son tour dans un pignon, représenté sur la figure en lignes

punctuées, aux extrémités de l'axe duquel sont fixées deux roues à palettes a, a, ...; ces palettes passent à travers des fentes pratiquées à la partie inférieure du cygne et plongent d'une petite quantité dans l'eau, de telle sorte qu'en tournant dans le sens indiqué par les flèches, elles font avancer le canard; les chambres dans lesquelles ces roues tournent sont séparées par des cloisons imperméables à l'eau du reste du mécanisme, afin d'en prévenir la destruction par l'action de l'humidité. Le pignon dont nous venons de parler, engrène en outre avec la roue 4 qui engrène elle-même avec le pignon 5 dont l'axe porte un volant 6, qui sert à régulariser le mouvement; un arrêt mobile qui n'est pas représenté sur le dessin vient s'engager entre les bras du volant et permet d'arrêter la machine et de la mettre en marche à volonté; il va sans dire qu'il faut dans ce dernier cas que le ressort soit préalablement tendu, ce qui se fait au moyen d'une clef comme dans les montres ordinaires. Par le mécanisme que nous venons de décrire on n'obtient encore qu'un mouvement rectiligne; on produit un changement de direction au moyen du levier horizontal m, maintenu dans sa position par un ressort et tournant autour d'un axe vertical, qui porte une barre transversale b, aux extrémités de laquelle sont fixées deux pattes palmées c, c; la roue 4 engrène avec le pignon 7 et celui-ci fait mouvoir la roue de côté 8, dont l'axe porte un excentrique 9 qui, agissant sur l'extrémité du levier m, fait incessamment varier l'inclinaison des pattes c, c, qui servent de gouvernail. On conçoit aisément qu'on puisse produire à volonté tel mouvement que l'on voudra, en faisant varier convenablement la forme de l'excentrique; il serait plus commode de remplacer le levier par une manivelle liée à une bielle formant le prolongement d'un châssis qui embrasserait l'excentrique.

Le cou est la partie qui réclame l'exécution la plus soignée; il doit être flexible et consiste en un tube spiral de fil de fer, recouvert de cuir très mince, ou mieux de la peau même du cou d'un cygne, préparée et ayant conservé ses plumes. La plaque 40 qui sert de base au cou est mobile autour d'un axe horizontal parallèle au plan de la figure; elle porte un ressort d'acier maintenu à sa partie inférieure par la fourchette 47, et traversant tout le cou; ce ressort est très délié, et doit être seulement assez fort pour redresser sur-le-champ le cou et même le rejeter un peu en arrière; sa roideur doit varier dans toute sa longueur de manière à correspondre à la courbure naturelle du cou de l'oiseau. A sa partie supérieure est fixée une corde à boyau f, qui passe sur une série de petits rouleaux en acier ou en cuivre supportés sur les châssis e, e, ..., fixés sur le ressort même, et qui vient enfin s'enrouler sur la gorge d'une poulie 43; l'axe de cette poulie en porte une seconde 44, sur laquelle s'enroule une chaîne légère, fixée par son autre extrémité en un point proche de la circonférence du tambour 42 monté sur l'arbre d'une roue dentée 41, qui engrène avec le pignon s de la roue 1. Celle-ci en tournant fait mouvoir les roues dont nous venons de parler dans le sens indiqué par les flèches, tend la corde f et fait plier le cou du cygne jusqu'à ce qu'il ait le bec dans l'eau; mais aussitôt après que le tambour 44 a fait une demi-révolution à partir de la position indiquée dans la figure, le ressort du cou commence à agir et le relève peu à peu, en ramenant en même temps les poulies 43 et 44 dans leur position primitive.

La tête, de son côté, est liée au moyen de charnières très mobiles à la partie supérieure du cou, un petit ressort en acier fixé au cou est lié par son extrémité à la plaque 40, par le moyen d'une corde à boyau; cette corde est tendue dans la position naturelle, mais elle devient de plus en plus lâche au fur et à mesure que le cou se ploie, de sorte que le ressort g agit alors sur la

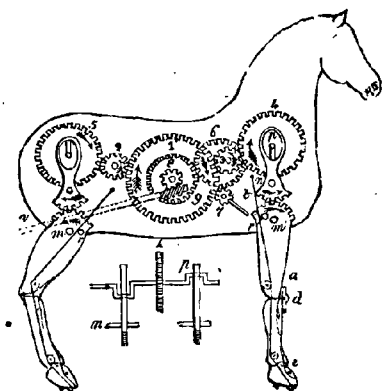
AUTOMATE.

tête et la courbe de manière à ce que le bec puisse entrer dans l'eau.

Enfin une roue d'angle montée sur l'arbre de la roue 4 engreène avec la roue d'angle à axe vertical 15; celle-ci porte excentriquement une tige 16, qui se meut dans une ouverture rectangulaire ou ovale, pratiquée dans l'un des bras d'un levier 19, mobile autour du support *h* et dont l'autre extrémité se termine par la fourchette 17 dont nous avons déjà parlé; de sorte que la rotation de la roue 4 communiquera au levier 19, et par suite au ressort du cou et au cou de l'oiseau même, un mouvement latéral oscillatoire. Nous ferons remarquer en terminant que la fig. 479 est à peu près à l'échelle $\frac{1}{2}$, et que le corps du cygne doit être formé en tôle mince de laiton ou de cuivre.

Les fig. 480, 481 et 482 indiquent le mécanisme

180.



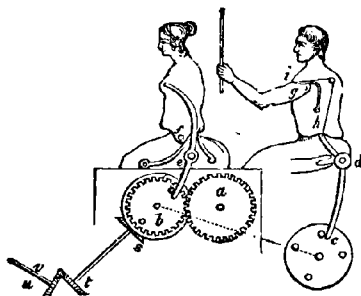
481.

d'un autre automate; c'est un cheval qui traîne une voiture, dans laquelle sont deux personnes, et dont les roues ne sont aucunement liées au mécanisme moteur. Une roue centrale 4 fait tourner, par l'intermédiaire des pignons 2 et 3, les roues 4 et 5 dont les axes font mouvoir les pieds de l'animal. L'axe de la roue 4 est coulé en sens diamétralement inverses (fig. 481), au-dessus des pieds de devant, et chacun de ces coudes tourne dans une ouverture ovale *p* pratiquée dans l'extrémité d'un levier, mobile autour de l'axe *n*, lequel, par suite du mécanisme ci-dessus, reçoit un mouvement alternatif de rotation, qu'il communique à la cuisse *a*, mobile autour de l'axe *m*, par le moyen d'un simple engrenage indiqué sur la figure. La jambe et le sabot sont liés à la cuisse et entre elles, par des charnières *d* et *e*; enfin une chaîne *t*, guidée par des rouleaux placés au bas de la cuisse et de la jambe, est fixée d'une part à l'extrémité du sabot, et de l'autre à un point fixe situé dans l'intérieur du corps. La tension de cette chaîne est réglée par un rouleau de pression *r*, fixé non loin du centre de rotation *m*, et détermine en temps et lieu la flexion des articulations de la jambe et du sabot. Une roue dentée, montée sur l'axe de la roue 4, et engrenant avec la roue 6, qui, à son tour, engreène avec le pignon d'un volant 7, sert à régulariser le mouvement. Il reste encore assez de place dans l'intérieur du cheval pour y mettre, si l'on veut, le mécanisme nécessaire pour imprimer certains mouvements à la tête et aux oreilles.

a (fig. 482) est une roue dentée, montée sur le barillet d'un ressort en acier, qui engreène avec la roue dentée *b*; celle-ci porte une espèce de lanterne dont les fuseaux venant successivement frapper l'une des extrémités d'un levier coudé mobile autour du point *e*, font incliner en avant la partie supérieure du corps de la

AUTOMATIQUE.

femme, mobile autour d'un axe *f*, et la font ainsi sa-luer. Une seconde lanterne *c*, montée également sur



482.

l'arbre de la roue *b*, et qu'on en a séparée dans la figure, ainsi que l'homme, qui, dans sa position naturelle, est assis sur le même banc que la femme, agit d'une manière intermittente par les fuseaux qu'elle porte sur un levier coudé, mobile autour d'un axe *d*, à l'autre extrémité duquel une ficelle passant sur une poulie de renvoi placée près du dos et attachée à la naissance du bras en *i*, le soulève en le faisant tourner autour du point fixe *g*. Un ressort indiqué sur la figure sert à ramener le bras dans sa position primitive et à empêcher qu'il ne retombe brusquement.

On peut faire marcher le mécanisme du cheval au moyen d'un ressort particulier, ou bien au moyen de celui de la voiture, lequel dans ce cas doit être très fort, ou se composer de plusieurs ressorts plus petits juxtaposés dans le même barillet; dans ce dernier cas, on communique le mouvement de rotation de la roue *b*, à l'axe *v*, au moyen des deux engrenages coniques *s*, *tu* (fig. 480 et 482), et cet axe à son tour se termine par une vis sans fin 9 qui, engrenant avec la roue 8 montée sur l'arbre de la roue 4, fait mouvoir tout le mécanisme.

AUTOMATIQUE. Terme employé par le docteur Ure, et adopté en Angleterre pour désigner tout système de manufactures dans lequel les produits sont fabriqués au moyen de machines agissant d'elles-mêmes, et où le rôle de l'homme se borne à une surveillance destinée à éviter les cas d'interruption du travail. C'est surtout dans les filatures de coton, de lin, etc., qu'il faut étudier l'admirable ensemble de fonctions qu'accomplissent des milliers d'organes mécaniques, mis en mouvement par une machine à vapeur ou une roue hydraulique.

L'invention de machines diverses appliquées à une industrie n'est réellement complète, que lorsqu'elle est parvenue à résoudre tous les problèmes relatifs à la création d'un même produit, et à faire se succéder toutes les opérations, de telle sorte que le travail s'accomplisse entièrement sans l'intervention manuelle de l'homme. C'est là le problème que l'industrie moderne tend chaque jour à résoudre, dans toutes les directions.

Il est un certain nombre d'opérations industrielles auxquelles le système automatique paraissait difficilement applicable, ce sont celles qui ont rapport à la fabrication de produits discontinus par leur nature même. La fabrication des cartes, par exemple, se compose du placement dans les trous percés dans un cuir, d'une infinité de petits bouts de fil de fer recourbés convenablement, et il paraît bien difficile d'effectuer mécaniquement ces opérations. On est pourtant parvenu à résoudre ce problème d'une manière complète et à opérer le travail par un procédé automatique.

Cette machine et celles qui sont inventées chaque jour pour effectuer des opérations qui, par leur nature paraissent devoir être rebelles à la continuité de l'opé-

ration, peuvent être conçues, quant à leur ensemble, de ce point de vue :

Un mouvement de rotation continu étant imprimé à un ou plusieurs axes par une manivelle ou tout autre moyen, des excentriques montées sur ces arbres impriment des mouvements alternatifs à des pièces guidées dans leur course rectiligne ou à des leviers coudés oscillant autour de leur axe, de manière à répéter leurs opérations. Le problème se réduit donc à une simple transformation mécanique de mouvement, et on peut établir comme démontré aujourd'hui par l'expérience des machines à bouter les cardes, à faire les pointes, etc., qu'il est toujours possible de créer par ce procédé entièrement automatique les produits similaires, pourvu toutefois, en général, que la matière puisse être fournie d'une manière continue, ce qui est facile pour le fil de fer, par exemple, dans les machines que nous avons prises pour exemple.

En se plaçant à un point de vue un peu élevé et ne tenant pas compte de la répartition des bénéfices, ce qui est une question d'économie sociale et non de technologie, on ne saurait disconvenir que c'est un admirable progrès que de parvenir presque entièrement à faire accomplir, par les forces naturelles ou mécaniques, les travaux les plus compliqués et les plus délicats ; et on conçoit aisément la part immense que peut avoir l'industrie, dans la puissance des nations, et le bien-être du genre humain, lorsqu'elle proportionne ses résultats non plus à l'effort musculaire des hommes, mais qu'elle réduit leur rôle à surveiller le travail de doigts mécaniques mis en mouvement par un moteur hydraulique ou une machine à vapeur, agissant avec précision et régularité, et dont l'exactitude, pour ainsi dire mathématique, frappe d'étonnement et d'admiration, celui qui, par exemple, visite pour la première fois un grand atelier de filature mécanique.

Cette grande ère qui fait époque dans l'industrie, est principalement due au génie mécanique de *Arkwright*, qui le premier eut la gloire de combiner le système automatique de la filature du coton. Lors de l'introduction de son système en 1770, les manufactures anglaises ne consumaient pas annuellement en coton 2,000,000^k, et l'Europe entière 5,000,000^k; tandis qu'en 1838, cette consommation est montée en Europe à 240,000,000^k, et pour les îles Britanniques seulement, à 135,000,000^k. Dans ces manufactures spacieuses, la puissance de la vapeur fait mouvoir des myriades d'ouvriers mécaniques, à chacun desquels est assignée une tâche régulière, substituant ainsi à de pénibles efforts musculaires l'énergie de ses bras gigantesques, et ne demandant seulement, en retour, qu'un peu d'attention et de dextérité de la part du surveillant pour corriger les petits accidents qui se présentent accidentellement pendant le travail. De magnifiques établissements surpassant par leur nombre, leur valeur, leur utilité et l'habileté de leur construction tous les vains monuments de l'antiquité, élevés dans le court espace d'un demi-siècle, viennent nous montrer jusqu'à quel point, les capitaux, l'industrie et les sciences peuvent augmenter les ressources d'un État, tout en améliorant le bien-être matériel des populations. Tel est le système automatique, si plein de prodiges en mécanique et en économie politique, et qui promet d'être dans son accroissement à venir, l'élément le plus puissant des progrès de la civilisation.

AVANCE DU TIROIR DANS LES LOCOMOTIVES. Cette question a été fort bien traitée dans ces dernières années par M. Clapeyron, dans un mémoire présenté en mai 1842, à l'Académie des sciences et intitulé : *Mémoire sur le règlement des tiroirs dans les machines locomotives et sur l'emploi de la détente*. Laissons parler à ce sujet M. Lamé, le savant rapporteur de la commission nommée pour examiner ce travail.

« On pourrait croire, au premier abord, qu'il s'agit

uniquement ici de cette disposition connue sous le nom d'*avance du tiroir*, et dont les avantages ont été analysés dans diverses publications ; mais, comme on va le voir, le problème pratique que s'est proposé M. Clapeyron, et qu'il a résolu, est plus général et plus important. Pour faire concevoir en quoi consiste ce problème, quelques détails préliminaires sont indispensables.

Dans toute machine à vapeur, une des faces du piston, dans une double oscillation qui correspond à une révolution complète du volant, traverse quatre périodes distinctes dont les durées relatives ont une influence sur le travail transmis. Lors de la première, la face du piston est en communication avec la vapeur dans la chaudière, et marche en général dans le sens de la pression qu'exerce cette vapeur. Plus tard, la communication avec la chaudière est interrompue ; la vapeur renfermée entre le piston et l'appareil distributeur agit par détente ; c'est la deuxième période. La troisième commence à l'instant où la communication s'ouvre, soit avec le condenseur, soit avec l'atmosphère, et finit au moment où cette communication est interrompue ; le mouvement du piston est alors ordinairement rétrograde. Enfin, la quatrième période s'étend depuis le moment où la communication se ferme avec le condenseur jusqu'à celui où la communication s'ouvre avec la chaudière ; pendant cet intervalle de temps, la vapeur, d'abord à la pression du condenseur, reste emprisonnée entre le piston et l'appareil de distribution, et peut même éprouver une certaine compression. Pour simplifier, nous appellerons ces quatre périodes : *période d'admission*, *période de détente*, *période d'échappement* ou *d'évacuation*, enfin *période de compression*.

Si l'on représente par une ligne droite considérée comme axe des abscisses, l'espace décrit par le piston ; si l'on élève des ordonnées représentant chacune la pression éprouvée en son lieu par la face du piston que l'on considère, tant lors du mouvement direct que lors du mouvement rétrograde, les extrémités de ces ordonnées décriront une courbe rentrante ou un polygone fermé, et le travail transmis par la vapeur sera représenté par l'aire de ce polygone.

Cela posé, le meilleur règlement du tiroir ou la meilleure distribution sera réalisée, si l'on peut rendre l'aire dont il s'agit un maximum pour une même quantité de vapeur fournie par la chaudière. C'est le but que M. Clapeyron s'est proposé d'atteindre par de nombreuses recherches théoriques et pratiques. Attaché depuis longtemps comme ingénieur en chef aux chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), son attention s'est particulièrement fixée sur les machines locomotives. Mais avant d'exposer le résultat de ses travaux, il importe de rappeler à quel point en était la question quand il l'aborda à son tour.

Il y a huit ou dix ans, la plupart des constructeurs de machines locomotives étaient dans l'habitude de donner à la partie de la paroi du tiroir qui forme une sorte de soupape glissante, et que l'on désigne dans les ateliers par l'expression singulière de *bride du tiroir*, une largeur ou épaisseur précisément égale à la lumière de communication avec le cylindre. Par cette disposition primitive, lorsque le piston est à l'extrémité de sa course, le tiroir est au milieu de la sienne, et sa bride recouvre exactement la lumière. La période d'admission dure alors tout le temps du trajet direct du piston ; la période de détente est nulle ; la période d'échappement dure autant que le mouvement rétrograde du piston ; enfin la période de compression est nulle.

Le polygone fermé, dont l'aire représente le travail transmis quand on néglige la contre-pression reconnue plus tard, se réduit alors à un rectangle dont les côtés horizontaux sont la course même du piston, et dont les côtés verticaux représentent la différence entre la ten-

sion initiale de la vapeur et la pression dans le condenseur ou l'atmosphère. C'est au reste la traduction géométrique de la formule admise dans la théorie ordinaire de la machine à vapeur sans détente.

Mais les praticiens avaient reconnu depuis longtemps que la machine locomotive gagne en puissance et économie en combustible, lorsque, sans rien changer au tiroir, on fait tourner à demeure l'excentrique qui dirige son mouvement sur l'essieu coudé, de telle sorte que l'admission de la vapeur et son évacuation, au lieu de commencer précisément au moment où le piston atteint le point mort, précèdent cet instant d'une certaine quantité. Cette disposition s'était introduite dans les ateliers sous le nom d'*avance du tiroir*. Elle était établie sur les machines locomotives importées d'Angleterre en 1837 pour le service du chemin de fer de Saint-Germain.

L'explication des avantages qui résultent de cette disposition n'était pas un mystère : on savait que l' avance du tiroir a pour effet de diminuer l'influence de la compression qui, dans le règlement sans avance, a lieu pendant tout le temps qui s'écoule entre l'ouverture de la lumière d'échappement et l'instant où l'équilibre de pression s'établit entre la vapeur qui a accompli son travail et le condenseur ou l'atmosphère. En outre, on s'était aperçu que l'*avance* introduisait la vapeur sur une des faces du piston avant que cette face eût atteint le fond du cylindre, et l'on avait paré à cet inconvénient en accroissant la bride de quelques millimètres du côté de la chaudière, ou en lui donnant un faible recouvrement extérieur. L'*avance* du tiroir est mentionnée dans la première édition de l'ouvrage de M. Pambour sur les locomotives.

Plus tard cette disposition a été l'objet de recherches approfondies dans l'ouvrage intitulé : *Guide du Mécanicien*, publié en 1840, par MM. Flachet et Pétiet. Ces ingénieurs conseillent de régler les machines locomotives de telle sorte, que la vapeur s'introduisant un moment avant que le piston ait changé de mouvement, commence à s'échapper lorsque la manivelle a encore 23 degrés à parcourir pour atteindre le point mort; la vapeur n'est alors introduite que pendant les 0,87 de la course du piston. MM. Flachet et Pétiet ont fait ressortir les avantages qui résultent de cette économie de vapeur; ensuite, à l'aide d'hypothèses plausibles et d'une méthode de calcul approximative, ils ont cherché à découvrir la loi de la pression variable que conserve la vapeur durant l'échappement, et à représenter par des nombres le bénéfice que l'on trouve à faire tourner au profit du travail utile cette même pression qui, dans le règlement sans avance, en consomme inutilement une portion très notable. Mais, à l'imitation des constructeurs, MM. Flachet et Pétiet s'étaient trop arrêtés dans la voie du progrès signalé par de premiers succès pratiques, et qu'ils avaient eux-mêmes contribué à éclaircir et à répandre.

Jusqu'à là on s'était uniquement occupé de l'idée d'ouvrir la communication avec l'atmosphère ou le condenseur, avant que le piston ait atteint le terme de sa course. Le recouvrement du tiroir, du côté extérieur, avait pour but de n'introduire la vapeur que dans le voisinage du point mort. On avait remarqué, il est vrai, que ce recouvrement donnait naissance à une véritable détente; mais, tout en reconnaissant cet avantage, on le regardait comme une conséquence heureuse de la disposition adoptée, et l'on ne faisait aucun effort pour l'accroître.

C'est en cela que les dispositions proposées et appliquées par M. Clapeyron, se distinguent nettement du mode de règlement connu sous le nom d'*avances du tiroir*. La *détente*, acceptée jusqu'à lui comme une conséquence, il se l'est proposée comme un but, et il est effectivement parvenu à l'accroître notablement sans employer aucun nouvel appareil, et sans rien changer

aux conditions essentielles de l'admission et de l'échappement de la vapeur.

Revenons maintenant aux quatre périodes que nous avons distinguées dans le mouvement direct et rétrograde de l'une des faces du piston. Il est évident, à priori, que la période d'admission doit avoir son origine au moment où le piston commence sa course, et se terminer lorsque la quantité de vapeur introduite est celle que comporte la puissance évaporatrice de la chaudière. La période de détente, au premier abord, semble se terminer à l'instant où la vapeur dilatée n'a plus qu'une tension égale à la pression de l'atmosphère ou à celle du condenseur; mais ici interviennent deux considérations pratiques qu'on ne saurait abstraire : d'abord on ne peut accroître outre mesure les dimensions du cylindre, et ensuite, pour les locomotives, il faut conserver à la vapeur s'échappant dans l'atmosphère une pression suffisante pour accélérer son évacuation, ou, comme le croient les praticiens, pour opérer convenablement le tirage; afin de tenir compte de ces restrictions, on peut dire que la période de détente doit avoir lieu pendant la plus grande fraction possible de la course du piston. La période d'échappement doit se terminer à l'instant même où la face du piston que l'on considère a atteint le terme de son mouvement direct; néanmoins on peut avec avantage sacrifier quelque chose de la rigueur de ce principe dans le but de diminuer la capacité du cylindre, et assigner pour condition, que la troisième période se termine lorsque le piston, dans son mouvement rétrograde, ne s'est encore éloigné que fort peu du point mort. Enfin la période de compression doit se terminer à l'instant où le piston achève sa double course.

Telles sont les conditions que doit remplir une bonne distribution. On peut y satisfaire à l'aide de plusieurs appareils connus depuis longtemps, et qui ont l'avantage de procurer une détente variable; mais ces appareils ajoutent une nouvelle complication dans la locomotive, où une extrême simplicité est plus désirable encore que pour toute autre machine à vapeur. Or, l'appareil ordinaire de distribution nommé *tiroir* renferme plusieurs éléments indéterminés; ne serait-il pas possible d'en disposer, de manière à remplir les conditions que nous venons d'énoncer sans ajouter aucun nouveau mécanisme? voilà le problème que s'est posé M. Clapeyron.

Mais pour satisfaire à quatre conditions, il faut pouvoir disposer de quatre variables; l'appareil de distribution les fournit-il? c'est ce qu'il importe d'examiner. Supposons le tiroir au milieu de sa course; la lumière qui communique avec le cylindre est alors recouverte par la bride du tiroir qui, dans le cas le plus général, dépasse la lumière des deux côtés : du côté de la vapeur, cet excédant porte le nom de *recouvrement extérieur*; du côté du condenseur ou de l'atmosphère, on peut l'appeler *recouvrement intérieur*. Ces deux recouvrements sont à la disposition du constructeur. Ce n'est pas tout : l'excentrique qui commande le tiroir peut être diversement placé par rapport au bras de la manivelle; voilà une troisième variable dont on peut encore disposer, mais là cesse toute indétermination. Ainsi il n'existe que trois variables pour satisfaire à quatre conditions : ces trois variables sont : le recouvrement extérieur, le recouvrement intérieur, et l'angle qui fixe l'axe de l'excentrique.

Des quatre conditions à remplir il fallait donc en sacrifier une, et conséquemment rechercher avec soin les trois conditions qui influent le plus sur la marche de la machine. La discussion nécessaire pour atteindre ce but fait partie du mémoire de M. Clapeyron. Nous devons nous borner ici à indiquer les résultats pratiques auxquels cet ingénieur a été définitivement conduit.

Dans la machine le *Creuzot*, sur laquelle eurent lieu

les premières expériences, et dont le nouveau mécanisme fut commencé en mai 1840, le recouvrement extérieur fut porté à 0^m,403 ou au quart de la course du tiroir, le recouvrement intérieur à 0^m,048, et l'angle compris entre l'axe de la manivelle et celui de l'excentrique à 55 degrés. Avec ces dispositions, et comme l'auteur le fait voir à l'aide d'une construction géométrique fort simple, la période d'admission cesse quand le piston a parcouru les 0,7 de sa course. La période de détente finit aux 0,96, la manivelle faisant alors un angle de 49° avec la position correspondante au point mort. La période d'évacuation dure jusqu'à ce que le piston ait atteint les 0,79 de sa course rétrograde. Là commence la période de compression qui se termine au moment où la communication avec la chaudière s'ouvre de nouveau, et lorsque le piston a presque atteint le point mort, la manivelle n'en étant séparée que d'un angle de 6°.

M. Clapeyron admet dans son Mémoire que, dans la quatrième période, la vapeur, d'abord à la pression du condenseur, peut se comprimer sans se liquéfier, à cause de la haute température que doivent conserver les parois du cylindre dans les locomotives. Il était à désirer que ce fait remarquable fût vérifié par des expériences directes. C'est ce que vient de faire M. Clapeyron, à l'aide de l'indicateur de Watt : la courbe tracée par l'instrument justifie toutes ces prévisions.

Cette compression, dont l'existence est maintenant constatée, semble au premier abord devoir réduire le travail utile de la vapeur employée, et il paraît même que cette considération a empêché les constructeurs d'augmenter convenablement les recouvrements du tiroir. Mais, comme le fait observer M. Clapeyron, il n'y aura inconvénient que si la vapeur comprimée acquiert une tension supérieure à celle de la chaudière : si cette limite n'est pas dépassée, et seulement atteinte, il arrivera qu'au commencement de la période d'admission, l'espace que le piston laisse libre à l'extrémité du cylindre, et les conduits qui y aboutissent, renfermeront un fluide à la pression de la chaudière ; la consommation sera donc réduite du poids de la vapeur qui, dans l'hypothèse ordinaire, eût dû remplir ces espaces, auxquels on pourra toujours donner une capacité suffisante pour qu'il en soit ainsi.

Si l'on compare la disposition adoptée par M. Clapeyron à ce qui avait été fait par ses devanciers, on remarquera qu'il ne change rien aux époques où doivent commencer les périodes d'admission et d'échappement, mais qu'il profite d'une indétermination qui reste encore pour accroître la détente dans des limites pratiques. Le succès obtenu dans la machine le *Creuzot* le porta à pousser plus loin encore la détente dans d'autres locomotives, où la vapeur est maintenant interceptée aux 0,65 de la course du piston.

Dans le matériel des chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), le nombre des locomotives modifiées d'après cette théorie monte actuellement à treize. Le diamètre des cylindres a été porté de 43 pouces à 45 pour sept de ces machines, et de 44 pouces à 43 pour les six autres. Dans toutes, l'effet utile s'est accru de 40 à 50 p. 100. La consommation a été réduite, mais cette diminution doit être attribuée en partie à d'autres causes que l'emploi de la détente. Le mode de distribution ou de *détente fixe*, inventé par M. Clapeyron, s'est introduit, depuis plus de deux ans, dans la plupart des ateliers où l'on construit et répare les locomotives.

Avant ce perfectionnement, les fortes locomotives du chemin de Versailles (rive droite) ne pouvaient franchir la rampe de $\frac{1}{200}$ qui existe sur 48 kilom. du parcours total, qu'avec un convoi de huit wagons. Aujourd'hui les mêmes machines, modifiées d'après la

théorie actuelle, sans consommer une plus grande quantité de vapeur, conservent la vitesse normale de 4 myriamètres à l'heure, en tête d'un convoi de douze wagons, d'un poids total de 73 tonnes, et cela sur une rampe ascendante, que son inclinaison et surtout sa longueur, rendaient très difficile à gravir.

Certes, il y a lieu de s'étonner qu'un résultat aussi important que celui d'augmenter de 40 à 50 p. 100 le travail utile d'une même quantité de vapeur ait été obtenu par quelques millimètres de plus donnés aux recouvrements du tiroir, appareil qui occupe une si petite place dans une locomotive. On pourrait être surpris, surtout, que le bénéfice énorme qui résulte d'une modification aussi simple, et qui peut s'appliquer à toutes les machines à vapeur, eût été découvert si tard. Mais des recherches intéressantes faites récemment par M. Clapeyron, et qu'il nous a communiquées, établissent que l'importance du règlement du tiroir avait été pressentie avant 1805 par Watt lui-même ; qu'une pratique s'en était suivie dans ses ateliers, pratique conservée mystérieusement, et en quelque sorte comme une propriété exclusive, par les constructeurs anglais, élèves de cet illustre maître ; que vers 1836, des ingénieurs de la marine française, en recevant et essayant les machines importées d'Angleterre pour les bateaux à vapeur de l'État, ont reconnu les avantages du mode de distribution adopté dans ces machines ; que l'un d'eux, M. Reech, en a fait une étude approfondie, et a rédigé sur ce point un travail important, que l'administration doit publier prochainement. D'autres renseignements font voir que, depuis 1840, les ingénieurs des chemins de fer anglais ont été conduits à un mode de règlement de tiroirs, dans les locomotives, qui présente une grande analogie avec les dispositions adoptées par M. Clapeyron, mais qui en diffère par plusieurs points essentiels.

Pour trouver la date des premiers efforts tentés dans le but d'opérer un vide moins imparfait derrière le piston, avant qu'il retourne sur ses pas, il faut donc remonter jusqu'à l'illustre Watt. Cette origine est mise hors de doute par la copie d'un dessin communiqué à M. Campaignac, ingénieur de la marine, par M. Miller, célèbre constructeur anglais. Ce dessin est dressé d'après les indications de Watt, et porte la date de 1805 ; il fait voir que, dès cette époque, Watt avait reconnu la convenance de déterminer les dimensions du tiroir et la position de l'excentrique, de manière à interrompre l'admission de la vapeur aux 0,87 de la course du piston, et à ouvrir la communication avec le condenseur lors que le bras de la manivelle a encore $24\frac{1}{2}$ à parcourir avant d'atteindre le point mort.

Cette méthode fut conservée dans l'établissement de Watt et Bolton, à Soho, où M. Miller la recueillit vers 1814 ou 1815. Un petit nombre d'autres constructeurs en eurent connaissance par la même voie ; et cet utile perfectionnement, dû au génie de Watt, resta pendant longtemps la propriété exclusive de quelques-uns de ses élèves.

Lorsque la marine française, après avoir importé d'Angleterre les premières machines destinées à l'armement de ses bâtiments à vapeur en eut fait construire d'autres, sur les mêmes modèles, dans les établissements français, on fut frappé de la différence des effets obtenus avec ces diverses machines, en apparence identiques. Avec les appareils français, la production de vapeur était insuffisante, le nombre des coups de piston moindre, et les bâtiments marchaient moins vite, quoique la consommation en combustible fût plus considérable.

Il fut enfin reconnu que cette différence d'effets tenait uniquement à la *régulation des valves glissantes*, ou au règlement des tiroirs : les appareils anglais arrêtant l'admission de la vapeur aux 0,8 et même aux 0,7,

tandis que dans les machines françaises cette admission se prolongeait jusqu'à la fin de la course du piston.

Ce résultat est principalement dû à des recherches suivies avec persévérance par M. Reech, ingénieur de la marine. Dans un rapport adressé, le 7 décembre 1836, au ministre de la marine, M. Reech fait voir que l'infériorité des appareils français disparaîtrait si, par un simple déplacement du *toc* qui fixe la position de l'excentrique sur l'arbre de la manivelle, on arrêtait l'introduction de la vapeur entre les 0,7 et les 0,8 de la course du piston.

Depuis, de nouvelles expériences faites à Lorient, pour recevoir les paquebots-postes de la Méditerranée, et d'autres expériences entreprises, en 1837, à Lorient et à Indret, sur les bâtiments à vapeur de la marine royale, ayant confirmé ses assertions antérieures, M. Reech revit ses calculs, les rendit plus complets, et en composa un Mémoire qu'il adressa à l'Académie avant le 4^{er} mai 1838, et qu'il retira en juin 1839 pour le remettre au ministère de la marine.

L'un des résultats les plus saillants, renfermés dans le travail de M. Reech, est compris dans l'énoncé suivant :

« Dans les machines à vapeur à basse pression, disposées et proportionnées comme celles du *Sphinx* (bâtiment de l'Etat), avec un tiroir qui doit fermer l'entrée de la vapeur aux 0,9 de la course, si l'on avance ou recule le *toc* de l'excentrique sur l'arbre moteur, de manière à faire varier le point de fermeture du tiroir depuis les 0,8 jusqu'à la course entière, toute chose restant égale d'ailleurs, le travail utile, loin d'être proportionnel à la vapeur dépensée, est au contraire à son minimum quand la fermeture a lieu à la fin de la course, et croît rapidement à mesure que l'on donne moins de vapeur, jusqu'à ce que la fermeture ait lieu vers les 0,854. A cette fraction d'introduction correspond le maximum absolu de puissance. Pour une moindre fraction, la puissance diminue en même temps que la dépense, mais le rapport de cette puissance à la consommation ne cesse pas d'aller encore en augmentant. »

Ce n'est pas ici le lieu d'analyser le savant Mémoire de M. Reech (voyez BATEAUX A VAPEUR), les détails qui précèdent suffisent pour constater l'antériorité de ses recherches en ce qui concerne les machines établies sur les bâtiments à vapeur.

Relativement aux machines locomotives, divers articles insérés dans le *Rail-way magazine* prouvent que les ingénieurs anglais ont successivement modifié le règlement des tiroirs de manière à obtenir en dernier résultat une économie de combustible, que M. Wood évalue à 30 p. 100. La disposition définitivement adoptée ne paraît pas remonter au-delà du mois d'août 1840; elle fut établie l'année suivante sur plusieurs locomotives du chemin de fer de Liverpool à Manchester. Depuis, cette méthode s'est étendue dans toute l'Angleterre et sur le continent.

De son côté, M. Clapeyron était arrivé à un résultat analogue par une voie théorique, et dès le mois de mai 1840, il établissait ses nouvelles dispositions sur la machine *le Creusot*. Toutefois, quoique ces deux perfectionnements s'appuient évidemment sur le même principe, ils diffèrent quant à leurs applications : les ingénieurs anglais ont pris pour but l'économie du combustible; M. Clapeyron s'est proposé d'accroître la puissance de ses machines sans augmenter la consommation.

Les méthodes nouvelles se distinguent en outre sur deux points essentiels : les constructeurs anglais n'interceptent pas la vapeur avant les 0,7 de la course du piston; M. Clapeyron adopte la limite de 0,65. Les premiers, dans toutes leurs machines à vapeur, suppriment complètement le recouvrement intérieur, tandis

que M. Clapeyron regarde les deux recouvrements comme étant indispensables dans ses locomotives; la nécessité de les conserver résulte pour lui d'expériences comparatives qu'il a citées dans son Mémoire.

Au reste, la question du recouvrement intérieur, ou, ce qui revient au même, celle de l'angle sous lequel commence l'échappement, se lie au temps que met la vapeur à perdre son excès de pression. Cet angle doit être plus petit lorsque les lumières d'évacuation sont plus larges, plus grand lorsqu'elles sont plus étroites. Or M. Clapeyron, en faisant construire ses nouveaux cylindres, a notablement accru la largeur des conduits de vapeur, et cette circonstance paraît expliquer l'avantage constaté d'un recouvrement intérieur dans ses machines, en opposition avec la méthode anglaise.

Tels sont les faits historiques relatifs à la régularisation des organes distributeurs dans les machines à vapeur. Il est remarquable qu'en Angleterre et en France, des hommes de pratique et de théorie soient ainsi arrivés à des résultats à peu près identiques, qu'il s'agisse de machines fixes, d'appareils pour les bâtiments à vapeur ou de locomotives, sans que, comme tout porte à le croire, il y ait eu aucune liaison entre leurs travaux. Quand on pense à l'époque reculée à laquelle remonte la pratique de Watt, on se demande comment une disposition aussi simple, et qui, employée avec intelligence, peut ajouter 40 à 50 p. 100 au travail utile d'une quantité donnée de combustible, a pu rester pendant près d'un demi-siècle le secret d'un petit nombre de constructeurs. Nous voyons là un motif de se féliciter que l'Académie ait approuvé les conclusions du rapport. La publicité donnée au travail de M. Clapeyron contribuera à répandre des notions utiles, et provoquera des recherches nouvelles, indispensables pour éclaircir plusieurs points qui restent encore obscurs, tels que : la limite de la détente possible, sans l'emploi d'un appareil spécial; la nécessité absolue ou relative du recouvrement intérieur; enfin, la possibilité de s'opposer à toute perte de force qui proviendrait de la compression, en donnant des dimensions convenables à l'espace libre du cylindre et aux conduits de vapeur. »

Tout récemment M. Meyer vient d'appliquer aux locomotives un système tout particulier et très ingénieux de détente variable, dont nous parlerons au mot DÉTENTE, et qui a donné lieu à une grande économie sur le combustible.

AVOÏNE (*angl.* oats, *all.* hafer). La composition de l'avoine a été moins étudiée que celle des autres céréales; suivant Vogel, elle fournit moyennement sur 100 parties : 66 de farine et 34 de son, et la farine est composée sur 100 parties de :

Huile grasse d'un jaune verdâtre. . .	2,00
Matière extractive légèrement amère. . .	8,20
Gomme. . .	2,50
Substance grisâtre, ressemblant plus à l'albumine qu'au gluten. . .	4,30
Fécule. . .	59,00
Eau et perte. . .	24,00
	400,00

Schrœder a trouvé dans les cendres de l'avoine de la silice, des carbonates de chaux et de magnésie, de l'alumine et des oxydes de fer et de manganèse.

AZOTATES. Nom donné aux nitrates par quelques chimistes (voyez NITRATES).

ACIDE AZOTIQUE. Nom donné à l'acide nitrique par quelques chimistes (voyez acide NITRIQUE).

AZOTE. Corps gazeux, permanent, incolore, sans odeur ni saveur, qui éteint les corps en combustion et n'est pas susceptible d'entretenir la respiration; sa densité par rapport à celle de l'air est de 0,976, de sorte qu'un litre de ce gaz, sous la pression barométrique de

0°,76 de mercure et à la température de 0° pèse 1^g,267. Il forme en volume 0,782 de l'air et se dégage en abondance de certaines sources minérales, par exemple, à *Lenk*, près du Gemmi (Suisse) et en quelques endroits dans les Pyrénées, l'île Ceylan et les deux Amériques. En chauffant dans une cornue du nitrite d'ammoniaque ($Az^2 O^3 + Az^2 H^6 + H^2 O$), il se forme de l'eau ($4H^2 O$) et de l'azote ($4Az$) qui se dégage. On peut également l'obtenir en brûlant du phosphore sous une cloche pleine d'air et renversée sur de l'eau, dans une cuve pneumatique; le phosphore en brûlant absorbe tout l'oxygène, et il ne reste que de l'azote que l'on peut purifier en l'agitant avec une dissolution de potasse caustique ou de l'eau de chaux, qui s'empare de l'acide phosphorique formé pendant la réaction et de la petite quantité d'acide carbonique contenue primitivement dans l'air. Le procédé le plus simple pour préparer l'azote parfaitement pur, consiste à faire passer un courant d'air d'abord à travers une dissolution concentrée de potasse caustique où il se dépouille de l'acide carbonique qu'il renferme, puis à travers un tube plein de chlorure de calcium qui s'empare de toute la vapeur d'eau qu'il contenait, et enfin à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge et rempli de tournure de cuivre, d'abord oxydée par un grillage préalable, puis réduite à l'état métallique par un courant d'hydrogène; le cuivre absorbe l'oxygène de l'air et s'oxyde, de sorte qu'il ne s'échappe du tube que de l'azote sec et parfaitement pur, que l'on peut recueillir sous une cloche remplie d'eau ou de mercure.

L'azote n'est pas susceptible de se combiner directement avec l'oxygène; cependant il forme avec lui cinq composés remarquables: le protoxyde d'azote, le deutoxyde d'azote et les acides NITREUX, HYPO-NITRIQUE et NITRIQUE. Il se combine également avec l'hydrogène pour donner un composé alcalin très important, l'AMMONIAQUE, dont nous avons déjà parlé.

Protoxyde d'azote. Gazeux, inodore, d'une saveur sucrée très sensible; les bougies y brûlent ou s'y rallument presque aussi bien que dans l'oxygène, pourvu toutefois qu'elles offrent seulement quelques points en ignition. La respiration de ce gaz produit sur quelques individus une sorte d'ivresse et d'excitation analogues à celles que procurent les spiritueux, à d'autres elle occasionne de violents maux de tête, et, dans tous les cas, si la quantité de gaz inspiré était considérable, elle donnerait lieu à une asphyxie. La densité de ce gaz, par rapport à celle de l'air, est de 1,527, de sorte qu'un litre pèse 1^g,98. Il se compose de 2 volumes d'azote et de 1 vol. d'oxygène, condensés en 2 vol., ou en poids de:

Azote.	63,64	}	Az ² O.
Oxygène.	36,36		
100,00			

l'eau en dissout son volume; on peut le liquéfier sous une pression très considérable. On le prépare en décomposant par la chaleur le nitrate d'ammoniaque $Az^2 O^8 + Az^2 H^6 + H^2 O$; il se forme de l'eau $4 H^2 O$, et du protoxyde d'azote $2 Az^2 O$. Il se produit également, mélangé d'une quantité plus ou moins considérable de deutoxyde d'azote dans la réaction de l'acide nitrique concentré sur beaucoup de substances et particulièrement certains métaux.

Deutoxyde d'azote. Gazeux incolore; sa densité est de 1,039, de sorte qu'un litre de ce gaz pèse 1^g,340; du moment qu'il arrive en contact avec l'air, il en absorbe l'oxygène en donnant naissance à des vapeurs nitreuses rouges excessivement corrosives et irritantes; il est composé de volumes égaux d'azote et d'oxygène sans condensation ou en poids de:

Azote.	47	}	Az ² O ² .
Oxygène.	53		
100			

On se procure aisément le deutoxyde d'azote en traitant de la tournure de cuivre par de l'acide nitrique étendu de la moitié de son poids d'eau, et recueillant le gaz qui se dégage dans une cloche pleine d'eau, purgée d'air par l'ébullition, ou de mercure, et renversée sur une cuve pneumatique.

On peut représenter cette réaction par l'équation suivante:

$4 Az^2 O^8$ (acide nitrique), $+ 3 Cu$ (cuivre métallique),
 $= 3 [Az^2 O^8 + Cu O]$ (nitrate de cuivre), $+ Az^2 O^2$
 (deutoxyde d'azote). Ce même gaz se produit également en grande quantité dans la réaction de l'acide nitrique sur beaucoup de substances: par exemple, le fer, le mercure, l'argent, le phosphore, le sucre, l'amidon, etc.; mais souvent, si la réaction est trop violente, comme dans le cas où l'on verse de l'acide nitrique concentré sur de la tournure de cuivre, il se dégage en même temps une quantité considérable de protoxyde d'azote.

Une propriété caractéristique du deutoxyde d'azote, sur laquelle est fondé le procédé le plus sensible que l'on connaisse pour reconnaître la présence de l'acide nitrique, consiste dans la faculté qu'il possède d'être complètement absorbé par les sels de protoxyde de fer qu'il colore en noir-violacé très foncé.

AZOTÉ. Se dit de certaines substances végétales, qui, contenant de l'azote, sont supposées participer en même temps de la nature animale; la plupart des corps animaux étant caractérisés par la présence de beaucoup d'azote dans leur composition. Les produits végétaux, indigo, café, gluten et plusieurs autres, contiennent de l'azote en abondance.

AZUR. Voyez COBALT.

B

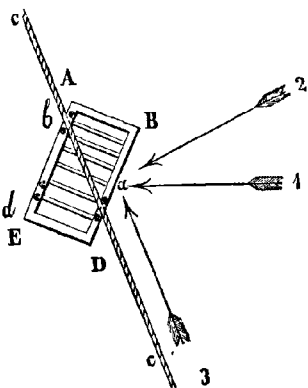
BAC. Bateau plat employé pour passer d'une rive à l'autre d'un fleuve, là, ou il n'y a point de pont. Un bac doit satisfaire aux conditions suivantes: 1° Facilité d'embarquer et de débarquer malgré les variations de la hauteur des eaux qui déplacent les points de départ et d'arrivée; 2° tirer peu d'eau; 3° présenter une grande solidité. Il en résulte que l'on donne aux bacs une forme rectangulaire; les parois latérales sont parallèles et verticales; et l'avant et l'arrière sont inclinés de part et d'autre parallèlement au chemin qui amène les voitures; de telle sorte que la section longitudinale

est un trapèze renversé et très surbaissé. Aux deux extrémités sont de petits planchers ou *tabliers*, immobiles autour de charnières horizontales, qui peuvent être abaissés ou levés à volonté, à la manière des **PONT-LEVIS**; on les maintient levés tant que dure la traversée, mais lorsqu'on a atteint le bord, on rabat sur le rivage le tablier correspondant, ce qui forme un plancher solide, qui facilite l'entrée et la sortie des voitures et des bestiaux.

Ce n'est pas à l'aide d'avirons ou de perches qu'on pourrait diriger, au travers du courant, un bateau aussi

chargé et aussi grand que l'est un bac; on se sert de la force même du courant, en dirigeant le bateau au moyen d'une corde attachée, soit sur les deux bords, soit au milieu du passage; dans ce dernier cas l'ensemble du bateau et de la corde qui le retient porte le nom de *traîlle*.

Dans les cours d'eau peu rapides, on tend une corde ou *grelin*, d'un bord à l'autre, au moyen d'un cabestan, et on en arrête les bouts sur deux pieux solidement enfoncés dans la grève. Cette corde ne peut traverser d'une rive à l'autre qu'en s'enfonçant dans l'eau durant une grande partie de sa longueur, puisque sans cela elle empêcherait la navigation. On fait passer cette corde *c*, d'un côté sur un cylindre vertical *a* (fig. 483) mobile sur son axe qui est fixé sur l'un des flancs *BD* du bac en son milieu, et de l'autre dans une encoche *b* située près de l'une des extrémités du flanc opposé. L'effort du courant qui est dirigé suivant la flèche 1, se décompose en deux; la force 2 normale au câble directeur, qui est détruite par la résistance de ce câble; et la force 3



483.

perpendiculaire à la première, qui tend à faire glisser le bac dans le sens du câble directeur suivant le sens indiqué par la flèche *A*. A moins que les eaux ne soient très fortes, le courant ne suffit pas seul pour opérer le trajet; et même, quand il le pourrait, il le ferait lentement; aussi y a-t-il toujours un ou deux bateliers qui hâlent sur le câble en allant de *b* vers *a*, pour accélérer la traversée. Arrivé près du rivage, le batelier soulève la corde *c*, pour la retirer de l'encoche *b*, et la porte vers *B*, de telle sorte qu'elle devienne parallèle au flanc *BD*; *BA* devient parallèle au rivage, et il ne reste plus qu'à abaisser le tablier pour décharger et recharger le bac. Pour faire revenir le bac à la première rive, on commence par le dégager de la grève, on relève le tablier, puis on fait tourner le bateau en tirant le câble de *D* vers *E* jusqu'à ce qu'il soit arrivé dans l'encoche *d*, de manière à ce que le flanc *BD* présente, en sens inverse, relativement au câble directeur, une inclinaison égale à celle qu'il avait d'abord. Les bacs de cette espèce établis sur la Seine, aux environs de Paris, ont 9^m de longueur sur 5 à 6^m de largeur, et l'expérience a montré que le flanc *BD* devait être incliné de telle sorte, que l'angle qu'il forme avec la direction du courant, soit de 50 à 55°.

Lorsque le fleuve est très large et le courant très rapide on préfère les *traîlles*, qui sont très employées sur l'*Escaut*, le *Rhin*, le *Pô*, etc. On plante au milieu du fleuve un pieu très fort, on bien on y jette une ANCRE; on y attache solidement un câble qui est soutenu au-dessus de l'eau par de petits PONTONS sur lesquels il est attaché, et dont l'autre extrémité se termine au bac. Pour le mettre en mouvement, on le dégrave, et à l'aide d'un GOUVERNAIL, on dirige le flanc de manière à ce qu'il se présente obliquement au courant; il est alors poussé comme précédemment, et le bateau s'éloigne du rivage. La pression des eaux fait ainsi passer le bac d'une rive à l'autre, en lui faisant décrire un arc

de cercle dont le centre est l'ancre, et dont le câble est le rayon; pour que toutes les manœuvres s'exécutent avec facilité, il suffit que la longueur totale du câble soit égale à la largeur de la rivière. De plus, comme il n'est tendu que par l'action du courant contre la barque, il éprouve une traction bien moindre que dans le cas d'un câble fixé sur les deux rives. Les traîlles sont donc préférables aux bacs ordinaires, dans tous les lieux où l'on peut choisir entre ces deux dispositions, et il est à regretter, qu'en France, leur usage soit encore si peu répandu.

BAGASSE. Nom donné aux cannes à sucre dont on a exprimé le suc ou *vesou* à l'aide de presses à cylindres (voyez SUCRE). On les laisse sécher à l'air et on les emploie ensuite comme combustible dans le traitement ultérieur du *vesou*.

BAINS (*angl.* baths, *all.* bader). Les bains, tant sous le rapport de la salubrité que sous celui de la propreté et du bien-être qui en résultent, ont été recherchés de tous temps et dans tous les pays. Comme dans nos climats la température, habituellement froide, nous met, pendant la majeure partie de l'année, dans l'impossibilité de prendre des bains de rivière, et que d'ailleurs les questions qui se rattachent aux bains froids sont du ressort de l'*hygiène*, dont l'étude n'entre pas dans le cadre que nous nous sommes tracés, nous ne parlerons ici que des bains chauds; cependant les bains de rivière, lorsqu'on peut les supporter, et que la température de l'eau et de l'air les rend agréables, étant pour le moins aussi utiles que les bains chauds, nous ne devons pas les passer sous silence.

Nous donnerons une idée du prodigieux accroissement que l'emploi des bains chauds prend de nos jours, par suite de l'abaissement de prix qui résulte de la concurrence, en rappelant qu'en 1780, tous les établissements de bains publics existant dans Paris ne contenaient ensemble que 250 baignoires; qu'en 1843, ce nombre s'éleva à 300; qu'en 1832, on comptait à Paris 78 maisons de bains, renfermant 2374 baignoires en place, et 4059 baignoires mobiles pour le transport des bains à domicile; et qu'enfin chaque jour nous voyons de nouveaux établissements de bains s'élever dans l'un ou l'autre des nombreux quartiers de la capitale.

On construit ordinairement les baignoires en cuivre étamé, à cause de la facilité avec laquelle le cuivre se travaille, et parce que la tôle de fer et même le fer-blanc sont trop facilement attaqués par la rouille.

On fait aussi depuis peu de temps des baignoires en FER GALVANISÉ, qui durent aussi longtemps que celles en cuivre et ont l'avantage de coûter moins cher. Pour les bains sulfureux qui attaqueraient le cuivre, on emploie des baignoires en bois, qui ont l'inconvénient de se gercer par suite des alternatives de sécheresse et d'humidité auxquelles elles sont soumises, ou mieux des baignoires en zinc qui sont peu ou point attaquées par les sulfures alcalins que les eaux tiennent en dissolution. On trouve aussi, surtout dans les établissements thermaux, des baignoires en bois doublées de plaques de marbre poli ou de faïence, qui sont très élégantes et très durables, seulement leur poids empêche de les placer dans les étages supérieurs, et leur prix élevé est presque toujours le motif qui les fait rejeter.

La forme des baignoires peut varier à l'infini; elle est ordinairement ovoïde, parce que cette disposition diminue un peu la quantité d'eau nécessaire pour prendre un bain. Leur nombre varie dans les maisons de bains, suivant les localités et le besoin; elles peuvent être placées à un étage quelconque; seulement il va sans dire que le réservoir d'eau chaude doit toujours être placé à la partie supérieure, afin de pouvoir desservir toutes les parties de l'établissement.

La partie la plus importante dans une maison de bains, vu la grande concurrence et par suite le bas prix

auquel ils sont livrés, est l'alimentation d'eau chaude, qui doit être aussi économique que possible.

L'eau chaude qui sert à l'alimentation des baignoires, ne devant pas être chauffée au-delà de 70 à 80°, on peut pour ainsi dire utiliser dans ce genre de chauffage toute la puissance calorifique du liquide, en faisant faire aux produits de la combustion un circuit assez développé, dans l'intérieur de la masse liquide, pour qu'ils ne s'échappent dans l'atmosphère qu'à une température inférieure à 400°; mais dans ce cas le tirage du fourneau et par suite la quantité d'eau échauffée dans un temps donné se trouvent considérablement diminués. On peut du reste rétablir et même augmenter de beaucoup le tirage du fourneau au moyen d'un ventilateur, que l'on met en mouvement presque sans frais pour les bains placés sur la rivière, à l'aide d'une roue pendante établie sur l'une des parois du bateau. Ainsi d'après M. Pécelet, il existe aux bains Vigier une chaudière reposant sur un fourneau dont le tirage est déterminé par un ventilateur, et qui utilise la presque totalité de la puissance calorifique du combustible.

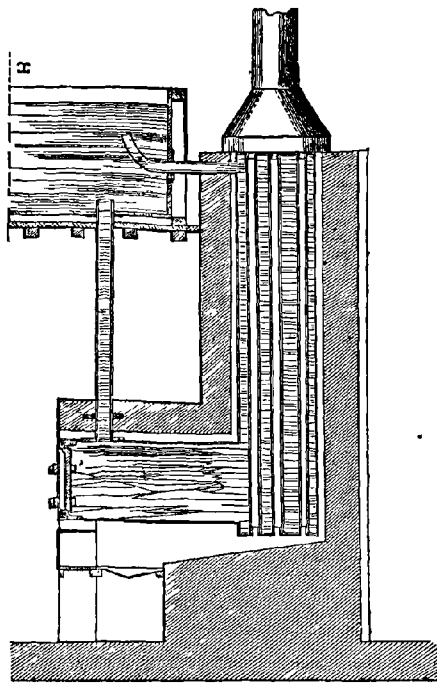
Ce qu'il y a de plus simple est de disposer le foyer dans le réservoir même, et de faire circuler les produits de la combustion dans un certain nombre de tubes décrivant un assez long chemin dans l'intérieur du réservoir. Dans un appareil de ce genre, présenté par M. Lemare à la Société d'encouragement, il a fallu moins de 2 heures et 33 kilogr. de houille pour porter 2000 litres d'eau à l'ébullition. C'est en opérant en grand l'appareil le plus économique qui ait encore été établi. Cet appareil pesait près de 4000 kilogr., et coûtait avec la soupape et les ajustages 2000 fr. A mesure que le nombre des bains diminue, la dépense augmente dans une proportion très rapide en raison du capital de l'appareil. En outre ces appareils sont sujets à des réparations assez fréquentes qui doivent leur faire préférer les appareils à circulation. Nous empruntons au savant ouvrage de M. Pécelet la description d'un appareil de ce genre, établi par MM. Thomas et Laurens, lequel donne d'excellents résultats. C'est un véritable calorifère à eau chaude, qui offre l'avantage de séparer le réservoir de l'appareil de chauffage, bien que celui-ci agisse toujours sur la partie la plus froide du liquide.

« Cet appareil (fig. 484) se compose d'une chaudière cylindrique horizontale, réunie par les extrémités à une autre chaudière verticale de 3 mètres de hauteur, renfermant neuf tubes verticaux en cuivre, fixés à la manière des tubes des chaudières *Seguin*, et complètement ouverts par les deux bouts. La maçonnerie est disposée de telle sorte que les produits de la combustion baignent les deux parties de la chaudière et puissent simultanément s'élever par les tubes intérieurs. A l'extrémité supérieure se trouve un entonnoir renversé, en tôle, destiné à conduire les produits de la combustion dans la cheminée d'appel, et qu'on peut enlever au besoin pour nettoyer les carneaux; un réservoir placé à côté contient l'eau qui est chauffée par circulation. L'appareil renferme 46 mètres carrés de surface de chauffe et consomme 40 kilogr. de houille par heure. Les gaz qui s'échappent à la partie supérieure n'ont plus qu'une température de 50 à 60°; et le tirage est toujours suffisant, même quand le cône qui surmonte le fourneau est enlevé. »

Depuis que l'usage s'est établi de porter des bains à domicile, on transporte l'eau dans des tonneaux que l'on rend susceptibles d'en conserver longtemps la chaleur, en les faisant doubler, de manière à ce que le tonneau intérieur qui renferme l'eau chaude se trouve environné d'une couche d'air qui ne peut se renouveler et qui étant peu conducteur de la chaleur, rend la déperdition de celle-ci à peine sensible.

Dans les établissements de bains, il est nécessaire d'avoir une étuve dans laquelle on tienne du linge con-

stamment chaud; à cet effet, il suffit de le placer dans une caisse que l'on fait traverser par l'un des tuyaux de l'appareil de chauffage.



484.

Pour les bains établis dans les maisons particulières, le moyen le plus simple consiste à chauffer l'eau au moyen d'un fourneau portatif placé sous la baignoire, et dont le tuyau s'élève verticalement de manière à échauffer une petite caisse destinée à renfermer le linge. M. Bizet a construit une baignoire de ce genre, qui offre beaucoup d'avantages, mais que sa complication rend d'un prix trop élevé dans le plus grand nombre des cas. B...

BALANCE. La balance étant une application directe du levier, nous pensons devoir dire quelques mots de cette machine avant de décrire les diverses espèces de balances.

Le levier est une barre, ordinairement métallique, mobile autour d'un point fixe, à laquelle sont appliquées deux forces, l'une mouvante et l'autre résistante.

Quand le point fixe est entre ces deux forces, le levier est de première espèce; si la résistance est entre le point fixe et la puissance, le levier est de seconde espèce. Enfin, le levier est de troisième espèce quand la puissance est appliquée entre le point fixe et la résistance.

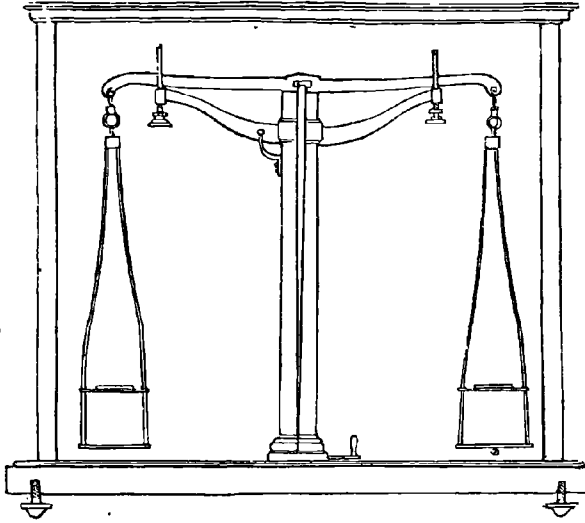
Si l'on étudie les conditions d'équilibre du levier, on voit facilement que pour que cet équilibre existe, la puissance et la résistance doivent se trouver avec le point fixe dans un même plan; de plus, ces forces tendent à faire tourner le levier en sens contraire, et leurs intensités doivent être en raison inverse de la distance au point fixe. Dans les leviers de la première espèce viennent se ranger les fléaux de balances, les balanciers des machines à vapeur, etc.

Le levier de la seconde espèce est surtout employé par les tailleurs de pierre; il sert à soulever les blocs.

La résistance a son point d'application au contact du levier avec le bloc ; le point fixe est situé au contact du levier avec le sol, et la puissance se trouve appliquée à l'autre extrémité.

Le levier de la troisième espèce a moins d'applications que les deux premières ; on peut toutefois citer un exemple de son emploi dans les pédales : l'effort du pied s'exerce entre le point fixe, qui est la charnière de la pédale, et la résistance qui se trouve à l'autre extrémité, au point d'articulation de la tige avec la pédale.

La balance ordinaire (fig. 485) n'est autre chose



485.

qu'un levier de la première espèce. Ce levier prend le nom de *fléau* ; il supporte à ses deux extrémités, qui sont également distantes du point fixe, deux plateaux suspendus au fléau par des chaînes. Les matières que l'on dépose dans ces plateaux forment avec eux la puissance et la résistance dont nous avons parlé, et si ces forces sont égales il y a équilibre. La balance peut donc servir à apprécier un poids inconnu par sa comparaison avec des poids déterminés à l'avance ; mais pour qu'elle puisse servir à cet usage, elle doit être *juste*, c'est-à-dire se tenir en équilibre lorsqu'on charge dans chacun des plateaux des poids égaux, et perdre cet équilibre quand les poids sont inégaux, ce qui exige que les bras du fléau soient rigoureusement égaux ; de plus, comme le poids du fléau est négligé, ainsi que celui des plateaux, il est important que le fléau soit tout à fait symétrique, par rapport au point fixe, ou, ce qui revient au même, que son centre de gravité se trouve placé sur la verticale qui passe par ce point. Il est très difficile de résoudre pratiquement cette condition, sans laquelle cependant une balance ne peut être juste. Il ne suffit pas qu'une balance soit juste, elle doit être très *sensible* ; c'est surtout dans les expériences de chimie et dans l'appréciation du poids d'une matière précieuse que cette condition est indispensable ; elle dépend, comme on va le voir, de la position du centre de gravité du fléau.

Ce centre de gravité, situé dans la verticale qui passe par le point fixe, peut se confondre avec ce point, être situé en dessus ou en dessous. Si le centre de gravité passe par le point fixe, il est évident que dans toute position la balance sera en équilibre ; de plus, l'inégalité la plus faible dans les poids chargés sur les deux plateaux la fera basculer ; dans ce cas, la balance est *indifférente*.

Si au contraire le centre de gravité est situé au-dessus du point fixe, on peut établir l'équilibre ; mais cet équilibre sera *instable*, et le plus léger écart fera basculer le fléau du côté où le premier mouvement l'aura porté. On dit alors que la balance est *folle* ; dans ce cas elle ne peut être d'aucun usage, puisque l'équilibre, même momentané, est à peu près impossible.

Examinons le cas où le centre de gravité est inférieur au point fixe ; il est évident que dans cette position l'équilibre sera stable, c'est-à-dire que si l'on force le fléau à tourner sur son axe d'une petite quantité, il tendra à y revenir par une série d'oscillations, dont l'amplitude ira en diminuant, jusqu'à ce qu'elles soient complètement éteintes. Si on met des poids différents dans les deux plateaux d'une pareille balance, le fléau s'inclinera et prendra pour la même charge une position d'équilibre, qui sera d'autant plus inclinée sur l'horizontale, que la distance entre le point fixe et le centre de gravité de l'ensemble du fléau et des plateaux sera moindre. Lorsque la charge sur les plateaux augmente, toutes choses égales d'ailleurs, la *sensibilité* diminue, inconvénient auquel on remédie en rapprochant le centre de gravité de la balance du point fixe, à l'aide d'un écrou mobile placé dans la verticale du couteau médian.

Lorsqu'on veut acheter une balance, on doit lui faire subir quelques épreuves pour s'assurer de sa bonté. Quoique ces épreuves varient avec l'espèce de balances dont il s'agit, néanmoins on comprendra aisément en quoi elles consistent dans chaque cas, lorsqu'on connaîtra celles auxquelles on doit soumettre les balances de précision. Voici comment

on doit procéder à l'examen de ces dernières :

1^o On examine avec soin le plan d'acier ou d'agate qui supporte l'axe de suspension du fléau, on le dispose horizontalement à l'aide d'un niveau à bulle d'air, et l'on s'assure s'il est bien plan en tournant le niveau dans tous les sens ;

2^o On examine si les tranchants des trois couteaux du fléau sont droits, s'ils sont parallèles entre eux et perpendiculaires à la direction du fléau. Cela fait, on met le fléau en place sans les plateaux, et l'on vérifie si, quand il est en repos, son aiguille tombe au zéro de la division tracée sur le pied ; si, quand il est en mouvement, les oscillations sont lentes et régulières, et l'on compte combien il faut de ces oscillations pour que leur amplitude diminue d'une quantité connue, d'un degré de la graduation par exemple, ensuite on retourne le fléau et l'on fait les mêmes observations ;

3^o On met les plateaux en place, on les charge successivement du plus petit poids, du plus grand qu'ils peuvent supporter, et d'un poids intermédiaire ; et, les oscillations de part et d'autre de la verticale étant égales sous chacune de ces charges, on cherche quel est le poids qu'il faut ajouter dans l'un des plateaux pour que le fléau trébuche ;

4^o Enfin, il faut, après avoir fait une pesée, changer de bassin les deux poids qui se font équilibre, et examiner si après cette transposition il y a encore équilibre.

« Quelle que soit la balance dont on se sert, il y a toujours à craindre quelque différence dans la longueur des bras du fléau, ce qui donnerait lieu à une erreur que l'on fait disparaître au moyen du procédé de *doubla pesée*, dû à Borda, et qui est applicable à toutes les balances pourvu qu'elles soient sensibles. Il consiste à

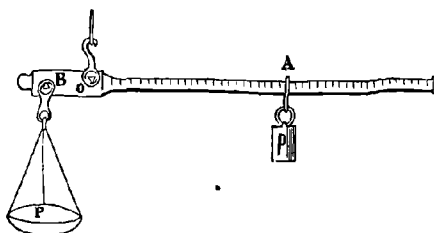
l'ater d'abord ce corps, c'est-à-dire à le mettre en équilibre en plaçant dans l'autre bassin de la grenaille de plomb, des morceaux de plume ou de papier, etc., puis, à retirer de son bassin le corps proposé, et lui substituer des poids gradués, comme si l'on voulait peser la tare; il est clair que ces derniers poids réunis forment exactement celui du corps.

M. Bockoltz a imaginé une balance d'essai qui a été approuvée par la Société d'Encouragement, et qui est fondée sur un principe analogue : l'un des bras du fléau porte seul un plateau, l'autre est chargé d'un contre-poids fixe, tel que la balance ne peut être en équilibre que lorsque le bassin est chargé d'un poids constant, 250 grammes par exemple. On place dans le bassin le corps à peser (qui d'après l'hypothèse que nous avons faite doit au plus peser 250 grammes), puis on ajoute dans le même bassin, ou dans un bassin supérieur, le poids nécessaire pour mettre la balance en équilibre. Supposons, par exemple, qu'il ait fallu ajouter 58^{gr}, 42⁵, le poids du corps sera de 250^{gr} — 58^{gr}, 42⁵ = 191^{gr}, 57⁵. Cette balance extrêmement ingénieuse a, dit-on, tous les avantages des bonnes balances ordinaires de précision construites par nos meilleurs artistes, tout en revenant à un prix deux ou trois fois moins élevé, parce que toutes les difficultés de fabrication pour obtenir deux bras de levier parfaitement égaux et mettre les trois couteaux en ligne droite, disparaissent dans cette nouvelle méthode de fabrication.

Toutes les bonnes balances sont pourvues d'un appareil à fourchettes, qui permet de ne faire porter les couteaux que pendant les pesées; il faut tout à la fois abaisser la *chape* et faire porter les plateaux sur la tablette, afin de ne fatiguer ni le couteau médian, ni ceux des extrémités. Presque toujours le fléau porte une aiguille dont l'axe est perpendiculaire à la ligne des points d'appui. Cette aiguille, à laquelle on donne une grande longueur, parcourt un arc de cercle divisé, sur lequel on marque le point où elle doit s'arrêter quand le fléau sera en équilibre. En la voyant osciller, on peut juger d'avance si elle s'arrêtera sur ce point, ce qui abrège l'opération. Dans les bonnes balances de Fortin, si l'on charge dans chaque plateau un poids d'un kilogramme, une addition subséquente d'un milligramme dans l'un des plateaux, fera tourner l'aiguille et l'amènera à un demi-degré de sa position d'équilibre. Enfin, on place les balances de précision dans une cage de verre dans laquelle on met de la chaux, du chlorure de calcium, ou toute autre substance desséchante, qu'on renouvelle chaque fois qu'il en est besoin. Cette cage, qui s'ouvre par devant lorsqu'on veut exécuter une pesée, sert encore à abriter l'instrument des courants d'air qui en l'agitant troubleraient l'opération.

Romaine. La romaine est une balance dont les bras sont inégaux; le bras le plus court porte le bassin destiné à recevoir les corps à peser, l'autre bras est gradué et porte un curseur que l'on fait glisser tout le long, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi. On marque le zéro au point où l'on doit amener le curseur, pour que l'ensemble de la balance vide soit en équilibre; ensuite on charge un certain poids dans le plateau, un kilogramme par exemple, on éloigne le curseur jusqu'à ce qu'il y ait de nouveau équilibre, et on marque 1 kilogramme au point où il s'arrête; on subdivise alors l'espace compris entre le zéro et le n° 1 en parties aliquotes et égales, 4000 p., par exemple, si l'on veut que la balance indique des grammes, et l'on prolonge la même graduation sur toute la longueur du bras. Il est facile de donner l'explication de cette graduation (fig. 486) : soit p le poids du curseur A et a la distance du zéro, déterminé comme il vient d'être dit, à l'axe de rotation O de la balance. le moment $p \times a$, de ce poids, par rapport à l'axe, sera précisément égal à celui de la balance vide par rapport au même axe; soit, en outre, A la longueur du bras OB qui porte le plateau, si

on charge un poids P dans celui-ci, et qu'il faille amener le curseur à une distance b de l'axe de rotation pour rétablir l'équilibre, on aura l'équation des moments $P \times A$ (mo-

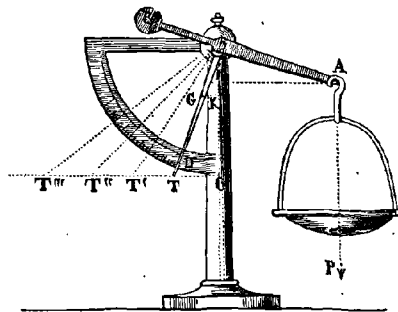


486.

ment du poids P par rapport à l'axe de rotation) = $p \times a$ (moment de la balance vide) = $p \times b$ (moment du curseur), d'où l'on tire $P = \frac{p}{A}$ (constante) $\times (b-a)$.

ce qui traduit dans le langage ordinaire, veut dire que la distance à laquelle il faut éloigner le curseur du zéro de la graduation, varie proportionnellement au poids du corps placé dans le plateau de la romaine.

La romaine, du reste, peut, comme la balance ordinaire, être indifférente, folle, paresseuse ou sensible suivant la position de son centre de gravité par rapport à l'axe de rotation.



487.

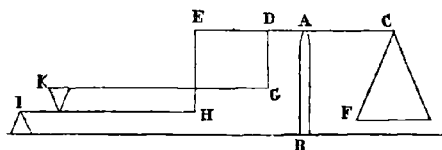
Peson. Cette balance (fig. 487) se compose d'un levier portant à l'une de ses extrémités A un plateau où l'on applique la puissance P; un contre-poids ordinairement sphérique fait équilibre à ce plateau. Au point fixe autour duquel se meut tout le système, est appliquée une aiguille DG perpendiculaire au levier, cette aiguille décrit un arc de cercle sur un cadran gradué. Si de l'extrémité A du bras de levier qui supporte le plateau et du centre de gravité G de l'aiguille on abaisse des perpendiculaires sur la verticale KC qui passe par le point fixe, si de plus on mène par le point C une droite CT perpendiculaire à CK, il résulte de ces différentes lignes plusieurs triangles rectangles semblables entre eux, de la comparaison desquels on tire cette conséquence : que la puissance, c'est-à-dire, la charge sur le plateau est proportionnelle à la tangente de l'angle formé par l'aiguille avec la verticale qui passe par le point fixe; ainsi cette longueur étant CT pour 1^{er}, sera CT' = 2CT pour 2^{es}, etc.

Ceci posé, il est facile de déterminer les points T', T'', T''', etc. pour 2^{es}, 3^{es}, 4^{es}, etc., puis en les joignant à l'axe de rotation, on détermine leurs traces sur le cadran et par suite les différentes positions de l'ai-

BALANCE.

guille correspondant à 2^a, 3^a, 4^a, etc.; les positions intermédiaires se déterminent de la même manière; si l'on veut avoir des décagrammes, par exemple, il suffit de diviser les espaces CT, TT', etc., etc., chacun en 400 parties égales et de joindre les points de divisions avec l'axe de rotation; le cadran se trouvera ainsi convenablement gradué. L'usage de cette balance est assez répandu, on l'emploie surtout dans les filatures.

Balance-basculé de Quintenz. Voici en quoi consiste le mécanisme de cet utile et ingénieux instrument; sur un pied AB (fig. 188) situé verticalement, repose en A un fléau CDE; à l'extrémité C de ce fléau est accroché un plateau F destiné à recevoir les poids; de l'autre côté du point A sont suspendues deux tiges verticales DG, EH; cette dernière EH supporte en H le bout d'une verge HI, qui porte en I sur un couteau fixe et qui supporte en K, une autre verge GK, qui repose elle-même en G sur la tige



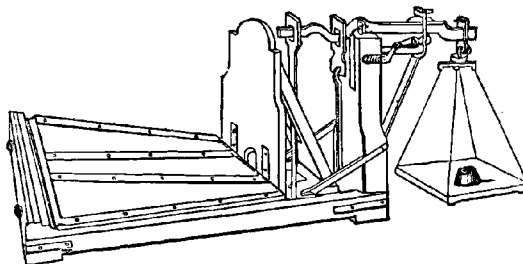
188.

verticale DG. C'est sur GK que s'appuie la *plate-forme* ou le *pont* sur lequel on place le corps à peser. Le contact des pièces aux points A, C, D, E, G, H, I, K, a lieu au moyen de couteaux; cette disposition rend le système très mobile. Si l'on place un corps sur la *plate-forme*, pour que celle-ci s'abaisse en restant toujours horizontale, on voit qu'il faut que l'abaissement du point G, ou, ce qui est le même, du point D, soit égal à l'abaissement du couteau K; or ce dernier est égal à celui du point D multiplié par $\frac{AE}{AD} \times \frac{IK}{IH}$, et il suffit pour qu'ils soient égaux que l'on ait $\frac{AE}{AD} \times \frac{IK}{IH} = 1$ ou $\frac{AE}{AD} = \frac{IH}{IK}$. Supposons maintenant que l'on charge un poids P sur le *pont* en un point quelconque situé entre H et K, ce poids se décomposera en deux forces l'une α appliquée en G ou D et l'autre P- α appliquée en K, qui se décompose elle-même en deux autres l'une détruite par le point fixe I, l'autre (P- α) $\frac{IH}{IK}$ dont le point d'application est en H ou E et qui peut être remplacée par une force (P- α) $\frac{IH}{IK} \times \frac{AD}{AE}$ ou P- α (puis-que nous avons vu plus haut que par la construction même de la balance $\frac{IH}{IK} \times \frac{AD}{AE}$ est égal à l'unité) appliquée en D; de sorte qu'en résumé, l'effort exercé se réduira à deux forces α et P- α appliquées au même point, ou à leur somme P, et en définitive les poids chargés dans le plateau de la balance seront proportionnels aux fardeaux placés sur la *plate-forme*; il en résulte aussi que si $AD = \frac{1}{10} AC$, le poids à placer dans le plateau F sera le dixième de celui qu'on place sur la *plate-forme*, et enfin que le poids du fardeau est indépendant du lieu qu'il occupe sur la *plate-forme*.

Cette balance est représentée en son entier fig. 189,

BALANCE D'EAU.

On y voit comment au moyen d'un levier coudé on arrête le mouvement du fléau et par suite celui de la *plate-forme*. Lorsqu'on veut s'en servir, on dispose d'abord horizonta-



189.

lement le châssis qui supporte la *plate-forme* en le posant sur le sol ou mieux dans une cavité préparée d'avance et telle que le dessus de la *plate-forme* soit au niveau du sol. Alors on ôte le levier d'arrêt; on équilibre l'instrument à l'aide de grains de plomb que l'on met dans la coupe fixée au-dessus du plateau; enfin on place sur ce plateau et sur la *plate-forme* des poids dont l'un soit décuple de l'autre, et l'on vérifie si ces poids se font équilibre quel que soit le lieu occupé sur la *plate-forme* par celui qui s'y trouve. Si l'instrument satisfait à ces essais, on peut s'en servir avec confiance pour toutes les pesées qui n'excèdent pas sa force. Chaque couteau ne porte qu'une partie des poids, ce qui augmente sa durée; la machine occupe moins de place qu'une balance à plateaux de même force; enfin, les pesées se font avec une rapidité beaucoup plus grande, aussi a-t-on généralement adopté cette balance, dans les douanes les ports de mer, les messageries, etc. P. DEBETTE.

BALANCE D'EAU. On donne ce nom à une machine hydraulique d'une simplicité extrême, et qui, dans certains cas, lorsque la disposition des lieux le permet, est employée avec beaucoup d'avantage par suite des faibles frais qu'occasionne son établissement. Elle consiste en une tonne suspendue à une corde s'enroulant sur un treuil, cette tonne est munie à sa partie inférieure d'une soupape à queue s'ouvrant de bas en haut; lorsque la tonne est arrivée au haut de sa course, on y fait arriver un courant d'eau, et dès qu'elle en renferme une quantité suffisante pour l'emporter sur le poids qu'il s'agit d'élever, et qui est attaché à une corde qui s'enroule sur la gorge de la poulie du treuil, elle descend en commençant dans son mouvement par fermer, au moyen d'un mécanisme à marteau très simple, le robinet du tuyau d'alimentation; puis, arrivée au bas de sa course, la queue de la soupape vient buter contre un tasseau, qui l'ouvre, et la tonne se vide; il serait plus simple de supprimer cette soupape, et de disposer hors de l'axe de la tonne une barre, qui lui communiquerait un mouvement de bascule lorsqu'elle viendrait buter contre elle. Lorsque la tonne est vide, elle remonte d'elle-même, et à l'aide du mécanisme ci-dessus, elle ouvre au haut de sa course le robinet du tuyau d'alimentation. Ce mécanisme est très facile à établir; on peut, par exemple, avoir deux axes parallèles portant deux manivelles réunies par une bielle articulée, ce qui les rend solidaires l'un de l'autre; ces deux axes portent des bras placés dans une direction rectangulaire, et enfin l'axe supérieur porte un marteau ou contre-poids enfilé sur une tige normale à cet axe, et pouvant se mouvoir de 45° d'un côté ou de l'autre de la verticale. Le bras de l'axe inférieur étant vertical, et celui de l'axe supérieur horizontal, ce dernier sera soulevé par la tonne montante, et lorsque dans ce mouvement le marteau

aura dépassé la position verticale, il retombera brusquement en relevant le bras supérieur dans la position verticale, et, par suite de la liaison qui existe entre les deux axes, le bras inférieur prendra une position horizontale; la tonne en descendant viendra abaisser ce bras et ramener le mécanisme dans sa position première, ou il sera maintenu par le marteau. On obtient ainsi un mouvement alternatif circulaire de 90°, que l'on emploie pour manœuvrer le robinet du tuyau d'alimentation.

On emploie souvent cette machine hydraulique dans les usines à fer, pour élever, sur la plate-forme du gueulard, le combustible et le minerai. Le câble qui porte le plateau à élever les charges passe sur une poulie de renvoi, et vient s'enrouler sur la roue du treuil, dont l'arbre porte la corde qui soutient la tonne motrice; il va sans dire que les rayons de l'arbre et de la poulie du treuil doivent être en raison directe des espaces à parcourir par la tonne et le plateau, et le rapport du poids de l'eau dépensée à celui du corps élevé, devra être en raison inverse de ces mêmes quantités; ainsi, par exemple, si l'on doit élever les charges à 45 mèt., et que l'on dispose d'une chute de 10 mèt., il faudra que le rapport entre les rayons de l'arbre et de la poulie du treuil soit : 40 : 45 ou : 2 : 3, et, en admettant que 25 p. 100 de l'effet moteur soient absorbés par les

frottements, il faudra dépenser $\frac{400}{75} \cdot \frac{3}{2} \cdot 100 = 200$ litres d'eau pour élever, au gueulard, une charge de 100 kilog. On trouve aussi, sur quelques mines, en Angleterre, des machines analogues servant soit à l'extraction des minerais ou de la houille, soit à l'épuisement des eaux au moyen de bennes. La tonne motrice est placée dans un compartiment du puits d'extraction ou dans un puits voisin; elle reçoit l'eau de la surface et se vide dans la galerie d'écoulement (voyez MINES.)

BALANCIER HYDRAULIQUE. On appelle ainsi une machine dont on a souvent varié les dispositions de détail, mais qui se compose en principe, de deux vases oscillant autour d'un balancier, et d'un système de soupapes qui fait que ces vases reçoivent alternativement l'eau au commencement de leur course, et se vident quand ils sont descendus. Il en résulte un mouvement alternatif qui peut être utilisé.

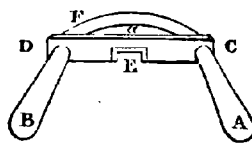
Ces machines à mouvement alternatif peu régulier sont trop évidemment inférieures, pour utiliser la force motrice de l'eau, aux roues hydrauliques, aux turbines, etc., pour qu'on puisse les considérer comme des machines industrielles. Nous ne pensons pas qu'il en existe aujourd'hui, et nous ne pouvons que les citer.

BALANCIER. Voyez ESTAMPAGE, MONNAIES.

BALEINE (*angl.* whalebone, *all.* fischbein). Nom donné aux fanons de la baleine; ces fanons sont inégaux et tiennent à ce cétracé la place des dents qui lui manquent complètement. La longueur du fanon maximum est généralement adoptée par les baleiniers pour désigner la taille de l'animal qu'ils viennent de capturer. La plus grande longueur jusqu'ici observée est de 5 mèt.; mais elle en dépasse rarement 4. La largeur à la racine est de 0^m,25 à 0^m,30, et l'épaisseur moyenne de 0^m,045 à 0^m,048. On nettoie les fanons et on les ramollit avant de les couper, en les faisant digérer pendant 4 heures 1/2 à 2 heures dans de l'eau bouillante. La baleine nous arrive du Groënland en paquets, de 10 à 12 fanons, tantôt entiers, tantôt ayant déjà subi une subdivision qui les rend plus portatifs. En cet état elle se vend de 125 à 375 fr. les 100 kilog.

Après avoir scié les fanons de longueur, on les ramollit dans l'eau chaude, on les fixe dans un étai de menuisier, et on les débite en baguettes, dans le sens des fibres, à l'aide d'un outil représenté fig. 490. Cet outil se compose d'une plaque de fer CD, munie de

poignées A, B, dans laquelle est pratiquée une entaille directrice E, et d'un couteau F à lame circulaire, dont le tranchant est parallèle au bord supérieur de l'entaille E, et qui est fixé sur la plaque CD à une hauteur variable, suivant l'épaisseur à donner aux baguettes.



490.

La force et la légèreté de la baleine, jointes à la grande élasticité qu'elle présente, la font employer dans beaucoup d'industries, notamment pour la confection des parapluies et des ombrelles, des corsets, des chapeaux de femmes, etc. Lorsqu'on la chauffe dans un bain de sable, ou dans un bain de vapeur ou d'eau, elle se ramollit et peut alors se travailler, comme la corne et l'écaille, en tabatières, pommes de cannes, etc... On en polit la surface avec un morceau de feutre, sur lequel on place une bouillie faite avec de l'eau et de la pierre ponce finement pulvérisée; enfin l'on donne le dernier fini avec de la chaux éteinte à l'air libre et tamisée.

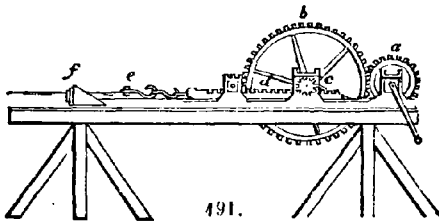
BALLES (*art militaire*). Projectile en plomb lancé par une arme à feu portative. On emploie le plomb pour faire les balles, parce qu'il est facilement fusible, très pesant, mou et facile à manipuler. Le procédé ordinaire de fabrication bien connu consiste à couler le plomb fondu dans un moule formé de deux parties assemblées à charnière, et portant chacune un vide hémisphérique; nous ferons seulement remarquer que, presque toujours, par suite du retrait qui résulte du refroidissement par l'extérieur, il se forme dans l'intérieur même de la masse de plomb une ou plusieurs cavités, dont on peut reconnaître l'existence en coupant la balle en plusieurs sens, et qui altèrent la justesse du tir. On a remédié tout dernièrement avec succès à cet inconvénient, à Berlin, en fondant les balles elliptiques, puis les comprimant au **BALANCIER** dans un moule qui leur donne la forme sphérique, et fait disparaître les cavités signalées ci-dessus. On tente aujourd'hui en Angleterre de fabriquer les balles mécaniquement, c'est-à-dire par étirage et estampage. On arriverait à un résultat également satisfaisant en fondant les balles sous une forte pression, au lieu de les couler simplement. On obtiendrait alors les mêmes résultats que ceux obtenus pour la **FONDERIE EN CARACTÈRES** dans des conditions semblables.

BANC-A-TIRER, *tréfilerie* (*angl.* wire-drawing, *all.* draht-ziehen). Le banc-à-tirer est une machine qui sert à étirer les métaux en les forçant à passer à travers des ouvertures de dimensions invariables, et qui forment alors la section du corps contraint à s'allonger. Il se compose donc essentiellement : 1° d'une partie fixe construite avec une matière aussi résistante et aussi dure que possible, appelée *filière*, laquelle est percée de trous correspondants à la forme qu'on veut obtenir; 2° d'un moyen de saisir le corps dont on a fait passer l'extrémité préalablement amincie au travers du trou, ce qui constitue la pince; 3° d'un moyen d'exercer une traction suffisante sur cette pince pour forcer le corps à traverser la filière.

Reprenons, en partant de la dernière, les diverses parties qui constituent le banc-à-tirer, et cherchons à indiquer les divers perfectionnements qu'a subis cette machine pour arriver à l'état où elle est aujourd'hui. La traction ne s'opérait dans les premiers bancs-à-tirer, et dans ceux qu'emploient encore les bijoutiers pour tirer des fils métalliques de faibles dimensions, qu'au moyen d'un moulinet adapté sur un axe sur lequel vient s'enrouler une forte bande de cuir fixée à l'extrémité de la pince.

Ce système de banc-à-tirer, dans lequel l'action de la force est irrégulière, et qui ne peut servir que pour

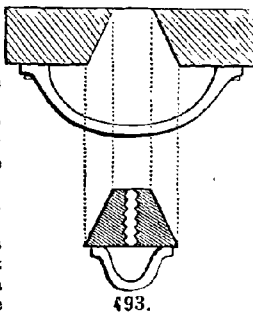
des tractions peu considérables, est généralement remplacé par le banc à engrenages représenté par la fig. 491.



L'ouvrier agissant sur une manivelle exerce une traction puissante au moyen d'un pignon et d'une crémaillère. Par suite du mouvement régulier qui en résulte, les produits deviennent plus uniformes, en même temps que la puissance de l'outil est accrue.

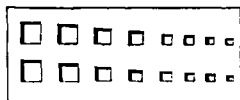
On a cependant encore perfectionné le système que nous venons de décrire, en supprimant la crémaillère, dont l'action n'était pas régulière, et causait des efforts variables avec les positions respectives de ses dents et de celles du pignon. On l'a remplacée par une chaîne sans fin, *chaîne à la Vaucanson*, à laquelle on peut donner autant de résistance qu'on le désire, en augmentant le nombre et les épaisseurs des plaques qui la composent, et qui vient s'articuler sur 2 roues dentées placées, l'une près de la filière, l'autre sur l'axe de la roue dentée mise en mouvement par l'engrenage. On peut voir à l'article MONNAIE la figure d'un banc-à-tirer de ce genre employé avantageusement dans la fabrication des monnaies.

Pinces. Nous ne nous attacherons pas à donner ici les diverses formes de pincés qui peuvent être employés; nous nous contenterons seulement de décrire une forme encore peu usitée et qui a été reconnue être réellement parfaite, vu que le fil ne l'abandonne jamais, même sous les efforts les plus grands, par la raison que la force avec laquelle elle serre le fil augmente avec la traction. C'est une pince à coulant (fig. 492-493), composée de 2 moitiés de cône réunies par un ressort. A la chaîne sans fin est ajustée une plaque dans laquelle est percé un trou conique; et il est bien clair que, quand on y entrera la pince entre les mâchoires de laquelle on aura placé l'extrémité du corps à étirer, l'effort de traction la fera serrer avec une force telle que la séparation ne pourra plus avoir lieu.



Filières. Il y a deux genres de filières, la filière simple et celle dite filière mécanique :

1° La *filière simple* se compose d'une plaque d'acier trempé (figure 494) dans laquelle ont été percés des trous de forme déterminée et de grandeurs croissantes, de manière à réduire successivement le diamètre des fils, pour les



amener peu à peu à la dimension voulue. On comprend quelle fatigue et quelle pression doit résulter sur les trous de la filière du refolement du métal soumis à l'étirage.

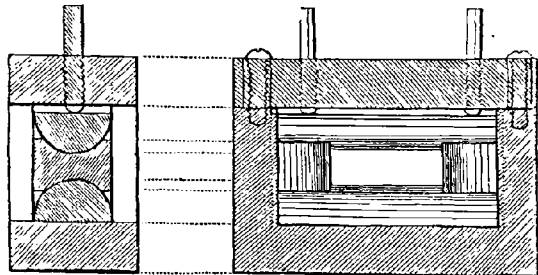
Aussi la fabrication de bonnes filières, dont la déformation ne soit pas trop rapide, est-elle d'une très grande difficulté. Les meilleures se font avec une plaque de bon acier nerveux, formant étoffe entre deux plaques de fer. Fabriquée de la sorte, la filière peut se redresser quand elle se voile à la trempe. Les trous sont percés au moyen de poinçons coniques de dimensions croissantes qui refoulent le métal sur les parois du trou, et en augmentent la résistance latérale.

Les filières françaises sont très estimées en Angleterre et jugées meilleures que celles qu'on y fabrique, à un point tel que, pendant les guerres de l'empire, les filières françaises se vendaient en Angleterre leur poids en argent.

Quelquefois, quand il est nécessaire d'obtenir des longueurs considérables de fil métallique, d'un diamètre parfaitement régulier, on a recours à une plaque garnie d'agates, de rubis ou autres pierres extrêmement dures, et dont la résistance est extrême. Voy. FILIÈRE.

A travers un rubis percé d'un trou de 0^{mm},08, on a tiré des fils d'argent formant une longueur de plus de 200 kilom., dont la section est restée absolument la même, ce dont on s'est assuré, tant par des mesures micrométriques, qu'en pesant des portions de fil d'égale longueur. Dans une filière d'acier, au contraire, le diamètre d'un trou est tellement agrandi par le tirage de 25,000 met. de fil de laiton, qu'il ne peut plus servir pour donner la même grosseur commerciale.

Filière mécanique ou mieux *composée*. La filière mécanique consiste dans un ensemble de parties mobiles qui s'assemblent en laissant entre elles, fermé de toutes parts, le vide qui doit servir à l'étirage. Les fig. 495-496



496.

495.

font facilement comprendre la disposition des pièces. Les 2 coussinets verticaux sont des prismes ajustés à tenons dans une rainure pratiquée dans le côté vertical du châssis, et terminés par une surface cylindrique du côté du vide. Les coussinets horizontaux sont formés de deux surfaces cylindriques concaves qui s'emboîtent dans les coussinets verticaux, terminés pareillement du côté du trou par une surface cylindrique. Le tout est pressé par deux fortes vis qui rendent l'assemblage inébranlable.

Il est clair, d'après cette disposition :

Qu'avec des séries de coussinets horizontaux on pourra obtenir des sections de fil de toute largeur et de toute épaisseur;

Que l'outil peut se réparer sur la pierre à l'huile, quand, malgré une forte trempe, il s'est formé une dépression par la fatigue de l'étirage, condition essentielle d'un bon outil.

La forme des coussinets horizontaux est assez en-

nuyeuse à exécuter ; la plupart du temps, surtout quand ils sont de peu d'épaisseur, on se dispense de faire les faces concaves, on les fait seulement plates, en ayant soin de ne tremper fortement que leur partie antérieure, le serrage des vis y incruste suffisamment les coussinets verticaux pour éviter tout dérangement.

Disons maintenant quelques mots de la manière d'employer le banc-à-tirer.

Le fil métallique étant forcé de passer dans un trou d'une section moindré que la sienne, s'allonge en raison inverse du carré des diamètres ; ainsi, en passant dans un trou de diamètre moitié du sien, il doit nécessairement quadrupler de longueur (sauf bien entendu l'écrasement du métal, qui résulte de la pression à laquelle il se trouve soumis).

Pour que l'étirage marche bien, il faut :

1° Éviter toute action de grippement entre le métal et la filière, qui détruirait bientôt celle-ci. Pour cela on graisse ou mieux encore on enduit de cire le corps que l'on étire.

2° La vitesse doit être peu considérable surtout pour les premières passes, dans lesquelles, à cause de l'irrégularité primitive du fil, l'effort est très considérable, et pourrait dépasser la résistance due à la ténacité du métal, si l'action était comparable à un choc. Les fils de fer et de laiton de 7 à 8 millim. de diamètre supportent une vitesse de 0^m,50 par seconde ; ceux de 1/2 millim. une vitesse de 1 mèt. Les fils d'argent et de cuivre plus fins peuvent être étirés encore plus rapidement.

3° Il faut après chaque passage, ou au moins après un petit nombre de passages successifs à la filière, recuire le fil qui est devenu aigre par suite de l'écrasement qu'il a subi, et qui serait incapable de supporter un étirage ultérieur, si, par un recuit préalable, on ne lui rendait sa douceur et sa ductilité premières. De plus, les parties qui primitivement étaient plus épaisses que le reste, font nécessairement naître des bosses correspondant aux parties où le métal plus comprimé a pu faire céder quelque peu la filière, et garder assez de ressort pour se gonfler à la sortie du trou plus que les parties voisines. Ce n'est que par des passes, correspondant à un faible serrage, qu'on donne au fil bien recuit, qu'il est possible de les faire disparaître.

4° Ne jamais donner des passes trop fortes capables de désagréger le métal et d'en détruire le nerf quand même on ne le casse pas.

Le banc-à-tirer, tel que nous venons de le décrire, est certes un outil fort ingénieux, et dont l'emploi n'est plus limité à la tréfilerie proprement dite, à la fabrication des fils de fer et de laiton. M. Vende et son élève, M. Roger, en ont varié l'emploi à l'infini, par l'étirage de fils de formes très variées, la fabrication de tubes, de prismes creux obtenus en faisant passer le corps dans la filière, autour d'un mandrin, qui a la forme que doit avoir l'intérieur du tube ; mais néanmoins ces produits étaient nécessairement limités par la forme des filières à des fils formant des surfaces continues, sans arêtes ni saillies.

C'est à M. Roger, habile mécanicien, demeurant à Paris, place du Panthéon, que l'on doit d'avoir ouvert une voie toute nouvelle pour obtenir d'une manière extrêmement avantageuse, au moyen du banc-à-tirer, des produits qu'il serait coûteux et difficile d'obtenir par aucun autre procédé. On a pu voir, à l'exposition de 1839 et à celle de 1844, les produits vraiment merveilleux de cette manière d'opérer. Des entablements doriques, des ciselures de tout genre, du fil pour pignons, de longues bandes rainées et fouillées en tous sens servant à la construction des BATTANTS-BROCHEURS, ont à juste titre excité l'admiration.

Disons quelques mots de ce procédé :

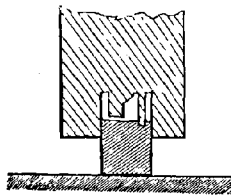
Au lieu d'employer seulement le banc-à-tirer à l'étirage du métal, M. Roger a eu l'idée de s'en servir aussi

pour le couper. Pour cela, après avoir donné au corps, par la filière ordinaire, une forme rectangulaire, enveloppe de la forme définitive qu'on veut obtenir, M. Roger le fait passer dans une espèce de filière dans laquelle on des coussinets, et quelquefois les deux, sont taillés suivant le profil qu'on veut obtenir.

Ce couteau est mobile de manière à pouvoir descendre et monter au moyen d'une vis, et à enlever le métal peu à peu comme le fait le couteau d'une machine à raboter. Le corps rectangulaire supporté par une partie plane ne peut changer de position, et la rainure ou le profil qu'il s'agit d'obtenir se trouve découpé avec une pureté extrême.

Nous donnons ici (fig. 197) le dessin d'un de ces couteaux, qui fera bien comprendre la manière d'opérer, et tous les mécaniciens apprécieront facilement les grands avantages d'un pareil procédé.

Nous terminerons en disant quelques mots des phénomènes qui résultent de l'action de l'étirage.



197.

La pression des parois des trous de la filière s'exerçant à la surface du corps, les molécules de cette partie devront prendre plutôt la forme filamenteuse qui résulte de l'action à laquelle elles sont soumises, que les molécules placées plus près de l'axe, et s'incliner davantage sur celui-ci. Il en résulte ce singulier phénomène que, quelquefois (surtout dans l'étirage de l'acier fondu, lequel présente une difficulté extrême), le corps étiré se divise en petits cônes ou en petits gobelets superposés, ce qui montre bien le mouvement qu'ont pris les molécules.

En général l'acier perd toujours un peu de sa résistance par son passage à la filière, quelque soin qu'on y apporte, mais les corps très malléables, le fer, le laiton y gagnent un accroissement de résistance par suite de l'écrasement qu'ils y éprouvent.

On peut obtenir au banc-à-tirer des fils d'une finesse extrême. Le docteur Wollaston a fait des fils de platine pour les croisements des lunettes astronomiques de 0^m,005 de diamètre ; il en a même obtenu de 0^m,00425. Il serait impossible de travailler un semblable fil, de le tirer sans le rompre, comme aussi de percer des trous réguliers d'un diamètre microscopique. Pour les obtenir, il a renfermé un fil de platine dans un fil d'argent dix fois plus gros, puis a étiré le tout. Les deux métaux, en s'allongeant, conservent sensiblement le même diamètre proportionnel, et quand le fil obtenu est aussi délié qu'il est possible de l'obtenir, on sépare le fil de platine, dix fois plus fin, en dissolvant l'argent par l'acide nitrique, qui laisse le fil de platine intact.

M. Becquezel a obtenu, par un procédé analogue, des fils d'acier extrêmement fins, en se servant de mercure pour dissoudre l'argent.

Nous avons cru nécessaire d'entrer dans quelques détails peu connus sur le banc-à-tirer, parce que cet outil offre des ressources qui ne sont pas encore suffisamment utilisées. Le seul défaut qu'on puisse lui reprocher, qui paraît inhérent à sa nature, et qu'il semble bien difficile d'éviter, consiste en ce que les pièces étirées se courbent toujours, en quittant la filière, par suite des refoulements inégaux du métal dans ses diverses parties. Il faut les redresser, ce à quoi on parvient, soit en les frappant avec un maillet de bois, après les avoir placés sur des supports éloignés, la partie concave en dessous, soit en les pressant entre des surfaces planes pendant le recuit.

BANC-A-TIRER.

BANC-A-EMBOUTIR. Un outil nouveau de l'espèce du banc-à-tirer a été inventé dans ces derniers temps par un habile fabricant, M. Palmer, pour augmenter les ressources que lui procure ce dernier instrument. C'est en quelque sorte un banc-à-repousser. Disons en quoi il consiste. nous indiquerons ensuite ses applications spéciales. Si l'on emboutit au balancier, à l'aide d'un poinçon et de matières successives de profondeur croissantes, on sait qu'on arrivera à produire avec un disque de métal (dont l'épaisseur sera en rapport avec la force du balancier) un tube fermé, en forme de dé à coudre, et cela sans aucune déchirure, si les matrices successives diffèrent suffisamment peu, de telle sorte que l'action pour recourber, roplier le métal ne dépasse jamais la limite d'élasticité.

C'est ce commencement de tubo que M. Palmer s'est proposé d'allonger avec toute la régularité du travail du banc-à-tirer et avec cet avantage, pour certaines applications, de le conserver fermé à une extrémité.

Pour y parvenir, il monte le dé obtenu au balancier sur un mandrin en acier de la dimension que doit avoir l'intérieur du tube. C'est ce mandrin qui est poussé dans des lunettes successives qui produisent l'allongement et le polissage du tube. Il y parvient à l'aide d'une machine, consistant en une forte vis horizontale (dans laquelle s'assemble le mandrin), mise en mouvement par une série d'engrenages et finalement par une manivelle.

On voit que ce banc-à-repousser permet de créer des produits tout nouveaux. Nous citerons des tubes en fer étamé pour le moulage des bougies et chandelles et des bouteilles en métal sans soudure. Ce dernier et curieux produit est fait à l'aide d'un cylindre fermé, obtenu comme nous venons de le dire, et dont la partie qui doit former le goulot est successivement refoulée dans des lunettes qui décroissent très lentement.

Tubes-cordes. Nous citerons encore un curieux produit qui a été obtenu à l'aide du banc-à-tirer; nous voulons parler des tubes à filets hélicoïdaux dit tubes-cordes, inventés par M. Groult, mécanicien à Paris.

Pour obtenir des cannelures hélicoïdales, il faut donner un mouvement de rotation à la filière. Ainsi tandis que l'extrémité du tube est entraînée par la chaîne ou crémaillère de tirage, parallèlement à elle-même la partie qui est dans la filière se tord en s'étirant.

Fig. 498.

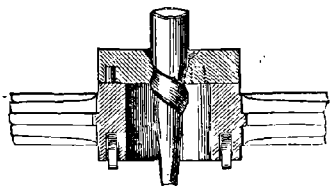
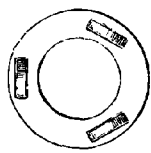


Fig. 499.

Le mouvement de rotation est donné à la filière sur un système de roues dentées dont l'une est fixée sur cette filière, et la mobilité de celle-ci sur sa semelle fixe est assurée par l'interposition de trois galets en acier trempé.

Les fig. 498 et 499 montrent comment est construite

BARATTE.

la filière qui vient s'adapter sur le devant du banc-à-tirer, et comment elle est ajustée par le moyen d'une roue dentée (dont deux bras seulement sont représentés sur la figure), pour permettre de lui imprimer un mouvement de rotation en même temps que la pince de la filière reçoit un mouvement de translation. C'est du rapport de ces deux mouvements que résulte l'inclinaison des filets hélicoïdaux.

CH. LABOULAYE.

BARATTE. De tous les ustensiles d'une laiterie à beurre, la baratte est, sans contredit, le plus important. Elle exerce sur la qualité des produits et sur l'ensemble de la marche des opérations une influence si bien sentie, que chaque année beaucoup de sociétés d'agriculture décernent des prix aux meilleurs instruments de cette espèce soumis à leur approbation.

Le lait se compose, comme on sait, de caséine, de beurre, d'une matière sucrée, de quelques sels minéraux et d'eau. Le beurre se trouve dans le lait sous forme de globules enveloppés d'une pellicule albumineuse très mince. Ces globules, un peu plus légers que le liquide où ils nagent, se réunissent, pour former la crème, à la surface du lait, abandonné à lui-même à une température convenable.

Le lait frais ou la crème, vivement agité ou battu, comme on dit, à une température comprise entre 40 et 47 degrés, éprouve une série de transformations dont la théorie n'est pas encore bien connue : les pellicules qui enveloppent les globules de matière grasse se déchirent, et ceux-ci, en s'agglutinant les uns aux autres, forment des masses de beurre plus ou moins considérables. On va décrire les principaux appareils employés pour effectuer l'opération du battage, et quelques autres ustensiles employés dans la fabrication du beurre. Ces renseignements compléteront ce qui a été dit sur la construction de la laiterie (AGRICULTURE, chap. v), et les articles BEURRE, FROMAGE et LAIT de ce Dictionnaire.

En Normandie et dans les grandes laiteries du Gloucestershire, on emploie généralement une baratte (fig. 4) formée d'un tonneau cerclé en fer et monté sur

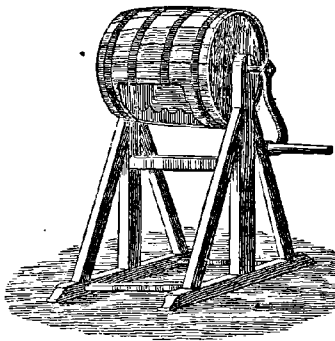


Fig. 4.

un axe horizontal, auquel est adaptée la manivelle qui sert à mettre la machine en mouvement. On introduit la crème par une ouverture pratiquée dans l'une des douves, et facile à fermer par un tampon retenu par un loquet. L'intérieur du tonneau est garni, comme le montre l'arrachement que présente le dessin, d'une série de barres transversales fixes et échancrées. La crème, pendant le mouvement du tonneau, tombe de l'une de ces barres sur l'autre, et se trouve ainsi parfaitement agitée et mêlée avec l'air. Ces barattes ont depuis 50 jusqu'à plus de 150 litres de capacité, et coûtent de 40 à 420 fr.

BARATTE.

Dans les petites fermes ou dans les ménages, on se sert presque exclusivement en France de la baratte à piston (fig. 2), dont tout le monde connaît l'usage. L'arrachement ménagé dans le dessin laisse apercevoir la forme du piston batteur, simple disque de bois percé d'un grand nombre de trous et fixé perpendiculairement à l'extrémité du manche à l'aide duquel on le manœuvre. Le couvercle de la baratte s'enlève facilement pour introduire la crème, laver et enlever le beurre. Le mouvement alternatif du piston, qui doit être aussi régulier que possible, exige de la part de la batteuse une assez grande habitude.

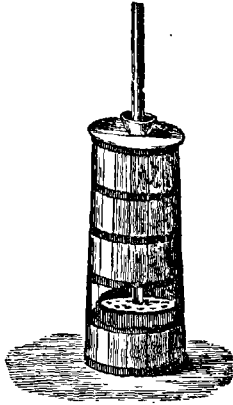


Fig. 2.

Dans certains pays où l'on bat le lait frais, ou bien dans des laiteries fort importantes, on emploie des barattes fondées sur le principe de celle que l'on vient de décrire, mais d'une capacité de 200 à 300 litres. Le piston est alors mis en mouvement par une espèce de brimbale, qui reçoit elle-même son mouvement d'un moteur quelconque.

La baratte, dite écossaise, de Drummont, dont quelques agriculteurs anglais semblent faire grand cas, appartient encore à la classe des barattes à piston. Elle se compose d'une cuve en bois, de forme ovale, partagée en deux compartiments par une cloison verticale percée de trous à sa partie inférieure et à sa partie supérieure. Un piston percé de trous se meut librement dans chaque compartiment. Les tiges de ces deux pistons sont réunies, par des courroies, à une poulie animée d'un mouvement circulaire alternatif, de manière que l'un des pistons s'élève quand l'autre s'abaisse, et réciproquement. Il résulte de ce double mouvement que la crème se trouve rejetée tour à tour d'un compartiment dans l'autre et très vivement agitée. La poulie qui commande les pistons reçoit d'ailleurs son mouvement d'une manivelle montée sur un petit volant que l'on tourne à la main. Le beurre se fait très vite dans cette baratte; elle coûte, en Angleterre, 44 fr. pour 9 litres, et 400 fr. pour 50 litres.

La baratte à tonneau et la baratte à piston, dont on a donné ci-dessus les figures, sont les plus fréquemment employées. Mais il existe un grand nombre d'autres barattes, parmi lesquelles nous signalerons les suivantes, qui semblent les plus dignes de fixer l'attention.

La baratte dite de Rowan (fig. 3 et 4) se compose d'une cuve cylindrique ovale partagée en deux compartiments, dans le sens de sa longueur, par une cloison verticale que l'on aperçoit dans le plan de l'appareil. Cette cloison laisse à chacune de ses extrémités un certain espace libre qui permet au liquide de passer facilement d'un compartiment dans l'autre. Le batteur occupe une partie de l'un des compartiments; il est mis en mouvement par un pignon commandé par une roue dentée montée sur l'arbre du petit volant, auquel on imprime à la main un mouvement de rotation régulier. Le liquide, entraîné et chassé par le mouvement du batteur, passe rapidement d'un compartiment à l'autre, avec un mouvement circulaire analogue à celui que l'on observe dans les piles à chiffon des papeteries. Les extrémités de la cuve et une partie du compartiment du batteur sont garnies de couvercles qui s'opposent à la projection de la crème. Ces couvercles sont percés

BARATTE.

de trous garnis de bouchons mobiles, qui se lèvent pour laisser entrer ou sortir l'air comprimé par le refoulement ou l'appel du liquide. Le compartiment libre

Fig. 3.

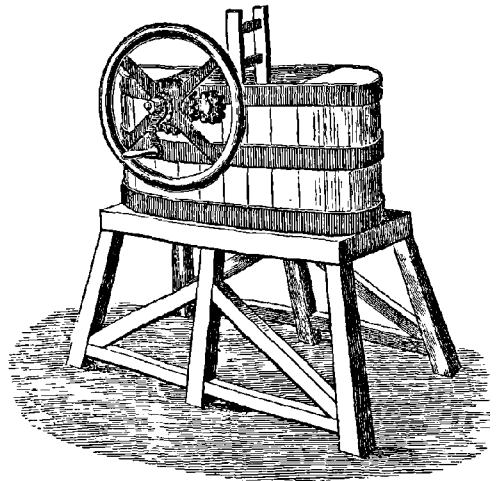
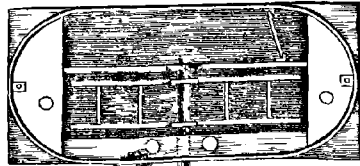


Fig. 4.

de la cuve est garni à sa partie supérieure par une petite cloison, que l'on aperçoit sur le plan; au-dessous de laquelle passe le liquide en mouvement, mais qui arrête le beurre, que sa légèreté spécifique tend à réunir à la surface.

Pendant l'hiver, on peut remplacer la cloison verticale en bois de la baratte par un vase plat en étain, rempli d'eau chaude, pour amener la masse à la température la plus favorable à la formation du beurre. On construit des barattes de Rowan de 40 à 80 litres de capacité. Leur prix varie de 25 à 400 fr.

La baratte dite de Sussex (fig. 5) se compose d'un cylindre d'étain, de fer-blanc, ou même de zinc, fixé

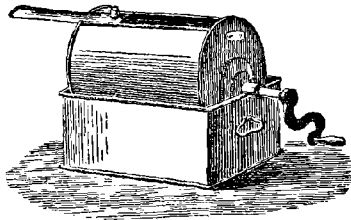


Fig. 5.

sur des tasseaux qui lui permettent de rester horizontal. On introduit le lait ou la crème par la porte à cou-

BARATTE.

lisse que montre le dessin. L'axe du cylindre est occupé par l'axe du batteur, que l'on met en mouvement à l'aide d'une manivelle. Ce batteur est formé de deux ou de quatre lames plates et échancrées fixées à l'axe, ou bien par des tiges d'étain parallèles à l'axe, et plus ou moins rapprochées de la circonférence. Le faible volume de cette baratte permet de la placer dans un vase rectangulaire en fer-blanc, où l'on entretient de l'eau à la température la plus convenable pour le battage.

La baratte de M. Lavoisy, brevetée à Paris et mentionnée honorablement par le jury de l'exposition universelle de Londres, ne diffère de celle que l'on vient de décrire que par l'emploi d'un engrenage qui augmente la vitesse de rotation du batteur.

On donne aux barattes en métal dont nous parlons de 0^m,25 à 0^m,45 de longueur, sur 0^m,16 à 0^m,32 de diamètre. Elles ne peuvent convenir, par conséquent, qu'aux usages domestiques ou dans de très petites exploitations; elles valent de 25 à 80 fr.

La baratte flamande et la baratte des Vosges sont formées, comme la précédente, d'un vase cylindrique fixe dans lequel tourne un batteur à axe horizontal. Dans la première, le batteur est formé de quatre tiges cylindriques parallèles à l'axe; le batteur de la baratte des Vosges, au contraire, se compose de huit ailes planes percées de trous et fixées à l'axe. Ces deux barattes sont en bois et atteignent d'assez grandes proportions. Mais leur nettoyage, surtout celui de la baratte des Vosges, est assez difficile.

La baratte, dite américaine, de MM. Anthony et Emmerson, diffère notablement de toutes les précédentes. Le lait est renfermé dans une caisse en bois de forme cubique, traversée, à peu près au milieu de sa hauteur, par un arbre horizontal, au moyen duquel on peut imprimer un mouvement de rotation à un batteur d'une construction toute particulière. Ce batteur

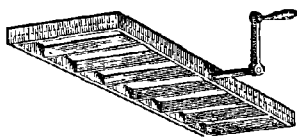


Fig. 6.

(fig. 6) n'est autre chose qu'un cadre rectangulaire partagé en un plus ou moins grand nombre de cases par de petites cloisons fixées au cadre lui-même et au grand diaphragme, qui le partage en deux dans le sens de la plus grande dimension. Ce batteur agit parfaitement la crème, et surtout force une grande quantité d'air à la traverser et à se mélanger avec elle. Le beurre se fait très vite dans cet appareil, mais il ne paraît pas qu'il convienne de lui donner plus de 40 à 50 litres de capacité.

Dans un assez grand nombre de barattes, et notamment dans les petites barattes de table en cristal dont l'idée est attribuée au célèbre Wedgwood, le batteur est formé d'un arbre vertical garni d'ailes, auquel on imprime, par différents mécanismes, un mouvement rapide de rotation. Cette disposition ne donne un battage suffisamment énergique que dans des vases de très petite dimension; pour la rendre applicable à de plus grands appareils, on a eu l'idée de placer dans l'intérieur des barattes des espèces d'ailes fixes, entre lesquelles passent les ailes du batteur. Cet artifice permet d'obtenir un très bon battage, quelles que soient les dimensions des appareils employés. Les barattes construites par M. Clyburn sont fondées sur ce principe; ce sont les plus grands appareils de cette espèce que nous avons eu l'occasion de rencontrer; ils sont par-

BARATTE.

faitement convenables pour les laiteries des exploitations importantes ou des associations, et paraissent, à ce titre, mériter ici une mention toute particulière.

La baratte de M. Clyburn (fig. 7) se compose d'un tonneau légèrement conique et solidement cerclé, de près de 400 litres de capacité, dans lequel se meut un axe vertical en bois *h h*, garni de deux séries de tiges placées dans des plans perpendiculaires. Aux parois du tonneau sont fixées quatre séries de tiges semblables, formant contre-batteur et disposées de manière que le batteur puisse passer dans les espaces vides qu'elles laissent entre elles. L'arrachement ménagé dans le bas du tonneau permet d'apercevoir la disposition du batteur et du contre-batteur dont on vient de parler. La machine est mise en mouvement par une force mécanique. L'application des moteurs aux barattes à beurre présente le double avantage d'épargner à l'homme un travail pénible et d'imprimer à la machine une régularité de marche qui paraît très favorable à la qualité des produits. Le mouvement est transmis au batteur par la roue d'angle *c* montée sur l'arbre de la poulie *a*, sur laquelle s'enroule la courroie motrice. On arrête le batteur au moyen du levier *b* qui peut, à volonté, faire passer la courroie de la poulie *a* sur la poulie folle placée à côté. Le batteur doit faire environ 400 tours par minute.

Lorsque le battage est terminé, on enlève la clavette *g* qui réunit l'arbre en bois du batteur à l'axe de la roue d'angle, et on soulève celui-ci à l'aide de la vis *d* et du levier *e f*. On peut alors enlever le couver-

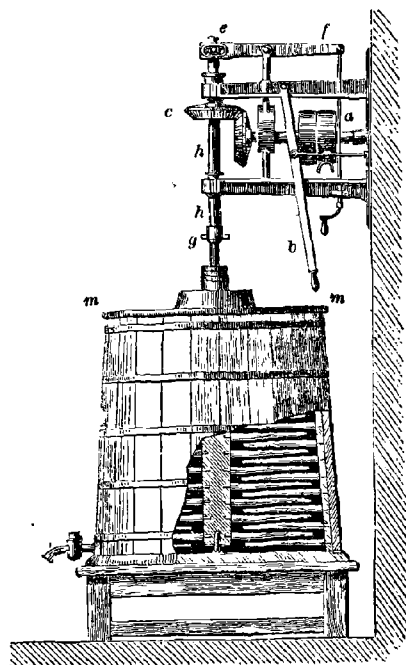


Fig. 7.

cle *mm*, puis le batteur et nettoyer l'intérieur de la baratte. Le robinet qui est au bas du tonneau sert à l'écoulement du lait de beurre et des eaux de lavage.

On a proposé et on emploie dans quelques pays plusieurs espèces de barattes différentes de celles que nous avons décrites, telles sont par exemple les barattes à balançoires, etc.; mais ces appareils sont ou trop im-

BARATTE.

parfaits ou trop peu répandus pour qu'il soit utile de s'en occuper.

Outre la baratte on rencontre encore parmi les ustensiles nécessaires à la laiterie des pilons et des rouleaux pour tasser et saler le beurre, des moules, des tamis, des spatules, etc.; mais ces différents instruments sont trop simples ou trop connus pour mériter une description particulière.

Les vases employés pour recueillir et conserver le lait sont en métal ou en terre. Ces derniers sont généralement préférables, parce que les métaux, quelque soin que l'on en prenne, sont toujours sujets à s'oxyder. On commence à employer, pour déposer le lait et recueillir la crème, des terrines en verre blanc ou coloré; ces vases sont de beaucoup préférables à tous les autres, et il résulte de quelques expériences déjà faites en grand que leur casse n'est pas plus considérable que celle des vases de terre. En Allemagne des terrines en verre vert, de 0^m,40 de diamètre, coûtent environ 0^f,80 pièce. En Angleterre de semblables terrines en verre blanc reviennent à près de 2 francs. Il est à désirer que l'emploi de terrines en verre se répande dans nos laiteries.

H. M.

BARYTE, oxyde d'un des métaux alcalino-terreux, le *Baryum*. On l'obtient aisément en dissolvant le carbonate de baryte natif (withérite) dans l'acide nitrique, et décomposant ensuite par la chaleur, le nitrate ainsi formé, dans un creuset de platine couvert, que l'on porte au rouge vif. C'est une substance d'un blanc terreux, difficilement fusible, qui a un goût âcre et caustique, corrode la langue et toute matière animale; elle est vénéneuse, même en très faible quantité, et a une puissante réaction alcaline. Sa densité est de 4,0. Elle s'échauffe considérablement lorsqu'on l'arrose avec une petite quantité d'eau et se délite en une poudre blanche, fine, qui est de l'hydrate de baryte, renfermant 40,5 p. 400 d'eau, et qui se dissout dans 40 fois son poids d'eau. Cette dissolution laisse déposer, par refroidissement, une abondante quantité de cristaux d'hydrate de baryte; mais elle retient toujours un vingtième de son poids de baryte, et porte alors le nom d'eau de baryte. Les cristaux ci-dessus contiennent 60,5 p. 400 d'eau; mais ils en perdent 50 parties par la dessiccation. L'hydrate qui reste se fond au rouge, sans perdre d'eau.

La baryte se reconnaît à la propriété qu'elle possède de former avec l'acide sulfurique un composé insoluble dans l'eau et dans les acides, propriété qui est très usitée dans les arts chimiques et dans les laboratoires, pour constater la présence de l'acide sulfurique et en déterminer la quantité.

Le sulfate de baryte est blanc, très pesant, assez commun dans le règne minéral, et fort souvent employé dans une proportion considérable pour falsifier le blanc de céruse (carbonate de plomb); on reconnaît cette fraude en dissolvant celui-ci dans de l'acide nitrique étendu, qui dissout le plomb et laisse le sulfate de baryte en résidu.

BASSORINE. On appelle ainsi le principe constituant d'une espèce de gomme qui vient de *Bassora*, de la gomme adragante et de quelques gommés-résines. Elle est demi-transparente, difficile à pulvériser, se boursouffle considérablement dans l'eau froide ou bouillante, et forme un mucilage épais, sans se dissoudre. Traitée par dix fois son poids d'acide nitrique, elle produit près de 23 p. 400 de son poids d'acide mucique, ce qui est beaucoup plus qu'on n'en obtient de la gomme arabique ou de la gomme du cerisier. La bassorine est très soluble dans l'eau, légèrement acidulée par de l'acide nitrique ou de l'acide muriatique. On la prépare en laissant digérer la gomme de Bassora dans une grande quantité d'eau froide, et filtrant pour séparer toutes les matières solubles dans l'eau.

BATEAU, voyez NAVIRES

BATEAU A VAPEUR.

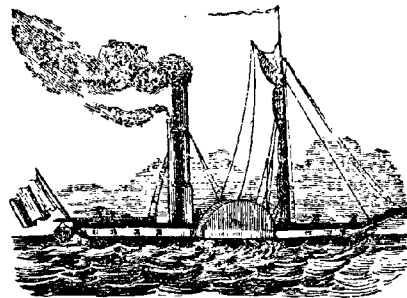
BATEAU A VAPEUR (*anglais* steam-boat, *allemand* dampfschiff). Le progrès industriel le plus remarquable de notre époque est, sans contredit, l'application de la machine à vapeur à la locomotion sur la terre et sur l'eau. Ce sont là de ces découvertes réellement providentielles, destinées à changer la face du globe et à faire faire un pas immense à l'humanité tout entière, en détruisant les barrières qui séparaient jusqu'alors les diverses nations.

A l'article **CHEMIN DE FER**, nous traiterons avec détail de la locomotion sur terre; ici, nous allons nous occuper du *bateau à vapeur*, qui utilise si admirablement les fleuves, les rivières et les canaux qui sillonnent en tous sens nos continents, pour la célérité des communications et surtout des transports, et vient soustraire le commerce maritime aux caprices des vents.

Déjà en 1695, Papin, le véritable inventeur de la machine à vapeur à piston, proposait d'employer cette machine à mouvoir des roues à palettes, qui servaient à avancer les bateaux auxquelles elles seraient fixées.

Le premier qui appliqua cette idée est le marquis de Jouffroy, qui construisit, en 1780, un bateau à vapeur de 46 mètres de longueur, qui fut essayé sur la Saône. Le moteur consistait en une machine atmosphérique qui faisait mouvoir deux espèces de volets, s'ouvrant pour repousser l'eau et faire avancer le bateau, puis se refermant pour venir reprendre leur position primitive. Dans un essai subséquent il remplaça les volets ci-dessus par des roues à aubes, qu'on avait déjà essayé, sans succès, de substituer aux rames pour la navigation ordinaire; mais ce fut toujours avec peine que l'on parvint à faire marcher le bateau, sans pouvoir jamais atteindre une vitesse un peu considérable. La machine à vapeur atmosphérique était trop imparfaite, l'art du constructeur trop peu avancé, pour qu'on pût obtenir des résultats importants.

Mais lorsque Watt eut perfectionné la machine à vapeur, lorsqu'il eut créé, pour ainsi dire en même temps, la science du constructeur de machines, le problème fut bientôt résolu. L'Américain Fulton, après avoir construit un premier bateau sur la Seine, dont les résultats bien qu'imparfaits lui firent néanmoins comprendre que la vitesse n'était limitée que par la faiblesse des machines qu'on employait, fit construire à New-York, en 1807, un bateau de grandes dimensions, dont Watt fournit la puissante machine. De ce jour la navigation à vapeur était créée, et on entra dans la série des perfectionnements si nombreux qui y ont été apportés depuis, et qui se succèdent encore avec tant de rapidité chaque jour.



498.

Nous diviserons cet article en trois parties, dans lesquelles nous traiterons successivement :

1^o Du bateau et de sa forme. — De la résistance qui s'oppose au mouvement.

2^o De la chaudière et de la machine à vapeur. — Puis :
sance du moteur.

3^e Appareils de propulsion. — Emploi de la force.

§ 1. FORME DU BATEAU. La forme extérieure d'un bateau est déterminée par la condition d'offrir le moins de résistance possible. Malheureusement la théorie de la résistance des fluides est encore trop obscure, pour que la théorie ait pu déterminer d'une manière satisfaisante la forme du solide de moindre résistance. Les nombreux résultats de la pratique peuvent seuls guider les constructeurs. Il est néanmoins des principes fondamentaux, sur lesquels reposent les principaux résultats obtenus, qui permettent de se rendre compte d'une manière générale des formes adoptées.

4^e La résistance qu'éprouve un bateau à se mouvoir est sensiblement proportionnelle au maître-couple (la plus grande section immergée du bateau), et varie peu avec la longueur. Il y aura donc avantage à allonger beaucoup un bateau, puisque pour une même charge l'enfoncement, et par suite le maître-couple, sera moindre. On n'est limité que par la nécessité de conserver au bateau une force suffisante, surtout à la mer, où un bateau trop allongé ne saurait résister et se briserait par le milieu. D'ailleurs, comme dans ce cas on doit pouvoir employer la voile, en cas de mise hors d'état de service des machines, on ne peut adopter une forme trop différente de celle des navires à voiles.

Pour ceux-ci, le rapport de la longueur à la largeur, mesurée à la flottaison, est de $3\frac{1}{2}$ à $3\frac{3}{4}$; pour les bateaux à vapeur marins, il est de 5 à 6; pour les bateaux de rivière ce rapport est bien plus considérable, et n'est souvent limité que par la possibilité de tourner dans toutes les parties de la rivière. On fait aussi généralement les bateaux de rivière à fond plat, afin de diminuer le tirant d'eau et de pouvoir naviguer pendant les basses eaux.

Le moyen le plus convenable pour diminuer le tirant d'eau est de construire une coque très légère; beaucoup de constructeurs considèrent même cette condition comme d'une importance supérieure à toute autre. On comprendra combien il est difficile d'y satisfaire, en songeant à la fatigue qui résulte, pour la coque, du poids énorme des machines, lequel se trouve concentré en son milieu. Enfin, quelques exemples paraissent indiquer que la substitution du fer et de la tôle de fer au bois, permettra de construire des coques, assez coûteuses il est vrai, mais réunissant à beaucoup de résistance une grande légèreté.

Avant du bateau. C'est sur l'avant du bateau que se produisent les résistances directes; c'est aussi sur sa forme qu'ont principalement porté les recherches des constructeurs.

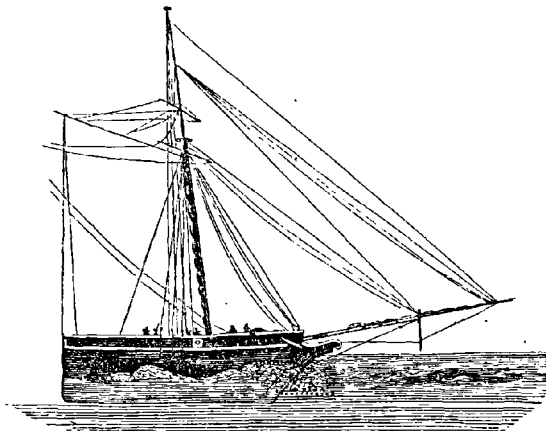
Le bateau à vapeur étant destiné à marcher avec de grandes vitesses, la proue doit en être effilée, afin que le prisme d'eau qui se trouve déplacé à chaque instant tende à être écarté latéralement au lieu d'être refoulé, et éprouve une résistance sensiblement proportionnelle au carré de la vitesse avec laquelle elle se meut.

C'est pour diminuer cette résistance que l'on construit la proue des bateaux inclinée à l'horizon sous un angle de 45°, et qu'on la termine par une pièce en bois saillante de peu d'épaisseur appelée *taille-mer*, à laquelle viennent se raccorder les courbes du bateau.

Ce que nous venons de dire de l'avant, fait aisément comprendre toute l'importance de la bonne construction de cette partie du bateau. Nous nous sommes demandé s'il n'était pas possible de diminuer encore cette partie si importante de la résistance totale, par une disposition qu'on nous permettra de rapporter ici, invention que nous avons publiée dans une brochure parue en 1843, dont nous extrayons la description suivante :

Système proposé. Le nouveau système que nous proposons consiste dans l'installation, à bord d'un bateau à vapeur, d'une machine soufflante (celle à piston est la plus avantageuse, vu surtout l'extrême facilité qu'on a de la faire mouvoir par la machine à vapeur) qui chassera de l'air dans l'eau au moyen d'un tuyau placé à la partie inférieure de l'avant. Ce tuyau sera percé à sa partie supérieure d'un grand nombre de petits orifices, par lesquels l'air arrivant dans l'eau en petits filets, rendus discontinus par la progression du bateau et le mouvement de l'eau, formera dans la masse une multitude de globules. L'eau enfin sera ainsi amenée à l'état d'un liquide en ébullition, et formerait un mélange d'une densité d'autant moindre, que la quantité d'air lancé serait plus grande (fig. 199).

Il paraît facile de constituer à cette espèce d'état mixte



499.

la partie du liquide, fraction assez faible du volume déplacé, qui forme le remous antérieur et qui est choquée avec le plus de vitesse par la partie la plus avancée de l'avant, sans produire d'autre effet nuisible, que d'élever d'une manière insignifiante le niveau du liquide en cette partie car la majeure partie de l'eau, remplacée par l'air, dans cette action de bouillonnement, s'écartera latéralement après avoir été un peu élevée au-dessus du niveau général. Elle ne saurait, en effet, se maintenir en gerbe isolée.

Ce système nous paraît devoir beaucoup diminuer la résistance.

1^o Parce que l'effort nécessaire pour écarter les filets fluides sera moindre de celui qui serait nécessaire pour écarter le volume correspondant à la partie de l'air qui se dégagera pendant la durée de cette action d'écartement. Ce sera le même effet que si une partie du liquide à écarter était supprimée.

2^o Parce que la quantité de mouvement imprimée au fluide compris dans le remous sera considérablement diminuée.

Cet effet, correspondant à la masse en mouvement, est proportionnel à la densité; or, le volume restant le même et la densité de l'air étant presque nulle, relativement à celle de l'eau, la perte de forces vives sera donc diminuée de toute la quantité qu'eût absorbée le volume d'eau remplacé par un volume d'air.

3^o En ce que le choc qui a lieu à la rencontre du fluide en repos par le corps en mouvement, dont l'effet croît rapidement avec la vitesse, absorbera une moindre quantité de travail, parce que : outre l'effet indiqué ci-dessus, par l'effet de l'espèce de coussin élastique que formera le mélange d'eau et d'air, le choc aura lieu entre corps élastiques, au lieu d'avoir lieu entre des corps privés d'élasticité, et cela d'autant plus que l'air, s'élevant le long des faces inclinées de l'avant qu'il rencontre, s'accumulera à l'endroit du contact du bateau et de l'eau.

4^o Parce que l'effet de l'ascension des globules d'air diminuera les pressions horizontales du liquide, qui ne sauraient rester les mêmes, lors de ce mouvement qu'à l'état statique.

Nous pensons donc être fondés à conclure de ce qui précède, que le mouvement d'un bateau rencontrant ce nouveau fluide élastique, composé d'eau et d'air d'une densité bien moindre que celle de l'eau, sera produit avec une moindre dépense de force motrice, ou bien en augmentant celle-ci et en appliquant une partie à l'établissement du système proposé, qu'on fera croître la vitesse résultant des systèmes de locomotion déjà employés, et auxquels son effet viendrait s'ajouter.

Mais il faudrait savoir jusqu'à quel point il est avantageux d'utiliser ainsi la force motrice. Or, pour cela, il faudrait calculer d'une part la force nécessaire pour l'insufflation de l'air, et de l'autre, l'effet produit en proportion du volume lancé et de la position de l'eau qu'il remplace par rapport au bateau. Malheureusement, il nous paraît impossible, dans l'état actuel de la science, de pouvoir se rendre un compte quelque peu approché de cet effet. Il faut donc recourir à quelques expériences préparatoires.

Nous pensons cependant que, dût la proportion d'effet utile de ce système être moins considérable qu'on peut l'espérer, il doit permettre, par sa combinaison, dans certaines proportions avec le système actuel, de dépasser la limite du maximum de vitesse qu'il a été possible d'obtenir jusqu'à ce jour. Cette limite, résultant bien plus de la diminution rapide de la proportion d'effet utile de l'appareil moteur quand on augmente sa vitesse, que de la difficulté d'accroître la force motrice, il deviendra souvent plus avantageux d'employer le nouveau système que l'ancien pour obtenir les derniers accroissements de vitesse.

En effet, à mesure que la vitesse augmente, la proportion d'effet utile doit croître rapidement pour celui-ci, car la dépense croissant comme la quantité de fluide rencontrée, c'est-à-dire, comme la vitesse, l'effet utile ou la diminution de résistance correspondant au choc ou à la communication de forces vives doit croître comme le carré de celle-ci.

Il paraît donc que le succès commercial de ce système est probable, surtout pour les cas où il importe d'obtenir, avant tout, de grandes vitesses, condition souvent la plus importante de toutes.

Flancs et arrière du bateau. L'eau déplacée par l'avant du bateau ne pouvant passer instantanément à l'arrière, et le vide qui se produit en cette partie par suite de la progression, ne pouvant être instantanément comblé par le liquide environnant, à cause de son inertie, il en résulte un accroissement de pression à l'avant et une diminution à l'arrière, relativement à la pression statique, effets qui tous deux accroissent la résistance. Il importe donc de faciliter autant qu'il est possible par la construction du bateau le passage du fluide de l'avant à l'arrière; c'est pour cela, autant que pour la stabilité du bateau, qu'on en construit les murailles verticales, sans renflement inutile dans le sens de la longueur. La poupe effilée, à flancs très évidés, facilite encore le pas-

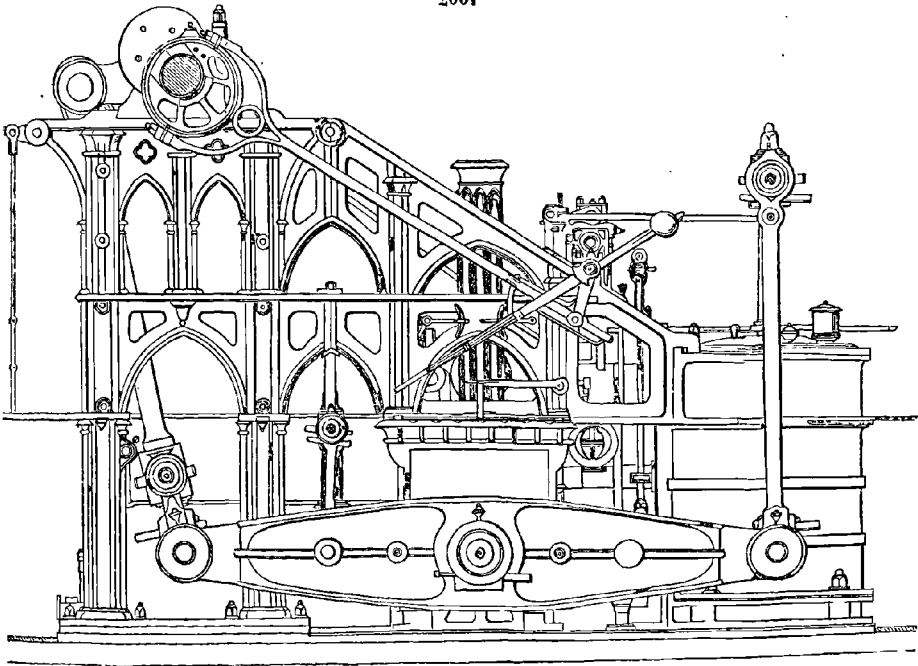
sage du liquide, et tend à diminuer autant que possible le frottement latéral. Ce frottement peu sensible pour de faibles vitesses, n'est pas à négliger quand elles deviennent considérables, car il paraît croître proportionnellement au carré de la vitesse, d'après les dernières expériences faites à ce sujet en Angleterre.

Il résulte des expériences du colonel Beaufoy et de celles de M. Barlow (*Voy. Campagnac, de l'Etat actuel de la navigation à vapeur*,) que pour des bateaux bien construits, la résistance totale n'est que $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{9}$ de la résistance qu'éprouverait un plan, de même surface que le maître-couple, se mouvant avec la même vitesse que le bateau.

§ II. DE LA MACHINE A VAPEUR. Les machines le plus généralement employées sont :

1° *Les machines oscillantes* : elles conviennent à la navigation des rivières d'un faible tirant d'eau à cause de leur extrême simplicité, qui rend leur poids peu considérable. Ce système pratiqué d'abord par M. Maudslay de Londres, a été souvent exécuté par M. Cavé de Paris. Le peu d'espace qu'il occupe permet d'établir les machines à bord du bateau, de telle sorte qu'elles ne puissent participer que très peu à la déformation qu'il finit toujours par éprouver (voir la fig. de ce genre de machines à l'article MACHINES A VAPEUR). Ces machines ne sauraient convenir pour la navigation maritime et pour les bateaux d'un fort tonnage, parce que lorsque la puissance devient un peu considérable, elles produisent un moindre effet utile que les machines fixes, tant par suite du frottement des tourillons auxquels on se trouve obligé de donner une masse considérable, qu'à cause de la quantité de force vive acquise dans le mouvement et qui doit être détruite à chaque demi-oscillation.

2° *Les machines à balancier*. C'est réellement la machine de Watt, dans laquelle seulement on a mis à la partie inférieure le balancier, qu'il eût été trop difficile de placer à la partie supérieure. C'est le système de ma-



chines le plus généralement adopté. Des différences seulement de peu d'importance se remarquent dans le grand nombre de machines construites dans ce système, et, comme le dit le savant ingénieur de la marine M. Hubert de Rochefort : Cette uniformité dans les détails principaux n'est pas le résultat d'une aveugle routine, ainsi qu'on pourrait le supposer, mais le résultat d'un grand nombre d'expériences dirigées par l'intérêt particulier, dans le but de trouver les moyens mécaniques qui conviennent le mieux au service de la mer.

Le dessin (fig. 200) représente la machine des grands paquebots de 450 chevaux adoptée par les ingénieurs de la marine, d'après le projet de M. Bourdon du Creusot.

Le principal avantage de ces machines consiste dans une parfaite liaison de toutes les parties, qui en assure la solidité.

3° *Machines type gorgone*. On s'attache actuellement en Angleterre à l'essai de divers systèmes de machines dont le résultat est jugé comme très douteux par les ingénieurs français. On les dit *type gorgone* parce qu'ils ont été établis pour la première fois pour une frégate de ce nom. Ils consistent essentiellement à faire agir directement la tige du piston sur la bielle qui transmet le mouvement à l'arbre des roues, au moyen d'une manivelle. Le plus ingénieux de ces systèmes est sans contredit la machine à fourreau de Maudslay. Dans ce système ce n'est plus la tige du piston qui transmet la force motrice, mais c'est la bielle elle-même, qui, articulée sur le piston, entre et oscille dans un cylindre ovale ou fourreau, qui pénètre à son tour, dans le cylindre à vapeur, et est ajusté dans une boîte à étoupes, comme une tige de piston. L'inconvénient de cette machine est d'exiger des cylindres énormes, pour qu'il reste encore quelque force disponible pour le mouvement de descente du piston dont la surface se trouve beaucoup réduite, et de faire naître une résistance considérable sur tout le pourtour du fourreau qui se meut dans une boîte à étoupes d'une énorme dimension. Il ne peut guère être employé, comme les machines oscillantes, que pour de très faibles machines, pour des bateaux de rivière.

Ce n'est pas, il faut bien le remarquer, pour le vrai plaisir d'innover qu'on voit aujourd'hui tous les bons constructeurs anglais livrés à la recherche de systèmes plus ou moins analogues à celui dont nous venons de parler, systèmes qui sont tous basés sur l'action directe de la tige du piston sur la manivelle de l'arbre des roues. Ces systèmes, indépendamment de défauts spéciaux à quelques-uns, résultant des dispositions adoptées, ont tous le désavantage :

1° De ne permettre qu'une faible course de piston; condition d'un mauvais travail de la machine; 2° de fatiguer bien plus les articulations de la bielle, que les machines à balancier; 3° et enfin de nécessiter l'emploi de roues à aubes d'un grand diamètre, à cause de l'élévation où l'on est obligé de placer l'arbre pour pouvoir donner une certaine étendue à la course du piston, condition très défavorable puisqu'elle ne permet plus de déterminer la vitesse des aubes d'après la condition du meilleur travail.

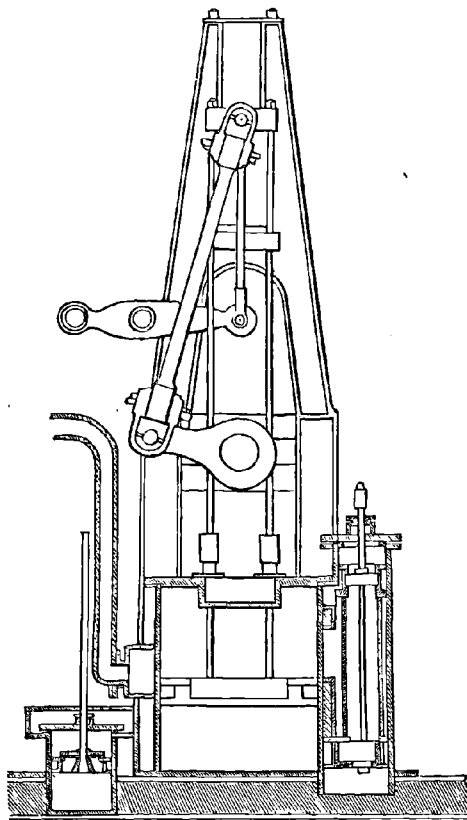
Si d'habiles constructeurs ont pu malgré ces inconvénients tenter fréquemment l'introduction de machines du genre de celles dont nous parlons, c'est qu'ils étaient frappés de l'inconvénient que présentent les machines à balancier d'occuper un grand espace, et par suite de ne plus laisser, pour ainsi dire, de place disponible pour les passagers ou les marchandises, et d'offrir un poids considérable qui a pour effet de diminuer, soit la vitesse du bateau à vapeur, soit la charge qu'il peut transporter.

Parmi les systèmes qui paraissent les meilleurs, entre tous ceux tentés jusqu'à ce jour, nous signalerons le suivant, dans lequel on a évité une partie des inconvénients

que nous avons signalés, en faisant agir la tige du piston sur la bielle, au-dessus de la manivelle, au lieu de la faire agir au-dessous; ce qui permet d'augmenter la course du piston, tout en abaissant l'arbre des roues à palettes.

Ce système dit à clocher est une invention de M. David Napier; il a le mérite d'être compacte, très propre à la navigation fluviale, et de présenter des avantages qui depuis quelque temps en ont étendu l'application.

Pour s'en faire une idée, il suffit de jeter les yeux sur la fig. 204 où l'on a représenté en coupe une machine de



204.

ce genre, établie par M. Napier lui-même. Dans ce système, le piston porte deux tiges très longues qui vont s'assembler par le haut sur un axe horizontal conduit dans son mouvement de va-et-vient par des guides. Sur cet axe est attaché la bielle qui fait agir la manivelle de l'arbre des roues motrices, lequel est placé plus bas, entre les tiges des pistons, ainsi qu'une autre bielle qui, par l'entremise d'un levier, manœuvre la pompe à air.

Le défaut de ce système consiste : dans la longueur des tiges du piston, qui ont besoin, pour ne pas fléchir, d'être très fortes, ou qu'on est obligé de faire passer par des colliers, pour s'opposer à cette flexion et pour qu'elles fonctionnent toujours suivant une ligne parfaitement verticale; dans l'accroissement de frottement qui résulte de cette disposition, et dont il est facile de se rendre compte; ensuite dans l'inconvénient d'avoir sur le pont, indépendamment de la cheminée, une pyramide rectangulaire assez haute, qui prend de la place, contra-

rie le chargement et la manœuvre, élève le centre de gravité, donne prise au vent, etc. Aussi ce modèle paraît-il peu applicable à la navigation maritime, et en a-t-on borné jusqu'à présent l'emploi aux bâtiments qui naviguent sur les rivières.

On a apporté sur divers bâtiments pourvus de ces machines quelques modifications, qui en ont rendu le jeu plus commode et plus précis; mais les pompes à air ayant trop de hauteur, le piston se meut avec trop de rapidité, et les clapets se ferment avec tant de force et de vivacité, que ces pièces doivent momentanément être mises hors de service.

Quel que soit le système adopté, on est généralement dans l'usage de placer deux machines à bord des bateaux à vapeur, chacune d'elles agit sur une manivelle de l'arbre. Ces manivelles sont à angle droit, de manière que quand l'une correspond au point mort de l'une des machines, l'autre correspond au maximum d'action de l'autre machine, ce qui rend inutile l'emploi d'un volant. Les Américains, qui n'emploient souvent qu'une machine, adaptent quelquefois à la circonférence des grandes roues à aubes de leurs bateaux de pesantes masses métalliques, de manière à leur faire produire l'effet de volants.

De la pression. On n'emploie en Angleterre que la basse pression. Il en est de même en France pour la marine royale. Les dépôts salins considérables auxquels l'eau de mer donne lieu, rendent dangereuse une combustion aussi vive que celle qui a lieu sous des chaudières produisant de la vapeur à haute pression. Il en est de même du mouvement de roulis du navire qui projette l'eau contre les parties de chaudière qui se sont fortement échauffées par l'abaissement du niveau. Il ne saurait cependant être douteux qu'on ne doive quelque jour employer avec avantage des machines à moyenne pression, de 2 à 3 atmosphères, pour lesquelles la vapeur peut encore se produire facilement. Beaucoup de bateaux de rivière ont adopté avec avantage ces machines. Mais il ne saurait être douteux non plus, qu'on doive repousser l'emploi de machines à haute pression et sans condensation, dont l'emploi même semble absurde pour un bateau qui se meut au milieu de l'eau, et par suite où l'eau d'injection est fournie abondamment et pour ainsi dire sans dépense. Les Américains emploient, il est vrai, sur les eaux de l'ouest, des machines à très haute pression; mais on sait combien les accidents y sont fréquents.

Cependant il faut distinguer dans tous les cas de construction de bateaux à vapeur, ceux qui n'ont à faire que de courts trajets et pour lesquels une grande vitesse est la grande condition de succès, de ceux qui sont destinés à fournir de grands trajets en utilisant le mieux possible le charbon et en évitant toute cause de réparations. — Pour les premiers seulement la haute pression, fournissant une force motrice considérable, et une évaporation rapide en jetant la vapeur dans la cheminée, peut être avantageuse commercialement, tout en faisant la base d'une machine inférieure, au point de vue de l'économie du combustible et de la fréquence des réparations, aux machines à basse pression.

De la détente et de l'avance du tiroir. L'expérience a prouvé qu'en ne laissant entrer la vapeur dans le cylindre que pendant une partie de la course du piston, pour profiter de la détente, on obtenait non seulement une économie de combustible, et une diminution dans les dimensions de l'appareil évaporatoire; mais encore le même effet utile, entre certaines limites, que si on avait introduit la vapeur pendant toute la course du piston. Nous empruntons ce qui suit à l'intéressant mémoire de M. l'ingénieur Reech, cité par M. Campagnac. « Dans les machines posées et proportionnées comme le sont celles de la marine royale dites de 160 chevaux, le maximum de la puissance ne correspond pas au cas où la

vapeur afflue pendant la totalité de la course du piston, mais à celui où la détente commence aux $\frac{884}{1000}$ de la course; en sorte qu'il y aura augmentation de puissance d'une manière absolue pendant qu'on réduira la dépense de vapeur et par suite celle du combustible de $\frac{1}{7}$.

La cause de cette particularité gît dans la longueur du temps qui est physiquement nécessaire pour que le vide puisse s'effectuer convenablement devant le piston au commencement de chaque course nouvelle, et qui met dans la nécessité de commencer à faire évacuer la vapeur au condenseur avant la fin de chaque course du piston. Ce n'est même que par suite de cette condition et afin de pouvoir y satisfaire que nous proposerons comme règle générale de ne jamais admettre la vapeur dans un cylindre au-delà des $\frac{4}{5}$ de la course, et exceptionnellement au plus jusqu'aux $\frac{5}{6}$.

Lorsqu'on voudra économiser le combustible, il faudra utiliser la force expansive de la vapeur déjà avant les $\frac{4}{5}$ de la course; alors la puissance absolue que l'on obtiendra dans une machine donnée décroîtra en même temps que la dépense de vapeur ou de combustible; mais le rapport de la puissance à la dépense ira en croissant jusqu'à une certaine limite qui n'est pas parfaitement connue. On est fondé à croire qu'on aura les résultats suivants :

FRACTIONS DE LA COURSE pendant laquelle la vapeur afflue dans le cylindre.	DÉPENSE de vapeur et de combustible.	PUISSANCE obtenue.
4,000	4,174	0,82
0,975	4,142	0,85
0,854	4,000	4,00
0,800	0,930	0,98
0,750	0,870	0,97
0,500	0,580	0,84

M. Maudslay, dans ses machines, n'introduit la vapeur dans le cylindre que pendant les $\frac{7}{10}$ de la course; il profite ainsi de tous les avantages énoncés ci-dessus sans employer la détente dans une proportion assez forte pour que l'affaiblissement de la tension de la vapeur force à employer des pistons d'un trop grand diamètre et par suite des machines trop pesantes.

La détente s'obtient par le *recouvrement du tiroir*, auquel on donne une largeur plus grande que l'orifice d'introduction de la vapeur. L'*avance du tiroir*, au contraire, prépare la condensation en ouvrant la communication avec le condenseur un peu avant que le piston ne soit arrivé à l'extrémité de sa course, et par suite économise l'action de la vapeur qui ne serait utilisée qu'à vaincre l'inertie de celle qui doit se rendre au condenseur.

La fixation du tiroir, ainsi que celle des pièces qui le font mouvoir et qui déterminent la durée de la détente et le moment de la condensation, sont certes la partie la plus importante du montage des bateaux à vapeur, celles dont la mauvaise disposition peut avoir l'effet le plus nuisible.

Du condenseur. Le condenseur des machines de bateaux à vapeur est le même que celui des machines fixes. On a cependant essayé, mais jusqu'ici avec peu de succès, un système particulier de condensation par contact de la vapeur avec de grandes surfaces métalliques refroidies, dans le but d'éviter l'emploi de l'eau de mer. Voyez CONDENSATION.

De l'appareil évaporatoire. La chaudière à vapeur est la partie qui réclame le plus d'améliorations pour la ma-

chine à vapeur en général, mais plus particulièrement encore pour le cas des bateaux à vapeur, où les pertes par rayonnement, et l'impossibilité de donner beaucoup de hauteur à la cheminée rendent les pertes bien plus considérables.

L'article CHAUDIÈRES A VAPEUR, étant spécialement consacré à cette question, nous dirons seulement ici que les chaudières le plus généralement employées pour bateaux sont :

1^o Les chaudières à tombeau, pour les basses pressions; leur entretien et leur nettoyage offrent une grande simplicité.

2^o Les chaudières à foyer et à tubes intérieurs, qui utilisent très avantageusement le calorique rayonnant, et permettent de produire une vaporisation très rapide; elles ont l'inconvénient d'être d'un nettoyage difficile et d'un entretien coûteux.

3^o Les chaudières à bouteilles, fréquemment employées pour obtenir la vapeur à une pression élevée; toutes les parties étant formées par des surfaces de révolution, sont moins sujettes à se déformer par les pressions intérieures.

Les Anglais paraissent préférer de grandes chaudières carrées, dont sont munis les meilleurs bateaux à vapeur de leur marine royale, où la flamme et la fumée circulent dans des galeries verticales pratiquées dans leur intérieur. Ces appareils, d'un nettoyage difficile, ont l'inconvénient de se déformer aisément. On ne remédie qu'incomplètement à ce défaut par des armatures intérieures; mais on parvient à leur donner par ces dispositions des surfaces de chauffe très considérables. Elles ne sauraient résister à des pressions un peu grandes, et dans ce cas il faudrait toujours, pour obtenir un bon chauffage, se rapprocher des chaudières de locomotives, malheureusement trop coûteuses. C'est de l'accroissement de la puissance de vaporisation des chaudières que résulteront les progrès les plus importants peut-être de la navigation à vapeur; quelques essais faits dans cette direction ont déjà fourni des résultats remarquables. Les chaudières d'un bateau, remplies d'eau, offrent toujours un poids très considérable, qu'une plus grande rapidité dans la vaporisation permettrait de réduire; et à égalité de poids, les mêmes chaudières pourraient alors suffire pour des machines plus puissantes, capables par conséquent d'imprimer au bateau qui les porte une plus grande vitesse.

Réservoir de vapeur. Les chaudières ne renferment jamais de l'eau que dans une partie de leur capacité, le reste forme réservoir de vapeur. Il y a avantage à ce que le volume de cette partie soit considérable, la tension de la vapeur fournie aux cylindres est plus régulière, et elle se dépouille mieux de l'eau à l'état vésiculaire qu'elle entraîne mécaniquement en se dégageant du liquide en ébullition. Plusieurs constructeurs ont surmonté avec succès leurs chaudières de vastes réservoirs pour obtenir cette purification de la vapeur; ces capacités additionnelles sont jusqu'ici le seul remède applicable à certains appareils évaporatoires d'un volume trop faible, relativement à la machine, et qui présentent le grave inconvénient, que la vapeur entraîne de l'eau jusque dans les cylindres.

Des conduites de vapeur. Il importe beaucoup que les conduites n'offrent pas d'étranglements qui gênent le passage de la vapeur, et ne rendent pas, par exemple, comme cela a lieu dans quelques machines, la pression dans le cylindre moindre que la pression dans la chaudière. Il faut partir des dimensions adoptées dans les machines bien construites pour fixer les dimensions de ces conduites, et il n'y a pas d'inconvénient à les faire plutôt trop grandes, tandis qu'il est très nuisible de leur donner des dimensions insuffisantes.

Des dépôts salins. Le dépôt des corps dissous dans l'eau est une des causes les plus fréquentes de pertes

de chaleur et même d'explosions. Les corps déposés sur les parois de la chaudière, étant mauvais conducteurs du calorique, diminuent la quantité de chaleur qui parvient à l'eau qu'elle renferme, déterminent l'oxydation et la destruction des parois de la chaudière, qui peuvent alors être portées au rouge, et si le dépôt se fend, l'eau arrivant sur ces parois incandescentes est vaporisée instantanément et peut donner lieu à une explosion. L'emploi de l'argile est venu diminuer beaucoup cet inconvénient pour les machines alimentées avec l'eau douce, qui ne renferme jamais qu'une faible quantité de substances calcaires en dissolution. Mais pour les bateaux marins qui emploient l'eau de mer, il serait impossible d'éviter des dépôts salins considérables si on laissait la concentration qui se produit par l'effet de la distillation atteindre le point où le sel se dépose.

L'appareil le plus parfait pour éviter cet inconvénient est la pompe à saumure de Maudslay. Cette pompe, mue par la machine, puise à la partie inférieure de la chaudière, où l'eau est la plus chargée de sel, un volume d'eau qui contient précisément la quantité de sel qui existe dans l'eau amenée par les pompes d'alimentation pendant le même temps.

Pour utiliser la chaleur de la saumure, on la fait écouler par un tube placé au centre d'un autre tube, par lequel s'introduit l'eau d'alimentation; celle-ci s'échauffe par ce contact, de manière à rendre la perte de chaleur de peu d'importance.

Quant à l'emploi des eaux acides pour l'alimentation des chaudières, qu'elles attaquent et détériorent avec tant d'énergie, nous résumerons au mot CHAUDIÈRE A VAPEUR les précieux résultats obtenus à cet égard par M. Le Châtelier.

Foyer, cheminée. La cheminée des bateaux à vapeur ne pouvant être fort élevée, le tirage n'est jamais très fort, d'autant plus que la nécessité de la construire en tôle vient encore diminuer l'action des gaz échauffés. On ne peut donc obliger la flamme à faire autant de circuits autour de la chaudière que dans le cas d'une machine fixe.

Quelquefois on a employé un ventilateur, mais l'usage ne s'en est pas répandu. Quand on emploie la vapeur à haute pression, on la fait sortir du cylindre dans la cheminée et on obtient ainsi un tirage artificiel puissant. Il paraît bien difficile de pouvoir jamais concilier la rapidité de la vaporisation, nécessaire à la légèreté des chaudières, avec l'emploi complet du pouvoir calorifique du combustible sans l'emploi d'un tirage artificiel; aussi est-il probable qu'il finira par être adopté quand on aura bien étudié le système le plus convenable. Une combustion plus parfaite compensera et au-delà la perte de force motrice que nécessitera le tirage artificiel.

§ III. EMPLOI DE LA FORCE. — APPAREILS DE PROPULSION. Le premier moyen qui se présenta à l'esprit des inventeurs qui cherchaient à appliquer la machine à vapeur à la navigation, fut de faire mouvoir par la machine des rames analogues à celles employées par les rameurs. Les volets articulés du marquis de Jouffroy étaient l'application de cette idée. On a aussi essayé plusieurs fois, et dernièrement encore Achille de Jouffroy, fils de l'inventeur des bateaux à vapeur, a proposé l'emploi de palmes articulées, auxquelles on imprimerait un mouvement de va-et-vient; ces palmes se composent de parties mobiles, afin que la résistance que le fluide oppose à leur mouvement soit très grande pour déterminer l'impulsion du bateau et très faible dans l'autre sens. On voit qu'il s'agit d'imiter l'appareil nageur des palmipèdes, qui se meuvent sur l'eau avec tant d'aisance par l'effet de la force motrice renfermée en eux, ce qui faisait dire à Buffon que le cygne était le plus beau modèle que la nature nous ait offert pour l'art de la navigation.

BATEAU A VAPEUR.

Mais si les divers appareils à action intermittente peuvent paraître convenables théoriquement, si même on ne peut nier que l'action intermittente puisse permettre de mieux utiliser la force motrice que ne le font des appareils presque continus, dont les parties rencontrent l'eau, déjà ébranlée par le mouvement des parties précédentes; cependant, l'expérience a clairement démontré qu'il fallait renoncer aux appareils de ce genre pour les bateaux à vapeur. Toute machine à mouvement discontinu doit être rejetée quand il est possible de la remplacer par une machine à mouvement continu; celle-ci seulement peut agir d'une manière régulière, sans ces variations dans le mode d'agir, qui à la longue détruisent les appareils les plus solides. Les roues à aubes jouissent de cette grande régularité, à laquelle concourt puissamment leur mouvement rotatoire qui les fait agir en guise de volants. La vis d'Archimède, nouvellement essayée, et dont nous parlerons plus loin, possède aussi cet avantage. On nie avec raison, relativement à l'action du propulseur sur le fluide, la supériorité de ce genre d'appareils; mais elle est telle par rapport au bon emploi de la force motrice, qu'on doit se borner à l'emploi des appareils continus, qui sont en réalité beaucoup plus avantageux.

Des roues à aubes. Les roues à aubes ordinaires, garnies à leur circonférence d'un certain nombre de bordages en bois appelés pales ou aubes, sont fixées invariablement à un axe ou arbre qui leur transmet le mouvement de rotation imprimé par la machine. Ces aubes sont maintenues par des boulons à crochet ou à écrou, qui les lient aux rayons des roues de la manière la plus solide; et leur disposition est telle, que leur surface impulsive est dirigée vers le centre des roues ou en diverge généralement très peu. Il en résulte que chaque aube n'agit dans la direction la plus avantageuse pour faire avancer le bateau, qu'au point le plus bas de sa révolution; c'est à cette position seulement qu'elle utilise la totalité de son action dans la direction de la résistance à vaincre. Dans les autres positions, une partie de l'effort imprimé à l'aube est inutilement employé à pousser l'eau en avant ou à la projeter en arrière, efforts qui croissent avec la vitesse des roues à aubes.

Ces pertes de force augmentent aussi avec l'immersion des roues, qui est la plus convenable quand l'aube verticale plonge au-dessous du niveau de l'eau de 8 à 40 centimètres; il est évident que si elles plongeaient jusqu'à l'axe, l'effet de chaque aube, à son entrée et à sa sortie, serait complètement nul pour la marche du bateau. Il importerait donc que l'immersion des aubes restât constante, malgré les variations de tirant d'eau du bateau résultant de son chargement variable. Des essais faits dans ce sens par M. Aubert de Toulon, attaché aux ateliers de la marine royale, paraissent avoir eu assez de succès. Ils consistent dans une simplification des moyens d'assemblage des aubes avec la roue, de telle sorte qu'il devient possible de démonter avec rapidité la partie inférieure de l'aube (que l'on forme de trois parties) pour la remonter au-dessus de la partie supérieure, quand le tirant d'eau du navire augmente, et inversement, quand il diminue.

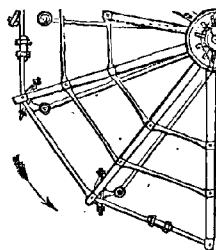
Ce système est surtout avantageux pour les navires à vapeur, qui, devant profiter des vents favorables pour marcher à la voile, éprouvent une résistance nuisible par suite de la présence des roues à aubes, résistance que l'on annule en les démontant. On a employé aussi dans ce cas un système d'embrayage qui permet de rendre à volonté les roues folles, ou indépendantes de l'axe.

Systèmes divers de roues à aubes. Pour corriger le défaut des roues à aubes, d'entrer et de sortir de l'eau sous des inclinaisons nuisibles, on a employé plusieurs systèmes qui consistent à rendre les aubes mobiles autour d'un axe horizontal, de manière à leur faire prendre une position verticale à leur entrée dans l'eau et à leur

BATEAU A VAPEUR.

sortie, par l'action d'une tige qui dirige leur inclinaison.

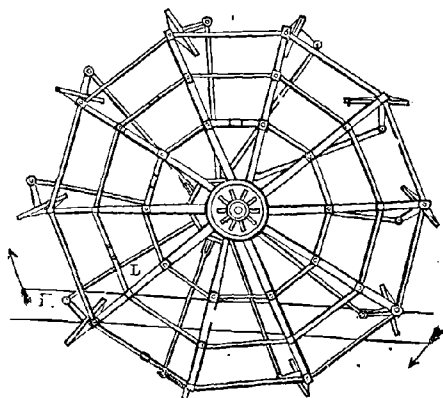
Système Cavé. Dans ce système (fig. 202) l'axe horizontal de chaque aube porte une manivelle du côté de la muraille du bateau. Ces manivelles sont articulées à des bras



202.

qui vont se réunir à un excentrique monté sur l'arbre de rotation, de telle sorte que les bras étant successivement plus courts et plus longs à l'entrée et à la sortie de l'eau, que dans la position la plus basse, les aubes entrent et sortent dans une position verticale; mais cet avantage ne saurait être acheté qu'au prix de frottements assez considérables qui ont lieu dans toutes les parties de ce système et qui compensent en grande partie les avantages qu'il paraît offrir.

Système Morgan. Les Anglais emploient un système qui a quelque analogie avec le précédent; il est moins simple, mais les frottements y sont moindres.



203.

L'arbre (fig. 203), qui ne porte que le moyeu intérieur des roues, est interrompu près de la muraille du bateau. Les manivelles des aubes les saisissent au milieu de leur longueur, et les bras sont articulés avec un disque tournant sur l'extrémité d'une coudée fixée solidement aux élongs extérieures des tambours, à l'endroit même où le prolongement de l'arbre viendrait aboutir. Cette coudée porte un collet à base, autour duquel tourne le moyeu extérieur de la roue. Le moyeu intérieur fixé à l'arbre communique seul à toutes les parties du mécanisme de la roue, le mouvement de rotation imprimé par la machine. Il résulte de cette disposition ou de cet espèce de *joint universel*, dit M. Campaignac, auquel nous empruntons ce qui précède, que les frottements y sont moins considérables que dans la roue Cavé. La hauteur des aubes mobiles n'étant pas limitée comme celles des aubes ordinaires, on les fait dans la roue Morgan presque carrées, ce qui diminue la saillie des tambours, et par suite l'inconvénient qui pourrait résulter de l'interruption de l'arbre, et aussi permet aux navires munis de ce système de mieux marcher à la voile que ceux ayant des roues ordinaires, plus larges et plus saillantes.

Malgré la complication de ce système, laquelle le

rend sujet à des réparations difficiles, la roue Morgan a pourtant été appliquée à un assez grand nombre de bateaux de la marine anglaise, et il paraît qu'on a eu lieu de s'en applaudir.

Roues à aubes, dites roues cycloïdales. Ne voulant pas parler de quantité de systèmes qui ont été imaginés et qui ne fonctionnent qu'avec des complications de mécanisme très grandes, nous ne citerons plus que le suivant, dont nous empruntons la description à M. Guly-Cuzalut.

Pour éviter les pertes de forces qu'entraînent les mécanismes qui font pivoter les aubes, M. Gallovoï a eu l'heureuse idée de diviser la largeur de chaque aube en cinq bandes plus étroites, placées en échelons les unes derrière les autres. Quand les cinq portions de l'aube sont dans l'eau, elles la frappent comme si leur surface totale était continue; mais à mesure qu'elles s'approchent de leur émergence, les intervalles qui les séparent permettent à l'eau de s'écouler entre elles au lieu d'être soulevée. L'expérience n'a pas été favorable à ce système, perfectionné par M. Field, qui donne aux échelons une disposition plus convenable et une largeur croissante à mesure qu'ils se rapprochent de l'axe. Dans les bâtiments anglais munis de ces roues, on a généralement réduit à deux les parties composant les aubes, dont l'action était en réalité moindre que celle d'aubes pleines de même surface. Leur effet se trouve alors bien peu différent de celui des aubes ordinaires.

Ces roues étaient dites *cycloïdales*, parce que les parties composant l'aube étaient disposées suivant un arc de cylindre, de telle sorte qu'elles entraient successivement dans l'eau, à la même place, afin d'éviter le choc à l'entrée, produit par les aubes ordinaires. On ne peut disconvenir que la conception de ces aubes était extrêmement ingénieuse; malheureusement l'expérience a prouvé, comme nous l'avons dit, qu'elles étaient peu avantageuses; ce qui prouve surtout de ce que les parties successives de l'aube ne trouvent plus la même résistance dans l'eau, agitée par l'entrée de la première partie, que dans le liquide en repos, et qu'il en résulte une diminution de résistance considérable.

Travail utile des roues à aubes. M. d'Aubuisson, dans son Traité d'hydraulique, rapporte une expérience de M. Poncelet pour déterminer un nombre représentant le coefficient par lequel il faut multiplier l'action d'une palette verticale (qui était dans cette expérience d'une largeur inusitée), déduite de la théorie du choc de l'eau, pour en déduire l'action totale des aubes. On a trouvé 2,80; or comme il n'y a que 3 aubes agissant en chaque instant ($1\frac{1}{2}$ de chaque côté), on voit que la résistance utile est presque égale au travail dépensé. Nous pensons que cette valeur est un peu trop grande. M. Seguin, dans son mémoire, trouve que la force utilisée par les palettes est à celle perdue dans le rapport de 4,43 à 4,26 pour un bateau très bien construit, c'est-à-dire que la perte est comprise entre $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{5}$.

M. Barlow, en faisant des expériences sur la résistance (voir Campaignac, p. 418) des roues à aubes, est arrivé à des résultats curieux qui ont trouvé leur confirmation dans leur accord avec les faits généraux de la pratique.

Il a d'abord trouvé que la résistance moyenne de l'aube parcourant tout l'arc est à la résistance de celle qui est verticale comme 4,75 : 4, résultat de la perte due au choc à l'entrée, et à l'eau projetée à la sortie. L'arc des grands bâtiments marins qu'il considérait était de 88° et la circonférence renfermait 46 aubes; il y avait trois aubes et demie agissant de chaque côté. La résistance totale était donc $4,75 \times 7 = 42$ fois celle exercée sur l'aube verticale, pour toute la puissance de la ma-

chine. Prenant cette puissance pour unité, la résistance de l'aube verticale sera donc pour les deux côtés du bateau $\frac{4 \times 2}{42} = 0,467$, d'après cette théorie, et d'après l'expérience 0,454.

Ne considérant comme produisant un effet utile que la partie de la résistance égale à celle de l'aube verticale, M. Barlow en déduit que la perte d'effet utile sous diverses immersions, varie de 0,34 à 0,44 pour les roues ordinaires, et reste toujours de 0,33 pour les roues Morgan, qui sont articulées et diminuent beaucoup le choc à l'entrée, et la projection de l'eau à la sortie. Il en a surtout démontré la supériorité sur les roues ordinaires quand l'immersion est considérable. On peut donc poser que les roues à aubes bien établies rendent $\frac{2}{3}$ d'effet utile.

Position des roues à aubes. Pour que le bateau gouverne bien, on place les roues à aubes un peu en avant du centre de gravité. Quelquefois les 2 roues ont été remplacées par une roue unique placée, soit à l'arrière, soit au milieu du bateau, divisé en deux bateaux accolés. Ces dispositions qui peuvent offrir quelques avantages dans des cas particuliers, tels que la navigation des canaux, n'ont pas d'importance au point de vue général.

Vitesse des roues à aubes. La vitesse des roues à aubes doit être plus grande que celle du bateau qu'elles font mouvoir, puisque se mouvant avec celui-ci, elles n'agissent qu'avec la différence des deux vitesses. Il y aura d'autant moins de chocs et de pertes de forces que cette vitesse sera moindre, mais aussi le travail de la machine diminue en même temps. L'expérience a démontré que la vitesse la plus convenable, celle qui correspond à la moindre perte de forces, pour un bon travail du moteur, est celle qui est mesurée par 4 au centre de l'aube, celle du bateau étant 3; c'est-à-dire plus grande de $\frac{1}{4}$ que celle du bateau, la vitesse du bord intérieur de l'aube ne dépasse alors que très peu celle du bateau. Cette proportion est dépassée dans les bateaux se mouvant à grande vitesse, pour lesquels on économise peu la force motrice.

Obliquité des aubes. Pour éviter les frottements et les communications de vitesse en arrière de l'eau projetée par les aubes à la partie postérieure de la carène, on monte les palettes un peu obliquement de manière à écarter l'eau projetée. Cette précaution ne s'emploie guère que sur les eaux tranquilles des rivières et serait d'un faible avantage à la mer.

Rapport de la résistance effective du bateau, à celle qui s'opposerait au mouvement du maître-couple immergé.

Au moyen de la connaissance de la force effective de la machine et du coefficient qui exprime l'effet utile des roues à aubes, il devient possible d'évaluer le rapport de la résistance réelle d'un navire à celle qu'opposerait le maître-couple immergé.

Ainsi pour la frégate à vapeur la *Medea* (voir Campaignac), un des bateaux les plus parfaits de la marine anglaise, M. Barlow a trouvé ce rapport de $\frac{1}{15}$. En faisant le calcul d'après les expériences du colonel Beaufoy, qui a fait une série considérable d'expériences relatives à la résistance des navires aux diverses formes, on trouve pour confirmation que ce rapport serait de $\frac{1}{16}$. Le rapport $\frac{1}{15}$ que nous avons admis n'est donc pas trop faible.

Voici le calcul de M. Barlow pour la *Medea*.

A la vitesse normale, qui emploie bien toute la force de la machine et qui est de 4^m,938 par seconde, la surface du maître-couple immergé est de 27^m,974. Les roues à aubes utilisant $\frac{2}{3}$ de la force de la machine, qui est pour ce bâtiment de 220 chevaux effectifs, le travail de la résistance totale de ce bateau sera de $\frac{2}{3} \times 220 = 146$

BATEAU A VAPEUR.

chevaux = 40950 kilogr.-mèt. par seconde. Or, d'après les expériences, la résistance d'une surface plane de 4^m se mouvant avec une vitesse de 4 mètre par seconde, est de 50 à 60 kil.; prenons 55^h, la résistance croissant comme le carré de la vitesse, le travail de la partie immergée du maître-couple, par seconde, est égale à 55^h × (4,938)² × 27,974 × 4,938, qui multipliée par le coefficient *k* que nous cherchons, égalerait le travail de la puissance 40950 kilogr.-mèt., d'où l'on tire

$$k = \frac{40950}{27,974 \times (4,938)^2 \times 55} = \frac{4}{46,92} \text{ ou } \frac{1}{11,7} \text{ environ,}$$

qui est la moyenne trouvée par M. Barlow sur un grand nombre de bateaux différents. En ne prenant pour la résistance du mètre carré que 50^h, ce rapport est de $\frac{1}{15}$.

M. Barlow déduit le rapport $\frac{1}{17}$ de dix expériences, ou il trouve des variations de $\frac{1}{17}$ à $\frac{1}{24}$.

D'après Euler (la longueur de la carène de ce bâtiment étant égale à 5 fois et demie sa largeur), ce rapport devrait être de $\frac{1}{16}$. M. Seguin, dans son mémoire, faisant des calculs analogues sur deux bateaux, l'un très parfait et l'autre mal construit, trouve que ce rapport varie de $\frac{1}{14}$ à $\frac{1}{21}$. M. Barlow a trouvé pour quelques bateaux $\frac{1}{24}$.

Le mouvement seul des bateaux à vapeur prouve que ce rapport doit être assez faible; car les aubes des roues étant planes, et leur section et leur vitesse étant bien moindres que celle du bateau, il faut que la forme de la carène réduise énormément la résistance pour que le mouvement puisse avoir lieu avec une certaine rapidité.

Rapport de la dépense de forces aux accroissements de vitesse du bateau. M. Barlow a fait des expériences sur des bateaux mus avec une grande vitesse, et a cherché quelle est la diminution de dépense de force, qu'on peut évaluer approximativement par la dépense de combustible, qu'on pouvait obtenir par une diminution de vitesse.

Il a reconnu que les derniers accroissements de vitesse coûtaient fort cher, et cela, moins par l'augmentation de résistance de l'eau, que parce que l'effet utile des roues à aubes n'augmente que très lentement avec la vitesse, tandis que la machine à vapeur fonctionne alors dans des conditions moins avantageuses par suite de l'augmentation de la vitesse du piston, et que les pertes dues au choc et à la projection de l'eau par les aubes croissent rapidement.

Une expérience a donné, pour une réduction de $\frac{1}{24}$ dans la vitesse, une diminution correspondante de $\frac{1}{6}$ sur le combustible dépensé.

Une autre expérience a donné, pour une réduction de $\frac{1}{4}$ dans la vitesse, une réduction de moitié dans la dépense en combustible.

On doit donc en conclure que les dernières portions de la vitesse sont produites dans les bateaux à vapeur dans des conditions très désavantageuses, et que si l'on possédait un autre moyen quelconque d'utiliser la force pour le mouvement, il y a presque certitude qu'il serait avantageux de l'employer pour les 4 ou 2 derniers dixièmes de la force des machines actuelles, qui ne produisent guère qu'un 30^e à un 20^e de la vitesse.

C'est cette observation qui nous a fait attacher de l'importance au perfectionnement dont nous avons parlé, plus haut.

Rapport entre la force et le tonnage. La proportion en-

BATEAU A VAPEUR.

tre la puissance et le tonnage des bâtiments à vapeur varie de 2 à 4 tonneaux par force de cheval; elle dépend de l'emploi du bâtiment et de la longueur de la traversée. La première proportion est celle des bateaux de rivière, la dernière celle des vapeurs transatlantiques. Une forte puissance sur les petits navires procure une grande vitesse; mais ils ne peuvent alors se charger que d'une faible quantité de charbon, au plus suffisante pour les alimenter pendant quelques jours, tandis que les grands navires doivent en emmagasiner une proportion beaucoup plus grande, qui les mette à même de parcourir de grandes distances.

La capacité d'un navire croissant comme le cube de ses dimensions, tandis que la résistance croît comme le carré de ces mêmes longueurs, puisqu'elle est sensiblement proportionnelle au maître-couple, on voit qu'il y a avantage à construire d'énormes bâtiments pour les longues traversées, comme on le fait pour les bateaux destinés à établir des communications avec l'Amérique, et que leur vitesse croitra en même temps que leur approvisionnement de combustible. De plus, il résulte du tableau ci-dessous (1), donné par M. Campagnac, comme résultat d'expériences, que les grandes chaudières permettent de mieux utiliser le combustible.

Propulseurs à hélices. Un nouvel essai est venu dans ces derniers temps attirer à juste titre l'attention publique. Il s'agissait de remplacer les roues à aubes par un propulseur tout à fait différent, et jouissant de propriétés importantes. En effet les roues à aubes qui suffisent parfaitement pour la navigation des rivières, offrent beaucoup d'inconvénients dans la navigation maritime. Le roulis du navire fait sans cesse immerger une des roues en élevant l'autre, ce qui cause des à-coups continuels, et des variations très nuisibles à la machine et au bateau; l'action n'ayant plus lieu que sur une roue, on est obligé de diminuer l'entrée de la vapeur, et par suite le travail de la machine, dans les moments où il serait souvent le plus nécessaire de l'augmenter. Enfin les tambours des roues offrent prise au vent, et rendent le bateau mauvais voilier, circonstance d'autant plus fâcheuse pour notre pays, qu'il a été démontré par plusieurs marins, et entre autres par le prince de Joinville, que l'avenir de la puissance maritime de notre pays reposait presque entièrement sur le développement de la marine à vapeur, qui permettrait de substituer la guerre de débarquement et d'abordage à la guerre d'évolutions de navires à la voile, où l'Angleterre sera toujours supérieure à notre pays, vu l'immense population de matelots exercés que lui fournit le développement de sa marine marchande.

Au point de vue militaire, les roues et les machines exposées aux coups des boulets rendent le bateau à vapeur de faible valeur pour une lutte d'artillerie. On conçoit, d'après cela, combien il était intéressant de trouver un propulseur à action continue, condition indispensable, qui agit toujours sous l'eau, qui permet de placer les machines au-dessous de la flottaison, sans rien changer à la forme extérieure du navire, et sans prendre la place d'un seul canon; enfin, qui pouvant être appliqué à de grands bâtiments pût leur permettre de s'avancer, et surtout de manœuvrer par tous les vents, condition du succès dans la guerre maritime. Sans parler ici de cette application probable de machines à vapeur aux grands bâtiments de la marine royale, on peut établir dès aujourd'hui que l'hélice a fourni la solution du problème vainement cherché jus-

(1) Force de la chaudière.	Chevaux.	50	80	100	140	180	200	250	320	400	500
Consommation de charbon par cheval et par heure.	Kilogr.	5,00	4,50	4,34	4,03	3,71	3,55	3,38	3,25	2,98	2,65
Surface de chauffe par cheval.	En mètr. carrés.	4,20	4,08	4,04	0,96	0,89	0,85	0,81	0,78	0,71	0,63

qu'à ce jour : de construire des bateaux à vapeur pouvant fonctionner d'une manière satisfaisante, soit à la vapeur, soit à la voile. Bien qu'il y ait encore sans doute bien des progrès à réaliser dans cette voie toute nouvelle, les résultats déjà obtenus, satisfont à ce problème dont l'importance est surtout si grande pour les voyages de long cours, quand on pense à l'énorme dépense que cause l'emploi de la vapeur et qu'il est possible d'éviter quand le vent est favorable.

C'est au capitaine du génie *Delisle*, dont l'esprit inventif a été bien connu dans l'armée, et dont nous citerons encore une ingénieuse invention à l'article *PONT-LEVIS*, qu'est réellement dû ce système de propulseur, qu'il proposa dès 1823, au ministre de la marine, mais que nous n'avons expérimenté que dans ces dernières années, quand les Anglais, mieux avisés que nous, l'eurent fait passer dans la pratique. *M. Sauvage*, autre Français, avait bien compris l'importance de cette idée, qu'il espéra perfectionner par un autre mode de construction de l'hélice; mais, malgré tous ses efforts, il ne put jamais réaliser d'essais sur une échelle suffisante pour prouver l'excellence de son système.

Nous empruntons la majeure partie de la description suivante à un intéressant mémoire publié par *M. Labrousse*, officier de marine.

Les vis de propulsion, de quelque manière qu'elles soient construites, tirent leur pouvoir propulsif de cloisons hélicoïdales fixées sur un axe parallèle à la quille du bateau; de sorte qu'en faisant tourner l'axe avec une certaine vitesse, il en résultera un effet de propulsion sur l'eau, lequel, par suite de la réaction, tendra à faire avancer le bateau. L'eau n'offrant pas une résistance absolue, il s'ensuit qu'une partie de la force dépensée ne servira qu'à déplacer les molécules fluides et à les faire glisser les unes sur les autres, effet qui d'ailleurs se produit également plus ou moins dans tous les autres systèmes de propulsion; c'est à diminuer cette perte par différentes modifications de la vis, que se sont surtout appliqués les divers constructeurs dont nous allons parler. Nous verrons aussi plus tard, dans le courant de cet ouvrage, cette même disposition employée, soit comme machine soufflante, soit comme machine aspirante, pour l'aéragé des MINES.

Des expériences étendues n'ont pas encore bien fait apprécier toutes les conditions du problème; mais il paraîtrait résulter des études de *M. Normand*, l'habile constructeur du bateau le *Napoléon*, le premier bateau français construit dans ce système, et qui a donné les résultats les plus remarquables qu'on ait encore obtenus, qu'il y a avantage à rendre très grande la vitesse de l'hélice, l'inertie du liquide fournissant alors un point d'appui dont la résistance croît avec la vitesse.

pelé l'*Archimède*, est composé de deux segments hélicoïdes dont la fig. 204 représente l'arrière, formant en semble un tour entier dont l'angle milieu d'inclinaison est d'environ 45°. Ces hélices reposent sur l'arbre lui-même, et par conséquent l'hélice est pleine. Les dimensions de la vis adoptée par *M. Smith*, après avoir essayé plusieurs modèles différents, sont : longueur 2^m,44, diamètre 4^m,75.

La machine de l'*Archimède* est disposée de telle sorte que l'axe mis en mouvement soit dirigé suivant la grande longueur du bateau, c'est-à-dire que les deux machines soient placées dans ce sens et non pas en travers du bateau. Cet axe horizontal porte une grande roue à engrenage qui fait tourner une petite roue dentée montée sur l'axe de l'hélice prolongé. Par un embrayage, cet axe et par suite l'hélice peuvent être séparés de la machine, et tourner librement quand on veut faire marcher le navire à la voile seulement.

Cet engrenage, nécessité par la grande vitesse qu'il faut donner à la vis, cause un bruit très désagréable.

Plusieurs essais ont été tentés pour supprimer les engrenages; le plus remarquable est celui qui consiste à employer l'action directe de la vapeur à haute pression, d'imiter la disposition des locomotives, le piston agissant directement pour faire tourner l'hélice.

La position de la machine, dans les bateaux à hélice, combinée avec la tendance manifeste de tous les meilleurs constructeurs, de réduire la hauteur des machines pour la navigation, comme le prouve le développement du système des machines oscillantes, des machines à fourreau, etc., permet de considérer en quelque sorte le poids de la machine comme diminué du poids nécessaire pour lester le navire. L'avantage de mettre les machines au-dessous de la flottaison, et qui n'est pas le seul au point de vue militaire des bateaux à hélice, a décidé l'amirauté anglaise à les multiplier. Elle a parfaitement senti que pour les vapeurs de guerre la question n'était nullement la même que pour les bateaux destinés à des traversées qu'il importe surtout d'abrégées.

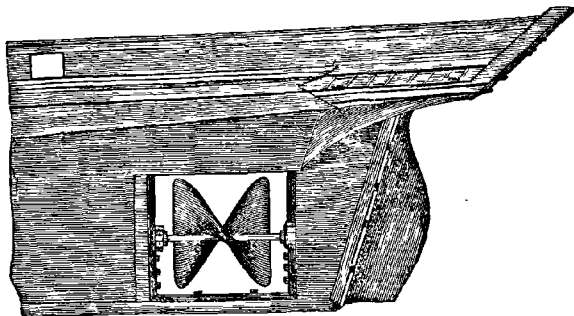
En effet, l'expérience a indiqué que des bateaux à roues bien construits emportaient sur les bateaux à hélices, au moins en mer calme, car quand la mer est mauvaise, ces derniers paraissent l'emporter. Ce fut le résultat des premiers essais tentés avec l'*Archimède*. C'est ainsi que les bateaux transatlantiques sont restés, malgré des essais faits sur grande échelle, des bateaux à roues.

Disons aussi que les expériences sur la forme et la vitesse la plus convenable de l'hélice ne sont pas encore complètes. Les travaux faits jusqu'ici, bien que fournissant quelques règles aux constructeurs pour éviter des mécomptes graves, ne les guident cependant pas suffisamment pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

Le *Napoléon*, construit par notre habile constructeur *M. Normand*, du Havre, a donné des résultats supérieurs à ceux obtenus avec l'*Archimède*; après avoir fait varier les dimensions de l'hélice, sa forme, et surtout augmenté sa vitesse de rotation, on a obtenu avec la machine seule, en temps calme, une vitesse de 40 nœuds à l'heure, et avec l'aide des voiles jusqu'à 43 nœuds 1/2.

Nous donnons ici (fig. 205) l'hélice du *Napoléon*.

Nous ne parlerons pas de beaucoup de dispositions qu'a fait naître le succès de *M. Smith*, et qui se réduisent en général à des dispositions de plans inclinés qui ne paraissent pas pouvoir soutenir la comparaison



204.

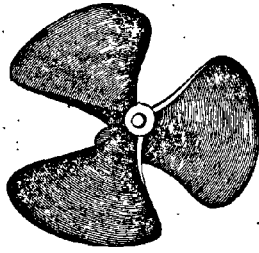
Système Sauvage ou Smith. Ce système, appliqué pour la première fois par *M. Smith* à un grand navire ap-

BATEAU A VAPEUR.

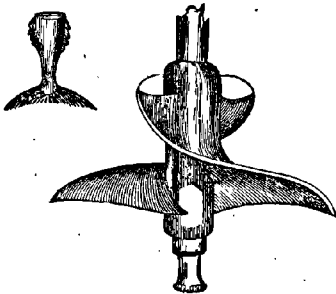
avec les surfaces continues de l'hélice. Nous nous bornerons à parler de deux systèmes, celui de M. Rennie qui paraît fort ingénieux, et celui de MM. Delisle ou Ericson.

Les parties de la surface hélicoïdale qui se rapprochent de l'axe n'ayant qu'une faible inclinaison, ne doivent avoir que peu d'effet pour faire avancer le navire. C'est d'après cette considération que sont établis les deux systèmes dont nous allons à parler.

Système Rennie. M. Rennie, qui a eu l'honneur de comprendre le premier les avantages du système de propulsion que M. Smith expérimentait sur un petit modèle, et qui osa construire l'*Archimède*, a proposé de remplacer l'hélice par une vis spirale formée par l'enroulement d'un plan incliné autour d'un cône (fig. 206). Son but est



205.

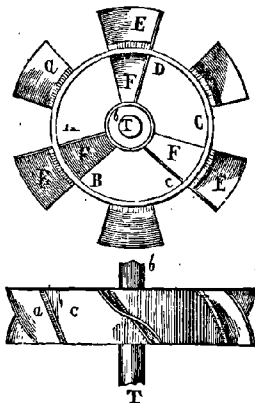


206.

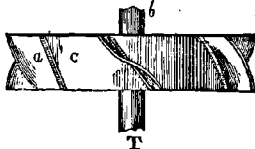
d'augmenter graduellement le pas du filet, de sorte que, lorsque l'eau aura acquis toute la vitesse que la partie antérieure de la vis peut lui donner, elle continue à recevoir une nouvelle impulsion. Le but de l'inventeur a été surtout d'imiter les queues des poissons qui nagent le plus vite, par l'action de cette partie de leur corps qu'ils étendent, et à laquelle ils impriment un mouvement de rotation. Les essais qui doivent être prochains fixeront les idées sur la valeur de ce système.

Système Delisle ou Ericson. Dans ce système, les parties voisines du centre sont entièrement supprimées, d'après les raisons énoncées ci-dessus, et les palettes hélicoïdales placées à la surface d'un tambour. Les fig. 207 et 208 représentent la disposition de ces segments, qui sont au nombre de 6, et forment dans leur ensemble un tour presque entier de la vis. L'angle du milieu est de 45°.

Ce système, encore nouveau en France et qui of-



207.



208.

BATEAU A VAPEUR.

fre l'avantage de permettre l'application de la vapeur sur les canaux, car il n'occasionne pas de remous, a donné des résultats fort satisfaisants en Amérique, sur lesquels cependant on n'a encore publié aucun document positif. Il paraît que les bras du tambour doivent causer une résistance nuisible, mais peut-être le meilleur emploi de la force compense-t-il largement cet inconvénient. Un grand avantage de ce système est de permettre la suppression des engrenages; la plus grande résistance qu'éprouve le propulseur ne permettant plus de lui imprimer une aussi grande vitesse qu'au propulseur Smith.

Nous résumerons ainsi, d'après le savant mémoire de M. Labrousse, les inconvénients et les avantages des bateaux à vapeur à hélices pour la navigation maritime. (Les avantages que nous citerons n'existent pas pour la navigation de rivière).

Inconvénients : Bruit des engrenages, évité avec le système *Ericson*; on y parviendra aussi avec le système *Smith*, en remplaçant les engrenages par des courroies, comme on l'a proposé, bien que les forces à transmettre paraissent considérables pour ce mode de communication de mouvement.

Vitesse moindre de 0,42 environ par temps calme que celle des bateaux munis de roues à aubes; diminution qui paraît répondre à une perte relative de 0,30 environ de la force résultant du frottement de l'eau sur la vis (d'après les expériences faites sur la vis système *Smith*), mais cette perte reste constante dans toutes les circonstances, tandis que celle des roues augmente considérablement par suite de l'immersion ou des mouvements du bateau.

Avantages : 1° La vis est à l'abri du boulet. La machine peut, à bord des vaisseaux de ligne, être placée entièrement au-dessous de la flottaison.

2° On peut établir des batteries dans toute la longueur des bâtiments.

3° Les bâtiments ont une largeur qui n'est que les 0,6 de celle des bateaux à roues de même longueur.

4° La vis, toujours complètement immergée, quels que soient les mouvements de roulis ou de tangage, acquiert dans ces circonstances une puissance égale et souvent supérieure à celle des roues.

5° La substitution des vis aux roues, permettant d'abaisser le centre de gravité de la machine, donne au bâtiment plus de stabilité.

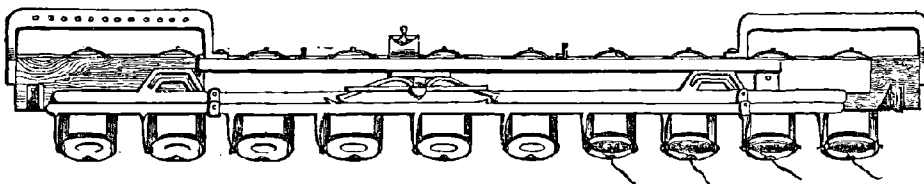
6° L'effet de la vis ne varie pas comme celui des roues avec les variations de charge et de tirant d'eau des navires.

Systèmes divers. En terminant cet article, nous citerons pour mémoire :

1° Le système *Bernouilly*, essayé plusieurs fois, et qui consiste à élever sur le bateau des masses d'eau pour les laisser sortir à l'arrière et faire avancer le bateau par la réaction qui en résulte. On n'a toujours eu pour une dépense de travail considérable qu'un effet utile extrêmement minime; et, comme il était facile de le prévoir d'avance, on n'a jamais pu obtenir ainsi une vitesse de plus de 3 nœuds à l'heure.

2° Le système *Pelletan*, dans lequel on refoule mécaniquement, par l'arrière, l'eau entrée par l'avant dans un tuyau traversant le bateau. Les expériences ont condamné ce système d'une grande simplicité apparente, mais dans lequel les causes de perte de travail et de résistances nuisibles sont nombreuses.

3° Le système nouvellement proposé par M. *Selligie*, qui propose de faire mouvoir les bateaux par l'explosion d'une certaine quantité de gaz hydrogène et d'air mélangés, et renfermés dans un tuyau placé à l'arrière du bateau et plongeant dans l'eau. Il est difficile d'analyser avec quelque certitude les effets produits par cette ingénieuse disposition qui n'est pas encore à l'état d'essai. A l'article EXPLOSION nous donnerons la description



209.

exacte de l'appareil et dirons quels résultats peuvent en être espérés.

CH. LABOULAYE.

BATTANT-BROCHEUR. Le battant-brocheur est une des dernières et des plus remarquables inventions au moyen desquelles la fabrique de Lyon conserve, malgré l'activité de la concurrence étrangère, une supériorité incontestée. C'est à M. Meynier, habile fabricant de Lyon, qu'est due l'invention du battant-brocheur, pour lequel il a pris un brevet d'invention. Si plusieurs inventeurs avaient essayé avant lui de résoudre le problème, c'est à lui que revient l'honneur d'y être parvenu par un procédé simple et pratique.

Dans la fabrication des étoffes brochées, châles, etc., on sait que le dessin s'obtient en faisant passer le fil destiné à le former sur certains fils de la trame, et en dessous de tous les autres (voyez TISSUS, JACQUART, etc.). Il en résulte que pour une petite partie du fil utilisée, tout ce qui passe en dessous de la trame est perdu, et que le plus souvent le poids de l'étoffe devenant trop considérable, ou les longs fils de l'envers trop gênants, il faut couper toutes les parties du fil du broché qui formaient l'envers, ce qui présente le grand inconvénient que les fils du dessin ne sont plus retenus que par le serrage des fils entre lesquels passent les extrémités perpendiculaires à l'étoffe, adhérence qui est insuffisante surtout pour la soie qui ne se feutre pas; de sorte que quelques fils mal serrés s'échappent par l'usage, l'étoffe est bientôt hors de service.

C'est pour remédier à ces inconvénients qu'a été inventé le battant-brocheur qui remplit admirablement le but qu'on s'était proposé. C'est avec son aide que se brochent aujourd'hui presque toutes les étoffes de soie portant des bouquets ou dessins séparés. Déjà il est employé pour faciliter le tissage des cachemires français, et nul doute que ce ne soit par cette voie, qu'on ne doive arriver un jour à fabriquer, par moyens mécaniques, le cachemire façon de l'Inde (voyez CACHEMIRE). C'est l'avis qu'a exprimé dans le rapport de l'exposition de 1839, l'habile M. Deneirousse, qui, après avoir tenté, il y a plusieurs années, la solution du problème, a reconnu dans le battant-brocheur des dispositions qui permettent de lever la plupart des difficultés qui l'avaient arrêté. Ce sera là, nous l'espérons, une conquête importante que nous verrons faire prochainement à l'industrie française.

Passons à la description du battant-brocheur, et faisons remarquer, ce que du reste la multiplicité des navettes va rendre bien sensible, que les fils correspondant à un même fil de la trame peuvent être de couleur différente, ce qui ne peut avoir lieu aux brochés produits au lancé, et que tous les bouquets peuvent être de couleurs différentes. C'est donc non seulement le broché au lancé que remplace le battant-brocheur, mais encore celui qu'on obtenait par une espèce de broderie en passant à la main sur les fils levés par le jacquard, de petits espouilins portant des soies de couleur différente. Dans ce cas le battant fait non seulement à meilleur marché, mais beaucoup mieux que la main, parce que la tension du fil passé autour de la trame étant mesurée par un ressort, et par suite parfaitement constante, la jonction du broché et de l'étoffe n'offre jamais les éraillures

qui résultent du travail à la main selon qu'on a plus ou moins serré le fil (fig. 209).

Soient *a, a*, les intervalles correspondant aux places de l'étoffe dans lesquels se trouvent les brochés, des bouquets par exemple; *b, b*, des navettes portées sur des porte-navettes *f, f*, soutenues par une tige recourbée portant dans leur intérieur des espouilins chargés de soies de diverses couleurs. Ces petits espouilins renferment intérieurement des ressorts à boudins qui renvoient le fil quand le système est revenu à sa première position (voyez *organes renvideurs*, à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE); *c, d*, sont des tringles d'acier se mouvant sur le corps du bâti *e*, et portant des dents *m, m...*, *n, n...*. Les dents *m, m...*, sont terminées par de petites palettes qui repoussent les navettes à l'extérieur. Les dents *n, n...* de la barre *d* sont pointues et légèrement recourbées. Elles sont destinées à entrer à l'intérieur de la navette de manière à pouvoir la pousser par l'oreille qu'elle porte, et qui est destinée à soutenir l'espoulin.

Ceci décrit, il est facile de concevoir le jeu du battant-brocheur.

La jacquard ayant fait lever tous les fils de la trame correspondant à un fil de la chaîne, devant figurer une ligne du broché, l'ouvrier pousse au moyen de la manette toutes les navettes, qui se placent au-dessous de ces fils par l'effet de la tringle *c*. Les navettes *b, b...* quittent leurs supports, après être entrées sur les supports voisins, les intervalles étant un peu moindres que les navettes. En continuant de pousser la manette, la barre *c* s'élève par un excentrique et abandonne les navettes, tandis qu'un crochet adapté à la manette rencontrant la barre *d*, fait abaisser celle-ci, et les dents *n, n...* continuant leur mouvement font passer entièrement les navettes sur le support voisin. On abaisse alors les fils de la trame et les navettes sont ramenées par un mouvement inverse à leur première position.

Cet appareil fonctionne avec la plus parfaite régularité, les navettes n'étant jamais libres ne peuvent jamais tomber, inconvénient qu'offraient quelques inventions antérieures. Les fils du tissu n'éprouvent aucune pression autre que dans le tissage ordinaire. Le battant étant double et le mouvement pouvant être direct ou rétrograde, on peut faire passer une quelconque des quatre navettes voisines des fils levés, à son choix, ce qui permet de varier les couleurs. Le changement des navettes, et par suite des couleurs se fait avec la plus grande facilité, les supports pouvant tourner et laisser échapper les navettes quand on fait effort sur les ressorts *p* qui les maintiennent dans une position parallèle au corps du châssis. P...

BATTEUR D'OR, D'ARGENT ET DE CUIVRE. Les procédés que l'on suit pour réduire, par le battage, ces trois métaux en feuilles d'une ténuité extrême étant les mêmes, nous nous contenterons ici de décrire en détail l'art du *batteur d'or*.

La ductilité de l'or étant notablement altérée par l'alliage d'une très petite quantité de métaux étrangers, il importe d'employer de l'or aussi fin que possible, que l'on fond avec un peu de borax et que l'on coule ensuite, en Angleterre, en lingots de 20^{mm} de côté. Ces lingots sont réduits sous le marteau à une épaisseur de 4^{mm}, puis étirés au laminoir en rubans de $\frac{1}{70}$ de millimètre

BATTEUR D'OR.

d'épaisseur, en ayant soin d'adoucir le métal, pendant toute cette série d'opérations, par un nombre suffisant de recuits intermédiaires.

On coupe ces rubans en *quartiers* de 25 à 30^{mm} de côté, que l'on superpose au nombre de 150, en les séparant chacun par carré de vélin de 0^m,40 à 0^m,42 de côté, en ayant soin de placer en dessus et en dessous du paquet 20 feuilles de vélin sans interposition de feuilles d'or. Cet assemblage se nomme le *premier caucher*; et les feuilles de vélin vides, qui servent à amortir l'action des coups de marteau sur les premiers quartiers, portent le nom d'*emplures*. Le caucher se couvre de deux fourreaux en fort parchemin, ouverts par les deux bouts et que l'on place l'un sur l'autre à angle droit, de telle sorte que, quoique isolément chacun des fourreaux soit ouvert par les deux bouts, réunis, ils couvrent néanmoins partout le caucher. Le battage s'exécute sur un bloc de marbre poli de 0^m,25 de côté, enveloppé sur ses quatre faces verticales, de planches débordant de 0^m,40 trois de ces mêmes faces, tandis que la quatrième reste un peu au-dessous du niveau supérieur du bloc, et porte une peau solidement clouée que l'ouvrier s'attache par l'autre bout en guise de tablier, et dans laquelle il reçoit les *bavures* du travail. On bat le premier caucher en le retournant de temps à autre, et allant du centre à la circonférence, avec un marteau à manche très court, du poids de 6^k,80 à 7^k,25 et à panne circulaire légèrement convexe de 0^m,42 à 0^m,43 de diamètre. Il est nécessaire de *défourrer* de temps à autre le caucher pour examiner l'état des quartiers, qui ne s'étendent jamais tous également; les uns n'occupent qu'une partie de l'étendue des feuilles de vélin; les autres les remplissent en entier; d'autres enfin débordent. On enlève les derniers, et si l'on veut les avant-derniers, et on continue le battage jusqu'à ce que tous les quartiers restants aient atteint les dimensions des feuilles de vélin qui les séparent; cela fait, la première partie de l'opération est terminée.

Les quartiers du premier caucher sont partagés, à l'aide d'un couteau émoussé par le bout, en quatre parties égales, que l'on réunit pour en former un second caucher, tout à fait analogue au premier, et qui n'en diffère qu'en ce que l'on remplace, par de la BAUDRUCHE, les feuilles de vélin que l'on intercalait précédemment entre les quartiers. Le battage s'exécute à l'aide d'un marteau plus léger, qui ne pèse que 4^k,50, et est terminé lorsque les nouveaux quartiers commencent à désaffleurer les outils.

On pose alors un à un chacun des quartiers sur un coussin en cuir, et on les divise en quatre parties égales, à l'aide de deux couteaux en croix très affilés fixés à une planchette; enfin, ces nouveaux quartiers sont encore réunis pour former un troisième et dernier caucher, que l'on bat comme précédemment; de sorte qu'en définitive, l'or s'est étendu sur une surface 256 fois plus grande, et chaque feuille n'a plus que $\frac{1}{256}$ de millimètre d'épaisseur, ce qui est encore bien au-dessus de l'épaisseur minimum que l'on peut obtenir par le battage; mais on préfère s'arrêter à ce point parce que, d'une part le travail subséquent exigerait un soin extrême de la part de l'ouvrier, et donnerait lieu à un déchet considérable, tandis que, d'un autre côté, des feuilles plus minces fourniraient une dorure moins solide et beaucoup plus difficile à appliquer, inconvénients qui seraient loin d'être compensés par la faible économie que l'on réaliserait sur la matière première.

Il ne reste plus qu'à couper les feuilles d'or en quatre et à les placer dans les *quarterons*, petits livrets dont le papier, de couleur rouge-orangé, donne un plus beau reflet à la feuille d'or, et qu'on s'en soigne de frotter préalablement avec un peu de terre boliaire de même couleur afin de prévenir toute adhérence de la part du métal. Chaque quarteron contient ordinairement 25 feuilles

BATTEUR D'OR.

d'or; quand ils sont tous remplis on les assemble par douzaines, que l'on presse fortement entre deux petites planches de bois dur de même dimension, et à l'aide d'un morceau de linge nommé *frottoir*, on enlève tout ce qui excède les bords des livrets.

En France, on amène seulement l'or au laminoir à l'épaisseur de 4^{mm} environ, puis on le découpe en quartiers de 27^{mm} de large sur 40^{mm} de longueur; on assemble ces quartiers par paquets de 24, que l'on bat sur une enclume en fer jusqu'à ce qu'ils soient réduits à l'épaisseur d'une feuille de papier, et qu'ils aient atteint les dimensions d'un carré de 60^{mm} environ de côté. On prend ensuite 56 des feuilles ainsi battues pour former avec des feuilles doubles de vélin, un *premier caucher*, que l'on bat comme il a été dit ci-dessus. Lorsque les feuilles d'or désaffleurent les outils, on les retire et on les coupe en quatre, ce qui forme de nouveaux quartiers que l'on assemble au nombre de 442 pour former un *second caucher*; ce caucher battu donne de nouvelles feuilles, qui, coupées en quatre, servent à faire un nouvel assemblage dans lequel les feuilles de vélin intercalées sont remplacées par des feuilles de baudruche, et qui porte le nom de *chaudret*. Les feuilles du chaudret, après le battage, sont encore coupées en quatre et assemblées au nombre de 800 pour former une *moule*. Les feuilles de la moule sont enfin placées dans les *quarterons*, comme il est dit plus haut. En résumé, l'or s'est étendu sur une surface 832 fois plus grande, de sorte qu'il est réduit définitivement à une épaisseur de $\frac{1}{832}$ de millimètre environ. Les feuilles défectueuses, ou *bactréoles* que l'on obtient, servent, avec les rognures, à faire l'or en coquilles.

Les feuilles de vélin ou de baudruche sont recouvertes d'une couche de sulfate de chaux (gypse) calciné, réduit en poudre fine, et que l'on y étend au moyen d'une patte de lièvre; le sulfate de chaux est appelé par les ouvriers *brun*, et l'opération se dit : *passer au brun*.

La baudruche préparée par les boyaudiers, a besoin, pour servir au travail du batteur d'or, d'être dégraissée; ce que les ouvriers appellent *suer*. Ordinairement on place, à cet effet, les feuilles de baudruche entre des feuilles de papier non collé, et on bat le tout à coups de marteau. Il serait certainement préférable de saupoudrer chaque feuille de baudruche, de craie réduite en poudre impalpable, et d'en former un paquet que l'on comprimerait à une chaleur modérée; la craie absorberait toute la graisse, beaucoup mieux que ne le fait le papier buvard dans le procédé actuel. Quand la membrane a été bien dégraissée, on y passe une couche d'une liqueur composée de : colle de poisson, 90 p.; poivre blanc, 30; clous de girofle, 45; cannelle, 45; muscade, 45; fleur de muscade, 42. On concasse le tout, et l'on fait macérer dans cinq litres de vin blanc ou dans un litre d'eau-de-vie pendant cinq à six jours; on fait bouillir ensuite pendant six heures, et, après avoir passé la liqueur au travers d'un linge, on en imprègne une éponge avec laquelle on donne à chaud deux couches aux feuilles de baudruche, en laissant sécher entre chacune, et on les presse ensuite.

Les feuilles de parchemin et de baudruche deviennent par l'usage très dures et très cassantes. On leur rend leur flexibilité première en les plaçant une à une entre des feuilles de papier blanc que l'on mouille avec du vinaigre ou du vin blanc, et que l'on réunit en paquets que l'on recouvre de planches surchargées de poids. Au bout de 3 à 4 heures, on retire ces paquets, on les place entre des *emplures* de parchemin de 0^m,30 de côté et on les bat pendant une journée entière.

Comme les feuilles de baudruche dégraissée sont très hygrométriques et attirent l'humidité de l'air, il est nécessaire de les dessécher chaque fois que l'on veut s'en servir, ce qui se fait en en remuissant un certain nom-

bre dans une presse dont la plaque inférieure a été chauffée.

U...

Battage mécanique. M. Favrel, batteur d'or, a inventé une machine à buttre et à réduire tous les métaux en feuilles. Cette machine frappe régulièrement, et sa disposition est telle que le renvoi du marteau est utilisé pour le relever sans secousse, et donner ainsi le même mouvement que le bras. Le marteau frappe ainsi sur la moule (cahier de baudruches, dans laquelle est renfermé l'or). Cette moule est mise en mouvement sur un bloc de marbre au moyen d'un châssis en cuivre, dans lequel elle est enclâssée, et vient présenter successivement sous le marteau les diverses parties où il est nécessaire de battre suivant la grandeur du carré d'or placé dans la moule; au moyen de leviers, les coups sont distribués suivant la surface du métal; ils sont éloignés ou rapprochés les uns des autres, soit dans un sens, soit dans un autre, à volonté et avec plus de régularité que ne le ferait la main. Cette moule reçoit en outre, par un mouvement spécial, et ainsi que le ferait la main de l'ouvrier, une impulsion de rotation au moyen d'une chaîne enroulée sur une roue dont le ressort est continuellement tendu. Tous ces divers mouvements de la moule sont calculés d'une telle façon, qu'ils s'opèrent pendant l'ascension du marteau.

La machine dont nous venons de parler n'a pas encore atteint peut-être le dernier degré de perfection, et nous dirons, avec l'inventeur lui-même, que sa machine n'est encore qu'un ouvrier ordinaire, et à laquelle il veut donner l'*intelligence* et le *raisonnement* de l'ouvrier le plus habile.

Par un procédé fort ingénieux, M. Favrel prépare l'or pour dentiste, et ce métal, ainsi préparé, a tout le moelleux du plomb (voir OR).

Trente-huit presses qui existent dans ses ateliers, et qui sont chauffées par la vapeur, sont un véritable progrès pour la préparation des outils baudruches dans lesquels on bat l'or.

Une machine aussi simple que commode sert pour refroidir les moules (baudruches) chauffées dans les presses dont nous parlons. Avec cette machine, un ouvrier fait la besogne de trois.

BAUDRUCHE (Voyez BOTAUDERIE).

BAUMES (*angl.* balsams, *all.* balsame). Combinaisons naturelles de résines et d'huiles volatiles et souvent d'acide benzoïque. Les baumes sont solides, visqueux ou plus ou moins fluides suivant que l'un ou l'autre des éléments ci-dessus y domine. Leur couleur ordinairement assez foncée, varie du jaune-brunâtre au brun-noirâtre. Leur odeur est due en partie à l'huile volatile qu'ils renferment et quelquefois à de l'acide benzoïque; exposés pendant longtemps à l'air libre, ils durcissent et prennent une apparence résinoïde en perdant leur odeur, par suite de la dispersion dans l'atmosphère de leur huile volatile. Ils se mêlent en général en toutes proportions avec l'alcool, l'éther, les huiles grasses et volatiles, et sont insolubles dans l'eau; par la simple distillation on ne peut séparer qu'une faible partie de l'huile volatile qu'ils renferment; pour en obtenir la totalité il faut les distiller avec de l'eau; opération que l'on pratique en grand sur la **TÉRÉBENTHINE** pour en extraire l'huile essentielle de térébenthine. Tous les baumes s'écoulent soit naturellement, soit par des incisions pratiquées à cet effet, de certains arbres. Nous les diviserons en deux classes suivant qu'ils renferment ou non de l'acide benzoïque.

BAUMES RENFERMANT DE L'ACIDE BENZOÏQUE.

a. **BENJOIN** (voyez ce mot).

b. **Baume du Pérou.** S'obtient, soit au moyen d'incisions pratiquées sur le *myroxyton peruiferum* qui croît au Pérou et au Mexique, soit en évaporant la décoction des feuilles et de l'écorce de cet arbre. Celui obtenu par

le premier procédé est très rare et est livré au commerce dans des coques de noix de coco, ce qui lui a fait donner le nom de *baume en coque*; il est brunâtre, légèrement translucide, présente la consistance de la térébenthine épaissie, et a une odeur très agréable qui rappelle celle de la vanille; il renferme sur 100 parties, 12 d'acide benzoïque, 8 de résine et seulement des traces d'huile volatile. Le baume du Pérou obtenu par le second procédé est transparent, rouge-brunâtre foncé, a une consistance sirupeuse, un goût très amer et une odeur beaucoup plus forte que le précédent; d'après *Stolze* il renferme sur 100 parties: 69 d'huile volatile, 20,7 d'une résine peu soluble dans l'alcool, 6,4 d'acide benzoïque, 0,6 de matière extractive et 0,9 d'eau.

Par suite de son prix élevé le baume du Pérou est souvent falsifié avec du baume de copahu, de l'huile de térébenthine et de l'huile d'olive, et cette falsification est assez difficile à reconnaître excepté pour l'huile de térébenthine qui, lorsqu'elle est en quantité un peu considérable, se décele par son odeur. Ordinairement on l'essaie en recherchant quelle est la quantité de carbonate de soude que l'acide benzoïque qu'il renferme peut saturer; on admet dans cet essai que l'acide renfermé dans 100 parties en poids de baume du Pérou pur, peut saturer 75 parties de carbonate de soude cristallisé. Le baume du Pérou, par suite de son odeur agréable et qui rappelle la vanille, la remplace souvent dans la fabrication du chocolat et de certaines liqueurs; il entre dans un grand nombre de parfums, dans la confection des cires à cacheter super fines, etc... Dissous dans quatre fois son poids d'alcool et étendu sur du taffetas déjà recouvert d'une couche de colle de poisson, il constitue le *taffetas d'Angleterre*.

c. **Storax.** On en distingue deux sortes: l'**AMBRE LIQUIDE** (voyez ce mot), qui découle du *liquid amber styraciflua*, et le storax ordinaire qui provient du *styrax officinalis*, arbre très voisin de celui qui donne le benjoin. Il est brun-noirâtre, opaque, mou et poisseux, lorsqu'il n'est pas desséché. Dans cet état il est susceptible de se casser, quoique difficilement; sa cassure est mate et grenue; on le falsifie très souvent avec de la sciure de bois; cette fraude se reconnaît en le traitant par l'alcool: la sciure reste sans se dissoudre. On le falsifie encore avec de la colophane qui le rend plus sec: cette fraude n'est pas facile à reconnaître. On le reçoit quelquefois enveloppé dans des feuilles de roseaux; il porte alors le nom de *storax calamite*.

d. **Styrax liquide.** Souvent confondu, quoiqu'à tort, avec l'ambre liquide; il provient de l'*altingia excelsa* qui croît aux Indes Orientales.

e. **Baume de tolu.** Découle d'entailles artificielles pratiquées sur le *myroxyton toluiferum*, qui croît dans l'Amérique du sud. Frais il est assez fluide et jaune clair; au contact de l'air il s'épaissit, se fonce en couleur, et finit par se transformer en une masse cassante qui a entièrement perdu son odeur primitive qui était due à de l'acide benzoïque. Il remplace le baume du Pérou dans beaucoup de cas et est d'un prix moins élevé. On le dit pectoral, et il est la base d'un sirop et de pastilles très usitées qui portent son nom.

f. **Vernis chinois.** Les Chinois recouvrent un grand nombre d'objets d'art avec un vernis d'une beauté remarquable, qui surpasse, par son éclat et sa dureté, tous nos vernis artificiels. Ce vernis est un baume naturel qui s'écoule par incision de l'*augia sinensis* (en chinois *tsi-chu*) qui croît en Chine, en Cochinchine et dans le royaume de Siam. D'après Macaire-Prinsep, ce baume est jaune-brunâtre, possède une odeur aromatique particulière, une saveur forte et quelque peu astringente, a la consistance de la térébenthine épaissie, et présente quelque analogie avec les baumes de la Mecque et de copahu. Il constitue un vernis magnifique, qui s'étend très également avec une grande facilité et qui

sèche très vite. Il se mélange aisément avec les couleurs; se dissout à peine à froid dans l'alcool, mais très rapidement à la température de l'ébullition. L'éther et l'huile essentielle de térébenthine le dissolvent même à froid. Distillé avec de l'eau, on en sépare une huile volatile, l'eau dissout de l'acide benzoïque, et on obtient pour résidu une matière résineuse très solide.

BAUMES SANS ACIDE BENZOÏQUE.

a. TÉRÉBENTHINE (voyez ce mot).

b. *Baume de copahu*. S'écoule par incision du *copaifera officinalis*, qui croît dans les Antilles et au Brésil. Au moment où on l'obtient, il est très fluide, incolore, mais il s'épaissit un peu avec le temps et prend une couleur jaunâtre. Son odeur sans être agréable est aromatique, sa saveur chaude et persistante. Sa pesanteur spécifique est de 0,95. Il est très soluble dans l'alcool absolu. L'huile essentielle qu'il renferme et dont la proportion varie suivant l'âge de l'arbre qui la produit, est composée d'hydrogène et de carbone seulement, et d'après Durand, dissout le caoutchouc. Comme il est très employé en médecine, il est souvent falsifié, surtout par un mélange de térébenthine ou d'huiles grasses: la térébenthine se reconnaît à son odeur; les huiles grasses, en agitant le baume de copahu avec une certaine quantité d'ammoniaque liquide; lorsque le baume est pur, on obtient une dissolution limpide, tandis que lorsqu'il est mélangé d'une certaine quantité d'huile grasse on obtient une émulsion laiteuse.

c. *Baume de la Morque* (*opobalsam, baume de Judée*), provient de l'*amyris opobalsamum*, qui croît en Arabie et en Égypte. Il est ordinairement renfermé dans de petits flacons en plomb doré à l'extérieur; il est blanc-jaunâtre, fluide, plus léger que l'eau, soluble en totalité dans l'éther et les huiles essentielles, et partiellement dans l'alcool; son odeur assez agréable et pénétrante se rapproche de celle de la térébenthine mélangée d'essence de citron, sa saveur est amère, âcre et astringente. Il est très difficile de s'en procurer; les Orientaux le regardent comme fortifiant et en ont singulièrement exagéré les vertus.

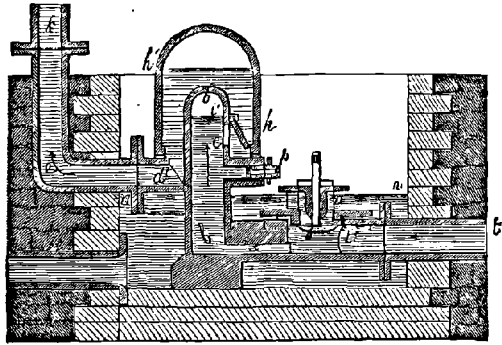
Le Grand-Seigneur en comprend presque toujours dans les cadeaux qu'il adresse aux différents souverains.

d. *Vernis japonais*. Provient du *rhus vernix*, arbre particulier au Japon, et fournit une laque très belle dite *laque du Japon*, mais qui est encore bien inférieure à celle de la Chine.

BÉLIER HYDRAULIQUE. Machine hydraulique inventée en 1797 par Mongolfier, auquel nous devons la découverte des aérostats. Cette machine n'est pas moins remarquable par la nouveauté du principe sur lequel elle repose, que par l'effet qu'elle produit, et qui est supérieur à celui que donnent, sans exception, toutes les autres machines hydrauliques; malheureusement elle doit avoir de faibles dimensions, car à mesure que celles-ci augmentent, les violentes vibrations qui résultent du jeu même de l'appareil font perdre à la puissance motrice une partie de son effet, et amènent une destruction de plus en plus rapide des assemblages des tuyaux et des diverses pièces, ainsi que de leurs supports. C'est par ce motif que cette machine n'est pas devenue d'un usage plus général.

Dans le bélier hydraulique, c'est le choc de l'eau contre elle-même qui l'élève. *t t'* (fig. 210), est un tuyau par lequel arrive l'eau motrice, avec une vitesse dépendante de la hauteur de chute; c'est le *corps du bélier*. L'eau s'écoulerait par l'orifice *v*, s'il n'y avait pas d'obstacle, et gagnerait le niveau *nn'*, qui est le niveau naturel au-dessous de la chute; mais, vers cette

extrémité du tuyau, on ajoute diverses pièces qui forment la *tête du bélier*; *s* est une soupape dont la densité est double de celle de l'eau; l'eau peut la soulever par sa vitesse et l'appliquer contre l'ouverture *v*, qui se trouve alors exactement fermée; on l'appelle *soupape d'arrêt*. Quand la soupape *s* est fermée, l'eau passe par le conduit *x* et s'élève dans le vase en fonte *bb'*, d'où elle passe, par le clapet *c*, dans une grande cloche en fonte *hh'*, pour gagner le tuyau d'ascension *dek*. Là, elle s'arrêterait lorsqu'elle serait parvenue à la hauteur du niveau supérieur de la chute, s'il n'y avait pas une force motrice capable de la pousser plus haut. Mais l'eau qui arrive de la source après avoir acquis une vitesse suffisante par son écoulement naturel, ferme la soupape *s*, qu'elle colle contre les parois de l'ouverture *v*, et soulevant la soupape *c* s'élève dans le tuyau d'ascension *dek*, à une hauteur qui dépend du rapport entre les diamètres respectifs des tuyaux *tt'* et *dek*, ainsi que de la vitesse que peut prendre l'eau motrice en traversant le corps du bélier; lorsque cette vitesse se trouve suffisamment diminuée par suite de l'augmentation de résistance provenant de la diminution



210.

de l'orifice d'écoulement, de l'augmentation de frottement et de la pression due à la colonne d'eau ascendante, laquelle est supérieure à la hauteur motrice, la soupape *c* se ferme, puis la soupape *s* retombe et s'ouvre; l'écoulement naturel recommence, la vitesse s'accroît promptement, la soupape *s* est de nouveau soulevée, et les phénomènes ci-dessus se reproduisent; l'ensemble de tous les effets qui se succèdent dans l'intervalle de deux périodes consécutives, est ce que l'on nomme le *coup du bélier*. On détermine par des essais la proportion des pièces, et surtout le jeu qu'il faut donner à la soupape *s* pour obtenir le plus grand effet possible. On remplace souvent, et avec avantage, les soupapes *s* et *c*, par des soupapes à boulets creux d'un poids convenable et retenues par des muselières.

On rend le jet du bélier hydraulique continu, en adaptant, au-dessus de la soupape *c*, un réservoir d'air où il se comprime et réagit sur le liquide par son élasticité. Cet air étant en partie entraîné mécaniquement par l'eau élevée, on le remplace au fur et à mesure au moyen de la soupape *p*, qui s'ouvre du dehors en dedans et qui est placée au-dessous de la soupape *c*; lorsque cette dernière se ferme il s'opère une réaction dans la colonne liquide, par suite de l'arrêt qui en résulte, laquelle occasionne, pendant quelques instants, un mouvement rétrograde de l'eau et une véritable aspiration dans le corps du bélier, qui ouvre la soupape *p* et fait entrer, au-dessous de *c*, une certaine quantité

BENJOIN.

d'air qui s'introduit dans le réservoir à *h*' au coup de bélier suivant.

L'un des plus grands béliers hydrauliques en activité est celui établi par M. *Delcassan*, à *Sentis*, dans la blanchisserie de M. *Turquet* : le corps du bélier a 0^m,203 de diamètre intérieur et 8 mètres de long ; l'eau fournie par la source a un volume de 1987 litres par minute, sous une chute de 0^m,976, ce qui équivaut à 1945 litres élevés à un mètre, ou 1/2 cheval-vapeur à très peu près. Or, le bélier élève 269 litres d'eau par minute à 4^m,55 de hauteur, ce qui revient à 1224 litres élevés à 1 mètre ; l'effet utile est donc 1214 : 4945 ou 0,63 environ.

BENJOIN (*angl.* benzoin, *all.* benzoe), résine qui s'écoule naturellement, ou, par des incisions pratiquées à cet effet, du *styrax benjoin*, arbre qui croît à Java, Sumatra et dans le royaume de Siam ; elle ne tarde pas à se solidifier au contact de l'air et devient dure et cassante. On trouve le benjoin, dans le commerce, en morceaux de forme irrégulière, formés de noyaux amygdaloïdes blanchâtres empâtés dans une masse brun jaunâtre ; sa cassure est conchoïde et présente un éclat gras ; son odeur est agréable et rappelle celle de la vanille ; sa densité varie de 1,063 à 1,092. Le benjoin se fond à une douce chaleur, et il se sublime alors de l'acide benzoïque que l'on peut aisément condenser sous la forme de longues aiguilles. On le sépare plus complètement par voie humide. Stolze recommande le procédé suivant : on dissout le benjoin dans le triple de son poids d'alcool à 75 centièmes, on neutralise l'acide benzoïque contenu dans la liqueur en y versant graduellement une dissolution alcoolique de carbonate de soude, qui se prépare avec 4 partie de carbonate de soude cristallisé, 3 p. d'alcool et 8 p. d'eau ; enfin, après avoir étendu la liqueur d'une quantité d'eau égale au double du poids du benjoin qu'elle renferme, on en sépare l'alcool par distillation. Les eaux mères qui restent dans la cornue renferment une matière résineuse surnageante que l'on écume, et du benzoate de soude que l'on décompose par l'acide sulfurique versé goutte à goutte, qui précipite l'acide benzoïque, lequel est peu soluble. On obtient par ce procédé 48 parties d'acide benzoïque pour 400 de benjoin employé.

Unverdorben a reconnu que le benjoin contient, outre l'acide benzoïque et une petite quantité d'huile volatile, trois espèces différentes de résines, qui n'ont jusqu'ici trouvé aucun emploi dans les arts.

Le benjoin est particulièrement employé dans la parfumerie ; sa dissolution alcoolique étendue d'eau constitue le *lait virginal*. On le fait entrer dans la composition de différents vernis dont on se sert pour recouvrir des tabatières, des cannes et d'autres objets, qui exhalent alors une faible odeur de vanille lorsqu'ils sont chauffés par le contact de la main. Enfin, en Angleterre, on en incorpore une certaine quantité dans l'encastique que l'on applique sur les carreaux des appartements.

BÉTON (*angl.* concrete, *all.* grundpflaster), nom donné à une masse compacte formée d'un mélange de cailloux, de sable et de chaux, qui sert à assoier les fondations des édifices. Les proportions les plus convenables à employer sont, suivant Lemble, de 80 parties de cailloux ayant chacun un volume de 60 à 80 centim. cubes, de 40 p. de sable fin de rivière et de 40 p. de bonne chaux, ordinairement hydraulique, que l'on gâche ensemble avec une quantité d'eau suffisante immédiatement avant de s'en servir. On l'applique par couches de 0^m,20 à 0^m,25 d'épaisseur, que l'on laisse sécher chacune sur place avant d'appliquer la suivante.

BEURRE (*angl.* et *all.* butter). Le LAIT est une émulsion composée du *petit-lait* ou *sérum*, de *fromage* ou *caséum*, et d'une matière grasse, la *butyrim*, qui constitue le principe du beurre. Lorsqu'on l'abandonne à lui-

BEURRE.

même à une température de 45 à 20° pendant un temps assez long, il se sépare en deux parties : l'inférieure, ou lait caillé, qui renferme la presque totalité du *petit-lait* et du *fromage* ; et la supérieure, ou *crème*, qui renferme la majeure partie du beurre contenu primitivement dans le lait. On conçoit que la séparation de la crème sera d'autant plus complète, que la coagulation du lait sera plus lente ; il faut donc que la température de la laiterie soit maintenue à un degré déterminé (40 à 42°) et aussi uniforme que possible. On satisfait à cette condition en la plaçant dans des caves. Chaque jour on enlève la crème qui s'est formée à la surface des pots et on la met de côté ; la séparation complète n'a lieu qu'après un temps qui varie suivant la saison. Quatre à cinq jours suffisent en été, tandis qu'il en faut souvent le double en hiver.

La crème renferme les mêmes éléments que le beurre, mais dans des proportions très différentes ; la matière grasse y prédomine beaucoup. Lorsqu'elle est vieille, le *fromage* qu'elle renferme encore est entièrement coagulé, les molécules butyreuses isolées, et elles se réunissent aisément en une seule masse par le battage (voyez *BARATTE*), tandis que lorsqu'on opère sur une crème fraîche, les parties constituantes sont encore trop intimement unies, et il faut que, par un battage plus prolongé, on y détermine la même altération qu'elle subirait plus tard en la laissant exposée à l'air. Aussi une crème de 24 heures exigera, pour donner son beurre, quatre fois plus de temps que celle qui aura huit jours ; c'est un fait bien constaté par l'expérience.

Le goût du beurre est différent avec les localités et les saisons ; sa couleur varie du jaune foncé au blanc mat. Quoique l'on ne puisse en rien préjuger de la qualité par la couleur, beaucoup de personnes regardent les beurres les plus colorés comme étant les meilleurs, aussi leur donne-t-on souvent artificiellement cette couleur en mêlant avec la crème, avant le battage, du suc de carottes, de la fleur de souci, de la graine d'asperge ou de l'orcanette.

Au sortir de la baratte, on *délaite* le beurre en le malaxant dans un vase rempli d'eau fraîche avec le dos d'une grande cuillère en bois ; plus on apporte de soin dans cette opération, plus le beurre se conserve longtemps. On y ajoute souvent en même temps un peu de sel, comme dans les beurres fins qui nous viennent de la Bretagne, et on obtient un beurre demi-sel qui se conserve plus longtemps frais que les beurres ordinaires. Le beurre frais ne peut se conserver longtemps, parce qu'il renferme encore un peu de matière caséuse qui s'altère rapidement. Pour le conserver, il faut le saler ou le fondre.

Pour saler le beurre on le malaxe avec du sel aussi sec que possible et grossièrement pulvérisé ; on incorpore ainsi dans le beurre de 6 à 12 p. 100 de son poids de sel, suivant qu'il doit être consommé sur les lieux ou envoyé au loin ; on l'introduit ensuite dans des pots de grès où on le tasse fortement jusque près de l'ouverture, on recouvre le beurre avec un premier linge fin sur lequel on place une couche de sel de 2 à 3 centimètres d'épaisseur ; enfin on recouvre le tout avec une toile plus forte qu'on fixe avec une corde. En Écosse, il paraîtrait, d'après le docteur Anderson, que l'on salerait généralement le beurre en le malaxant avec 6 à 8 p. 100 de son poids, d'un mélange composé de 4 partie de sucre, 1 p. de nitre et 2 p. de sel ordinaire. Il assure que par ce procédé le beurre se conserve plus longtemps, et que sa couleur, sa consistance, son odeur et sa saveur, sont de beaucoup supérieures à celles du beurre salé ordinaire.

Le beurre fondu se prépare en fondant le beurre à feu nu à une douce chaleur, l'entretenant liquide pendant quelque temps, y ajoutant un peu de sel, l'écumant de temps à autre, et enfin le coulant dans des pots en grès

BIELLE.

destinés à le conserver. On le dépouille ainsi de la majeure partie de son humidité, et une partie de la matière caséuse qu'il renferme à l'état de mélange, se sépare et se dépose au fond du vase dans lequel s'opère la fusion; on enlève donc ainsi au beurre une partie des éléments putrescibles qu'il renferme; mais cette séparation est loin d'être complète, parce qu'on ne maintient pas assez longtemps le beurre en liquéfaction. Ainsi chauffé à feu nu, il s'altérerait, quelque précaution qu'on pût prendre; il serait donc bien plus avantageux, comme du reste l'expérience l'a démontré, de le fondre au bain-marie. Une température de 36° centigrades suffit pour faire entrer le beurre en pleine liquéfaction; arrivé à ce point, on peut sans inconvénient le maintenir fondu autant de temps que l'on voudra; le départ se fera complètement. On décante ensuite, on sale convenablement, et l'on coule au travers d'un linge fin. Le beurre, ainsi préparé et renfermé dans des vases bien bouchés, se conserve presque indéfiniment.

On pourrait fabriquer avec le beurre du savon d'excellente qualité; c'est un des corps gras qui offrent le plus d'avantages sous ce rapport; ce savon absorbe une quantité d'eau considérable sans cesser d'être solide. D'après Pelletier, 3 kil. de beurre rance dessalé ont donné 44 kil. de savon très blanc, qui après deux mois de séjour à l'air ne pesait plus que 7 kil.

BEZOARD. Nom donné à certaines concrétions trouvées dans l'estomac des animaux, et auxquelles on attribuait autrefois une foule de propriétés et de vertus imaginaires. Elles n'intéressent actuellement que la chimie pathologique.

BIELLE. Le système composé d'une bielle et d'une manivelle, c'est-à-dire d'une barre assemblée par un bouton (appelé bouton de la manivelle) avec un rayon d'un cercle monté sur un axe de rotation, constitue le moyen par excellence pour transformer un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne ou circulaire alternatif, et inversement; il est encore employé pour communiquer le mouvement circulaire. L'importance de cet organe de transformation de mouvement qui se rencontre dans tant de machines nous engage à ajouter quelques détails à ce que nous en avons dit à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

BIELLE

Il est facile d'obtenir une courbe représentative de ce mouvement. Si l'on divise la circonférence en parties égales, vingt par exemple, que par les points de division comme centres, avec une longueur égale à celle de la bielle, on trace des arcs de cercle venant rencontrer la direction de la tige, on aura toutes les positions de l'extrémité de celle-ci pour les positions successives du bouton. Si donc on prend les chemins parcourus par le bouton comme abscisses et les chemins parcourus par la tige comme ordonnées, on obtiendra une courbe qui permettra d'apprécier comment s'effectuent les mouvements.

Dans le cas le plus fréquent de la pratique, celui où par l'effet d'un volant sur l'arbre de rotation le mouvement circulaire est sensiblement uniforme, les arcs décrits par le bouton ou les abscisses de la courbe sont proportionnels aux temps; d'où il résulte que l'inclinaison des tangentes à cette courbe, le rapport de l'espace parcouru au temps employé à le parcourir pour un intervalle infiniment petit, donnera la vitesse de la tige en un instant quelconque.

La fig. 2 représente les courbes obtenues comme il est dit ci-dessus, lorsqu'on suppose la bielle infinie, restant toujours parallèle à elle-même. Dans ce cas, les chemins parcourus par l'extrémité de la bielle sont toujours égaux au sinus de l'arc θ que décrit le bouton, mesuré à partir d'un des points morts.

Représentation du travail de la bielle. L'aire de ces courbes représente à une certaine échelle le travail engendré par l'action d'une force F constante, agissant à l'aide de la bielle sur le bouton de la manivelle. En effet (fig. 3), le point d'application de cette force parcourant le petit arc s de la circonférence, son travail est $F \times s$ projeté sur la direction de F , c'est-à-dire $F s \times \sin. \theta$, θ étant évidemment égal au complément de l'angle fait par la bielle, supposée toujours parallèle à elle-même, avec la tangente au point considéré. Le travail élémentaire correspondant à l'arc s sera donc représenté à une certaine échelle par le petit trapèze qui a cet arc pour base, et pour côté les valeurs de $\sin. \theta$, et par suite le travail total transmis par la bielle à la manivelle sera représenté par l'aire entière comprise entre la circonférence développée et la courbe dont les ordonnées sont déterminées par les

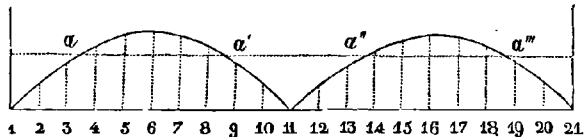


1.

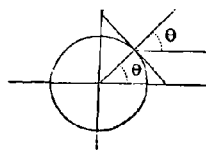
Mouvement circulaire continu en rectiligne alternatif ou inversement. Il est facile de voir par l'inspection de la figure 1 que pour chaque tour, chaque circonférence décrite par le bouton de la manivelle, la tige parcourra un chemin égal au diamètre de cette circonférence.

La vitesse moyenne pour chaque tour, c'est-à-dire le rapport du chemin parcouru en un tour par la tige et par le bouton de la manivelle est constant, mais la vitesse réelle en chaque instant est variable.

Il est facile de voir notamment que, à mesure que le bouton se rapproche des deux points où la direction de la tige rencontre la circonférence qu'il décrit, la tige se déplace de moins en moins, et cesse tout à fait de se mouvoir lorsqu'il les a atteints; c'est ce qui leur fait donner le nom de points morts, et est la cause de l'excellence de cet organe, le mouvement s'éteignant lentement et sans secousse dans un sens pour reprendre en sens inverse.



2.



3.

valeurs successives de $\sin. \theta$.

Le produit $F \sin. \theta$ est nul quand la perpendiculaire abaissée de l'axe de rotation sur la bielle est égale à zéro, car alors $\theta = 0$, ce qui correspond aux points 4, 11, 21; en

ces points la bielle ne produit aucun travail. Le maximum a lieu pour $\sin. \theta = 1$ ou $\theta = 90^\circ$, c'est-à-dire dans la fig. 2 aux diamètres verticaux correspondants aux points 6 et 16; enfin la symétrie des figures montre que les deux courbes et chacune de leurs moitiés sont égales de part et d'autre.

Calcul de ce travail. Le travail développé par la puissance F dans une demi-révolution, pendant laquelle le chemin parcouru, estimé suivant la direction de la force, est $2r$, est égal à celui que la résistance cons-

tante Q , agissant sur une circonférence de rayon R , consomme pendant une demi-révolution; ou aura donc pour un tour entier et une oscillation complète $4Fr = 2\pi QR$. Si donc on construit un rectangle dont la base soit toujours 2π et la hauteur $QR = \frac{4Fr}{2\pi}$, la surface de ce rectangle représentera le travail total développé par la résistance et sera égale à celle que circonscrit la courbe. Les points de rencontre du côté supérieur de ce rectangle avec la courbe correspondront aux points pour lesquels le travail élémentaire de la puissance et celui de la résistance sont égaux (4).

La partie de la courbe que cette droite laisse au-dessous d'elle et les parties du rectangle non comprises dans la courbe représentent les excédants successifs du travail moteur et du travail résistant qui engendrent les irrégularités du mouvement de rotation produit par l'action d'une force constante.

La figure montre combien il se régularise avec le système de manivelles multiples et à angles droits, décrit à l'article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, puisque le travail de la seconde manivelle serait représenté par une courbe semblable à la première, partant de la division 6 et allant à la division 16.

Mouvement circulaire continu en circulaire alternatif. La combinaison d'une bielle et d'une manivelle est par-tout employée pour cette transformation (fig. 4). Il suffit pour réaliser ce système d'assembler la bielle par un boulon, de l'articuler à l'extrémité d'un balancier assujéti à tourner autour d'un tourillon. Tous les avantages que nous avons reconnu appartenir au système composé d'une bielle et d'une manivelle, dans le cas précédent, se retrouvent dans celui-ci; il offre de plus l'avantage que les frottements des tourillons du balancier sont minimes, tandis que ceux d'une tige glissant entre des guides sont considérables.

Si l'on suppose que la bielle est assez longue pour pouvoir être considérée comme d'une longueur infinie, comme restant toujours parallèle à elle-même, ce que nous avons dit précédemment relativement au travail moteur s'applique à ce cas. Toutefois (et c'est le cas le plus habituel de la pratique), on ne peut admettre les résultats fournis par cette hypothèse quand la longueur de la bielle est au-dessous de cinq à six fois celle de la manivelle. On peut encore, dans ce cas, construire graphiquement les courbes dont l'aire donne le travail produit. Nous renverrons pour le moyen de l'obtenir à notre *Traité de Cinématique*.

La fig. 5 montre les courbes obtenues pour une bielle infinie et une bielle de longueur égale à cinq fois le rayon de la manivelle.

Conséquences de l'obliquité de la bielle. Lorsque la bielle ne peut être considérée comme infinie, la direction

4 Nous supposons ici qu'il s'agit d'une manivelle à double effet, c'est-à-dire que l'effort constant de la bielle change de sens à chaque demi-révolution. Si l'effort était toujours de même sens, comme cela a lieu pour la pesanteur, le travail serait évidemment nul pour une révolution complète; enfin, si la manivelle n'agissait que pendant une demi-révolution, la résistance qui, agissant constamment sur une circonférence du rayon R , produirait le même travail, serait donnée par l'équation $2Fr = 2\pi QR$.

de la bielle ne passe pas par l'axe de rotation, quand le bouton de la manivelle passe par le point le plus bas de sa course, et le moment de l'effort (le produit qu'il faut multiplier par l'angle au centre pour avoir le travail élémentaire) n'est pas nul. Jusqu'à cette position, l'effort agit dans le sens du chemin décrit par le bouton; mais, au-delà de cette position jusqu'à celle où le bras de levier est nul, cet effort tend à faire rétrograder le bouton de la manivelle qui ne persévère dans son mouvement qu'en vertu de l'inertie du volant. Le moment est par conséquent négatif et ne devient positif que quand le bras de levier étant devenu nul change lui-même de direction. Par conséquent, dans cette courte période, ce moment doit être porté en dessous de la ligne des abscisses, comme on le voit sur la figure. Un effet semblable se produit à la fin de l'autre période.

Il résulte, de là, contrariété dans le mouvement, refoulement du bouton sur la bielle, et réciproquement; et c'est ce qui contribue, en partie, à produire la vibration toujours nuisible de la bielle. Ce défaut est d'autant plus sensible que la bielle est plus courte.

Il résulte aussi de l'obliquité de la bielle que, dans la première moitié de la demi-révolution descendante du bouton de la manivelle, les bras de levier de la puissance sont plus grands que ceux que donne la supposition d'une bielle infinie, tandis que c'est le contraire dans la seconde moitié; l'inverse se produit dans la demi-révolution ascendante. Les excès du travail moteur sur le travail résistant, et vice versa, cessent d'être égaux, et les courbes ne sont plus symétriques. C'est ce qui se voit bien sur la fig. 5.

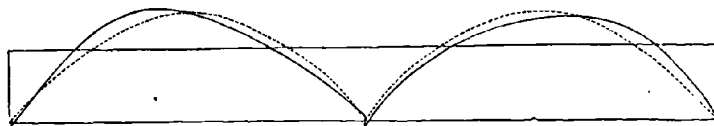
Nouvelle transformation du mouvement, par M. Girard. Ce qui précède était important à établir pour comprendre un nouveau système dont M. Girard a déposé le modèle à l'exposition de 1849.

Cette nouvelle transformation de mouvement, ou plutôt ce cas particulier de la transformation du mouvement circulaire alternatif en circulaire continu, offre une disposition nouvelle du système composé d'un balancier, d'une bielle et d'une manivelle.

On sait que dans la disposition ordinaire le balancier est, dans sa position moyenne, perpendiculaire à la direction de la bielle. Dans cette disposition, une double oscillation du balancier fait faire à la manivelle assemblée à l'extrémité de la bielle, un tour complet, et dans les deux positions moyennes de son mouvement, le bras de la manivelle est parallèle à la position moyenne du balancier.

Il est facile de voir que si pour une même distance des deux axes on allonge la bielle et qu'on diminue le balancier, l'angle parcouru par celui-ci augmente, et les deux parties de la circonférence, décrite par la manivelle entre les points morts, cessent d'être égaux.

5.



Si enfin on place la bielle de telle sorte que dans sa position moyenne le balancier se trouve en ligne droite avec elle, l'inertie aidant, le volant monté sur l'axe de la manivelle fait un tour complet par chaque oscillation simple du balancier.

Ainsi sur la figure 6, le balancier passant de la position OA à OH, la bielle passe de AC en AG. Elle passe ensuite de HG en BD, pendant la seconde partie de la demi-oscillation. L'inertie aidant lorsque le balancier revient de OB en OA, le point D, qui peut se diriger également vers G et vers C, se dirige vers ce

BIELLE.

dernier point, pour arriver encore en G lorsque B est en H. En une oscillation complète, un aller et un retour, le chemin parcouru est donc $CGD + DCGDC = 2$ tours complets.

Cet appareil serait déficient pour des forces considérables. La manivelle, en montant au-dessus du point D en sens inverse de l'action des forces qui agissent suivant la bielle, imprime à celle-ci un mouvement de vibration produit par le resoulement, comme nous l'avons vu dans le cas de l'emploi de bielles courtes.

Ce dispositif est certes très curieux, et peut trouver quelques curieuses applications dans des machines légères, mais ne peut fournir de bons résultats dans celles où des résistances importantes sont en jeu, dans les locomotives notamment, où l'auteur avait espéré le voir appliqué et où il importerait beaucoup de multiplier les tours des roues pour un nombre de coups de piston, sans engrenages, à l'aide de simples articulations d'un effet certain.

Frottement de la bielle. Le travail du frottement de la bielle se compose de deux parties : celui qui se produit sur le bouton de la manivelle, et celui qui se produit à l'articulation de la bielle avec le balancier ou avec la tige guidée en ligne droite.

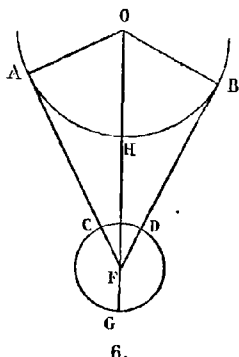
Le frottement sur le bouton de la manivelle est égal à $2\pi r/P$ pour chaque tour, $2\pi r$ étant la circonférence du bouton, P l'effort, f le coefficient du frottement. Celui qui se produit à l'extrémité du balancier se calculera de même, ce système ne différant pas du précédent pour une fraction de tour ; ainsi le balancier décrivant un angle α , le frottement pour une double oscillation sera $2\pi rPf \frac{\alpha}{180^\circ} = \pi rPf \frac{\alpha}{90^\circ}$.

On voit que ces frottements sont très peu considérables, les valeurs de r étant elles-mêmes petites, ce qui fait bien comprendre l'emploi si fréquent de ce système dans les machines.

Si la bielle produit le mouvement rectiligne, le frottement qui se produit à son articulation avec la barre guidée en ligne droite, ne parcourt que l'arc du même nombre de degrés que celui dont le double rayon de la manivelle est la corde et la bielle le rayon, mesuré sur la circonférence qui a pour rayon celui de l'articulation. Il est donc encore très peu considérable, surtout auprès de celui de la barre maintenue dans des guides-plans.

Excentrique circulaire. Dans tout ce que nous avons dit au sujet de la manivelle et de la bielle, nous n'avons rien supposé quant à la grandeur du bouton de la manivelle ; il peut donc être quelconque, et la vitesse du mouvement transmis ne changera pas, pourvu que la distance des centres de la manivelle et du bouton reste la même.

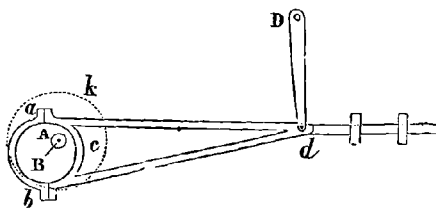
Si le rayon du bouton grandit jusqu'à être plus grand que cette distance des centres, le mouvement ne changera encore aucunement ; seulement la disposition de l'assemblage ne peut plus être celle exposée précédemment. La bielle est alors remplacée par une double tringle terminée par un collier qui entoure la circonférence d'un cercle tournant autour d'un point autre que son centre (fig. 7). C'est le système appelé



6.

BIELLE.

excentrique circulaire, qui, comme nous venons de le voir, n'est qu'un cas particulier de la bielle, et donne



7.

absolument les mêmes vitesses pour un même écartement des centres.

Frottement des excentriques circulaires. L'expression du frottement est toujours la même que dans le cas de la manivelle ; seulement le rayon de l'excentrique remplaçant le rayon du bouton, le frottement devient très grand et peut devenir supérieur au travail entier de la force motrice.

En effet, pour un tour, le travail du frottement sera $2\pi r f F$; celui de la force motrice agissant dans la direction de la bielle sera $4FR$ (R distance des deux centres). Le rapport de ces deux quantités sera :

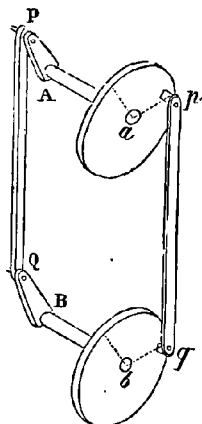
$$\frac{2\pi r f F}{4FR} = \frac{\pi r f}{2R}$$

Or, comme $\pi = 3,14$, on voit qu'il ne faut pas que r , toujours supérieur à R , soit avec lui dans un rapport bien grand pour que cette expression soit plus grande que l'unité, bien que f soit fractionnaire.

Mouvement circulaire continu en circulaires continus. La bielle peut servir avec avantage à transmettre un mouvement circulaire continu, à la condition que la vitesse des deux roues soit la même, que les deux bras de manivelle auxquels la bielle est assemblée soient égaux. Nous ne parlons que des cas où la bielle et les deux manivelles montées à angle droit sur les axes de rotation sont dans le même plan. Lorsqu'il en est autrement, pour un rapport de vitesse variable, on peut employer deux bras de manivelle de longueurs différentes, pourvu qu'elles satisfassent aux conditions spéciales pour que le mouvement circulaire puisse se continuer. (Voyez

notre *Traité de Cinématique*.) Dans la communication dont il s'agit ici, une seule difficulté se présente. Elle consiste en ce que, lorsque l'une des manivelles arrive au point mort, l'autre y arrive également, et, par suite, il y a instabilité, c'est-à-dire qu'à moins que l'inertie des pièces en mouvement ne soit en jeu, il n'y a pas de raison pour que le mouvement ne devienne pas rétrograde, au lieu de continuer dans le même sens.

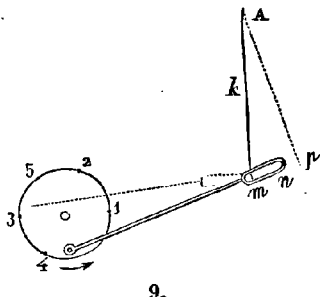
La disposition habituellement employée pour éviter cet inconvénient est représentée dans la fig. 8. Elle consiste à employer deux systèmes de bras à angle droit sur chaque axe et deux bielles d'égale longueur. De la sorte les quatre manivelles n'étant plus en même temps au point mort, l'inconvénient dont nous avons parlé ne peut plus exister.



8.

BIÈRE.

Nous terminerons ce qui se rapporte à la bielle en décrivant l'emploi de cet organe pour produire un mouvement intermittent. Soit une roue (fig. 9) qui est mise



en communication par l'intermédiaire d'une bielle avec un levier *A m*. L'extrémité de la bielle porte une rainure *m n*, dans laquelle passe une cheville *m* fixée à l'extrémité du levier *A m*. Ce levier peut se mouvoir autour du centre *A* et est disposé, soit pour rester au point extrême où il parvient jusqu'à une action nouvelle, soit pour appuyer constamment sur le fond de la rainure par l'effet d'une force quelconque, d'un poids ou d'un ressort, sa course vers l'axe de rotation étant dans les deux cas limitée en *A k* par un arrêt. Cette disposition se rencontre dans plusieurs machines. **CH. LABOULAYE.**

BIÈRE. On donne le nom de bière à l'infusion fermentée d'orge germée, conservée et parfumée avec du houblon; mais on a étendu cette qualification à plusieurs autres boissons de qualité inférieure, telles que : la bière de sapin, la bière de genièvre, la bière de sarrazin, de mélasse, qui toutes consistent en une liqueur sucrée, ayant éprouvée une fermentation vineuse plus ou moins avancée, et parfumée avec des substances particulières.

Les anciens connaissaient la bière, et les Romains lui donnaient le nom approprié de *cervisia*, comme étant le produit des blés, don de Cérès. La plus célèbre liqueur de ce genre, dans l'antiquité, était la boisson pélusienne, ainsi appelée de la ville où elle était préparée, près d'une des bouches du Nil. Aristote parle de l'enivrement causé par la bière; et Théophraste la nomme très justement *le vin d'orge*. On peut aussi conclure du récit des historiens, que des boissons analogues à notre bière étaient en usage parmi les Gaulois, les Germains et presque chez tous les peuples de notre zone tempérée; et qu'elles ont toujours été le breuvage le plus répandu, dans les pays où le vin n'était pas un produit abondant de l'agriculture.

De nos jours, l'usage de la bière est extrêmement répandu, surtout en Angleterre, en Belgique, en Allemagne et en France; on a calculé que dans la seule ville de Londres, on en produisait près de 300 millions de litres chaque année!

Cette importance qui augmente chaque jour, nous engage à entrer dans quelques détails sur la préparation de la bière; les documents que nous fournirons à ce sujet le livre du docteur Ure, sur la fabrication anglaise, présenteront certainement de l'intérêt à nos lecteurs; nous y joindrons la préparation de quelques bières renommées, comme celles de Munich, de Strasbourg et de Louvain.

Pour plus de clarté, nous diviserons ce que nous avons à dire, sur l'art du brasseur, en cinq articles qui sont :

I. Des matières premières qui entrent dans la composition de la bière;

II. De la préparation du malt, ou changements que l'orge subit avant de servir dans le brassage;

BIÈRE.

III. Brassage proprement dit, ou formation du moût sucré, et infusion du houblon;

IV. Fermentation du moût;

V. Collage, maturité et conservation de la bière.

I. *Des matières premières.*— Les matières premières se rangent dans deux classes bien distinctes; les unes sont destinées à fournir la substance sucrée, et par suite, la partie alcoolique de la liqueur, les autres lui donnent une saveur particulière forte et amère, et servent à sa conservation.

Toutes les céréales pourraient être rangées dans la première classe, puisqu'elles contiennent toutes de l'amidon qui peut être transformé en sucre; c'est ainsi que l'on emploie dans quelques circonstances, le froment, le maïs, le riz, etc.; mais l'orge, très employée en Europe, produit la bière la plus parfaite et donne en outre des résultats économiques.

Il existe deux espèces d'orge, l'*hordeum vulgare*, ou orge commune à deux rangs, et l'*hordeum hexastichum*, ou orge à six rangs. La première est employée en Angleterre, où on en fait une énorme consommation; en France, on emploie indifféremment l'une ou l'autre qualité. La grosseur des grains d'orge et l'égalité la plus approximative de leurs dimensions sont des conditions importantes de la régularité si essentielle dans les opérations ultérieures qu'ils doivent subir, et d'ailleurs c'est en général la conséquence d'une bonne culture. Les bons grains sont durs, pleins, farineux et blancs à l'intérieur; mouillés pendant quelques minutes et remués, ils ne doivent pas développer d'odeur désagréable. Les plus pesants, à mesure égale, sont en général les meilleurs; enfin, agités et trempés dans l'eau, ils doivent presque tous tomber au fond du liquide. Avec toutes ces qualités, l'orge doit en outre, et par dessus tout, posséder la qualité germinative, sans laquelle il serait impossible de transformer la fécule en matière sucrée.

Une des meilleures preuves de la bonne qualité de l'orge, est encore l'augmentation de volume que le grain acquiert lorsqu'il est plongé dans l'eau, pendant un temps suffisant; ainsi, d'après le docteur Ure :

	Orge mouillé.
400 mesures d'orge ordinaire (hordeum vulgare) produisent . . .	424 mesures
400 — d'orge à 6 rangs d'Ecosse. . .	421 —
400 — idem. — . . .	418 —
400 — D'orge qualité supérieure de Suffolk.	483 —
400 — D'orge à 6 rangs d'Ecosse, qualité très inférieure.	409 —

On voit quelles différences marquées existent entre le produit d'une mauvaise qualité d'orge et celle d'une excellente qualité; cette circonstance indique si bien le produit probable de l'orge germée, en bière, qu'elle est soigneusement prise en considération, en Angleterre, par les commis de l'impôt; qui établissent la base de ce dernier, sur cette augmentation de volume.

En France, où l'administration permet aux brasseurs d'employer d'autres matières sucrées que celles qui proviennent de l'orge, il est évident que cette augmentation de volume serait une base tout à fait illusoire; dans ce pays on prend pour base le volume du moût préparé avec le malt.

En Angleterre, on compte en moyenne que 400 ki logr. de bonne orge pèsent, après le mouillage, près de 446 kilogrammes; la meilleure prenant toujours le plus d'eau. Pour bien faire comprendre le rôle important que joue l'orge dans la préparation de la bière, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur la composition de cette céréale et sur les modifications qu'elle peut subir, lorsqu'elle est exposée à certaines influences.

L'orge est composée d'amidon, de gluten, d'une pe-

BIÈRE.

tite quantité de glucose et de dextrine, d'albumine d'une matière grasse, de son, d'eau et de quelques sels terreux en très faible proportion. Ce qu'il nous importe surtout de considérer ici, c'est l'amidon; toutes les autres matières, et en particulier le gluten et l'albumine, ont très probablement une certaine influence sur la qualité de la bière, influence qui n'est pas très connue, mais qui n'en est pas moins réelle, puisque, avec la fécula ou même l'amidon seuls, il est impossible de préparer de la bière de qualité même ordinaire; quoiqu'il en soit, c'est l'amidon qui doit fournir la partie sucrée, et par suite l'alcool contenu dans la liqueur. Pour que l'amidon de l'orge puisse se changer en substance sucrée, il faut développer dans les grains de cette céréale une substance, la **DIASTASE**, qui possède à un très haut degré la propriété de rendre soluble l'amidon en le transformant en dextrine, puis en sucre. Ce principe naturel, découvert par MM. Payen ou Persoz, se développe pendant la germination des céréales, des pommes de terre; il rend soluble l'amidon qu'elles renferment, et lui permet ainsi d'alimenter les jeunes tiges de la plante. C'est donc en faisant germer l'orge, et en arrêtant la germination au moment convenable, et que nous indiquerons plus tard, que le brasseur parvient à se procurer la matière sucrée nécessaire à la préparation de la bière.

L'orge et les quelques céréales que l'on emploie quelquefois, ne sont pas les seules matières premières dont on fait usage pour obtenir la partie alcoolique de la bière. En France surtout, on emploie aussi, et trop fréquemment peut-être, des matières sucrées, telles que les mélasses, sucre de fécula et glucose, etc. L'emploi de ces substances produit évidemment des résultats économiques; mais d'un autre côté si l'on en abuse, la qualité de la bière en souffre nécessairement.

La loi interdit formellement, en Angleterre, l'emploi des substances sucrées, autres que celles qui proviennent des céréales; cela découle évidemment du mode de perception de l'impôt qui est employé dans ce pays, et qui a pour base, comme nous l'avons déjà dit, l'augmentation de volume, que l'orge éprouve par le mouillage.

Dans la seconde classe des matières premières, se rangent, nous le répétons, les substances destinées à conserver et à parfumer la bière. La plus estimée, et même la seule employée aujourd'hui, est le houblon.

Le **HOUBLON** (*humulus lupulus*) est une plante grimpante à racines vivaces, qui appartient à la famille des *urticées*; ce sont les fleurs femelles de la plante, ou cônes de houblon, qui sont recueillies et employées dans la préparation de la bière.

La partie utile du houblon est une substance jaune, pulvérulente, très aromatique qui revêt les écailles des cônes, et qui forme au moins le huitième de leur poids. Cette sécrétion pulvérulente peut facilement se recueillir, il suffit pour cela de sécher à une douce température les folioles du houblon puis de les remuer au-dessus d'un tamis de crin; la poudre séparée des matières étrangères traverse les mailles. MM. Payen et Chevalier qui l'ont analysée l'ont trouvée composée de :

- Huile essentielle;
- Résine;
- Au moins une matière azotée;
- Une substance amère;
- Idem, gommeuse.

Ils y ont en outre trouvé des traces d'acétate d'ammoniaque, de soufre, de silice, de chlorure de calcium, de sulfate et de malate de potasse, de phosphate et de carbonate de chaux, enfin d'oxyde de fer.

En procédant à la séparation de cette sécrétion jaune, par le procédé que nous avons indiqué plus haut, MM. Payen et Chevalier ont trouvé les résultats suivants en traitant divers houblons :

BIÈRE.

Espèces de houblon.	Sécrétion jaune.
Houblon de Poperingue (Belgique).	48,00 p. 400
— d'Amérique vieux.	46,90 "
— de Bourges.	46,00 "
— de l'Etang de Crécy.	42,00 "
— de Busignies.	41,50 "
— des Vosges.	41,00 "
— d'Angleterre vieux.	40,00 "
— de Lunéville.	40,00 "
— de Liège.	9,00 "
— d'Alost (Belgique).	8,00 "
— de Spalte (Allemagne).	8,00 "
— de Toul (Meurthe).	8,00 "

Ce tableau fait voir combien peut varier la qualité des houblons que l'on trouve dans le commerce, et de quel intérêt il est pour le fabricant de s'assurer de cette qualité avant de faire des achats de cette matière première qui est toujours à un prix élevé. On remarquera en outre que les houblons de France sont peu riches en matière utile, cela tient aux procédés d'emballage qui sont généralement moins perfectionnés qu'en Angleterre et qu'en Amérique; et qui cependant ont une très grande influence sur la conservation des propriétés du houblon. Par des procédés qu'il n'entre pas dans notre cadre de décrire ici, MM. Payen et Chevalier sont parvenus à extraire de la sécrétion jaune une substance qu'ils ont appelée lupuline, et à laquelle ils attribuent la plupart des propriétés du houblon; cette matière amère et aromatique, lorsqu'elle est chauffée, est très soluble dans l'alcool; l'eau en dissout 5 p. 400 de son poids, ce qui explique comment on parvient à l'incorporer dans la bière, au reste l'huile essentielle qui accompagne la lupuline joue très probablement aussi un certain rôle dans la conservation de la bière.

Aussitôt après la récolte du houblon, tous les soins doivent se porter sur la dessiccation et l'emballage des folioles; on se contente généralement d'étendre les cônes dans de vastes greniers où on les retourne chaque jour avec un râteau, jusqu'à ce qu'ils aient atteint le degré convenable de siccité; en Alsace où l'on s'occupe activement de la culture de houblon, on rend cette dessiccation plus rapide en exposant le houblon sur des cadres garnis de treillages en cordes, et distants les uns des autres de 33 centimètres. Ces procédés de dessiccation à l'air libre ont l'inconvénient d'exiger beaucoup de temps et d'être soumis aux influences atmosphériques; lorsque l'air est humide la dessiccation peut se prolonger, et pendant tout ce temps le houblon perd nécessairement de ses propriétés. — On obtiendrait des résultats meilleurs et beaucoup plus réguliers, en opérant la dessiccation à une douce température dans une étuve à courant d'air chaud; on pourrait employer à cet effet des tourailles ordinaires (voyez plus loin, même article) ou bien les étuves perfectionnées que l'on emploie dans d'autres fabrications; dans tous les cas, la température ne devra jamais s'élever au-dessus de 30° centigrades. Cette question a beaucoup occupé en Angleterre les producteurs de houblon, plusieurs appareils ont été imaginés qui paraissent devoir donner de très bons résultats. Il faut encore avoir la précaution, lorsque la dessiccation a été produite dans une étuve, de laisser le houblon séjourner quelques jours dans un grenier, afin qu'il reprenne à l'atmosphère une très petite quantité d'eau, qui est destinée à l'assouplir et à l'empêcher de se briser et de se réduire en poussière lorsqu'on l'emballage.

L'emballage des cônes de houblon desséchés est une des opérations qui influent le plus sur la conservation plus ou moins longue de cette matière première; on doit même lui attribuer la cause des énormes différences qui existent entre la valeur des houblons anglais et ceux de France après quelques années de garde. Les premiers

conservent pendant très longtemps une grande partie de leurs propriétés; les seconds au contraire ont généralement perdu presque toute leur valeur au bout de 3 ou 4 années au plus.

En France on se contente le plus souvent d'emballer le houblon en le foulant avec les pieds dans des sacs; sous cette légère pression il reste de nombreux interstices, à travers lesquels l'air peut circuler librement; il entraîne peu à peu l'huile essentielle, l'oxygène et plusieurs autres principes dont il détruit les propriétés.

En Angleterre, au contraire, après avoir bien tassé le houblon dans de forts sacs tendus dans des formes, on le soumet à l'action énergique d'une presse hydraulique; dans cette opération, les cônes sont tellement pressés les uns contre les autres que l'air et l'humidité n'y pénètrent qu'avec la plus grande difficulté. Malgré toutes ces précautions le houblon perd toujours de sa valeur en vieillissant; mais il la perd d'autant moins rapidement que l'emballage a mieux été fait.

Les meilleurs houblons ont une couleur jaune d'or, de grands cônes et une odeur agréable; lorsqu'on les frotte entre les mains, ils y laissent des traces jaunes très odoriférantes sans aucune parcelle de la plante; on peut du reste s'assurer directement de la proportion de la sécrétion jaune, au moyen du procédé que nous avons indiqué plus haut.

En Angleterre, les houblons les plus beaux, les plus pâles et les plus parfumés, sont emballés dans des sacs de beau canevas, qu'on appelle poches et qui, remplis, pèsent environ 76 kilogr.; ils sont destinés aux brasseurs d'ale. Les houblons, de couleur foncée et à parfum très fort, sont emballés dans des sacs d'un tissu grossier et qui peuvent contenir environ 132 kilogr.; ils sont vendus aux brasseurs de bière forte et de porter. Dans ce pays, les plus beaux houblons croissent dans les environs de Canterbury; ceux de Worcester ont un agréable et doux parfum très estimé par beaucoup de buveurs d'ale.

Le houblon étant un produit d'une assez grande valeur, on a cherché à diverses reprises à remplacer sa substance amère au moyen de la décoction d'autres substances. Les huiles essentielles tirées des écorces d'arbres résineux, les décoctions du buis, de la gentiane, etc., ont été tour à tour essayées. Quelques-unes de ces matières sont vénéneuses, les autres tout en remplaçant l'amertume du houblon ne suppléent pas à son parfum; on peut donc dire que leur emploi est condamnable, surtout lorsque la question d'argent est la seule raison qui détermine le brasseur à les employer.

II. *Préparation du malt.* — Le maltage est l'opération qui doit, par le développement de la diastase, amener le grain à un état tel qu'il puisse se dissoudre dans l'eau et donner une liqueur sucrée et propre à la fermentation. En France, le brasseur prépare lui-même son malt; mais en Angleterre, où la bière se fabrique sur une échelle immense, le maltage est une industrie tout à fait séparée, qui s'exerce généralement loin des villes, et dans les pays riches en céréales.

La préparation du malt comprend 4 opérations successives :

1° Le mouillage destiné à ramollir le grain et à le rendre ainsi propre à la germination.

2° La germination qui doit développer la diastase.

3° La dessiccation de l'orge germée dans les tourailles, opération qui a pour but d'arrêter la germination et de conserver le grain.

4° Enfin le broyage ou concassage de l'orge desséchée.

1° Le *mouillage* se fait dans de grandes citernes en bois ou en pierre que l'on remplit d'eau jusqu'à une certaine hauteur, et dans lesquelles on verse l'orge en quantité telle qu'elle soit toujours recouverte d'une couche de 1 à 2 décimètres d'eau. Après avoir bien remué avec des râteaux en bois, on laisse reposer; le bon grain

qui est plus lourd que l'eau, gagne le fond, le mauvais surnage; on doit l'enlever avec une écumoire, parce qu'il altérerait la qualité du malt et pourrait contribuer à donner un mauvais goût à la bière; sa proportion s'élève rarement à plus de 2 p. 400 de la totalité de l'orge.

Durant le mouillage le grain s'imbibe d'eau; lorsqu'il est de bonne qualité il en prend à peu près la moitié de son poids, et son volume augmente environ d'un cinquième.

A la longue l'eau acquiert une teinte jaunâtre et une odeur de paille par la dissolution de quelques matières; dans un temps chaud, et lorsqu'elle s'est chargée de ces substances solubles, elle ne tarderait pas à provoquer une fermentation très nuisible à la qualité de l'orge, si on n'avait le soin de la renouveler au moins une ou deux fois pendant la durée du mouillage. Dans tous les cas, ce changement d'eau doit se faire toutes les fois qu'on s'aperçoit que le liquide acquiert un goût acidulé. L'eau se retire de la cuve, au moyen d'un robinet placé près du fond; un torchon de paille placé à l'orifice empêche que le grain ne soit entraîné par l'eau.

La durée du mouillage dépend de la température extérieure, elle est plus courte dans les temps chauds que dans les temps froids; elle est plus grande pour l'orge nouvelle que pour la vieille orge qui s'imbibe rapidement. Selon ces circonstances la durée varie de 40 à 60 heures.

Le mouillage a pour but de préparer le grain à la germination, de la même manière que l'humidité de la terre prépare et active l'accroissement de la racine et de la plumule du grain que l'on a semé.

Un mouillage trop prolongé serait préjudiciable, parce qu'il altérerait la racine, enlèverait au grain une partie de sa puissance de végétation, et causerait en définitive une perte de matière.

On reconnaît que le ramollissement est suffisant, lorsque le grain bien enflé partout, peut être aisément transpercé avec une aiguille. L'épreuve suivante est aussi considérée comme bonne. Lorsque l'orge, pressée entre le pouce et les doigts, continue à rester entière dans son enveloppe, c'est qu'elle n'est pas suffisamment trempée; mais si au contraire sa farine s'épanche sur les doigts, elle est arrivée au point convenable. Quand la substance exsude sous la forme d'un jus laiteux, le mouillage a été trop longtemps prolongé et l'orge a perdu une partie de ses propriétés.

Lorsque l'orge est suffisamment gonflée, on la lave par une dernière aspersion d'eau froide, que l'on fait écouler de suite; cette eau entraîne une matière visqueuse qui se développe surtout lorsque la température extérieure est élevée. On laisse alors égoutter le grain pendant 8 ou 10 heures, puis on le retire par une large trappe adaptée sur le fond de la cuve.

2° *Germination.* L'orge extraite de la cuve *mouillatoire* est immédiatement disposée en couches de 30 à 40 centimètres d'épaisseur, et on la laisse à cet état pendant 24 heures. C'est à ce moment que le grain a acquis son plus grand volume, et c'est aussi à cette période du travail que les commis de l'impôt, en Angleterre, le jaugent. Le *germoir* est une grande pièce, dont le sol doit être construit en matériaux imperméables; un dallage en larges pierres ou en briques, à joints parfaitement cimentés, convient très bien; une couche de mastic bitumineux peut encore être employée avec succès pour former ce sol. Le germoir doit être autant que possible à l'abri des changements de température, il convient donc, si faire se peut, de le disposer au-dessous du niveau du sol.

Peu de temps après que l'orge a été étendue en couche de 30 à 40 centimètres sur le sol du germoir, la température s'élève peu à peu dans l'intérieur du tas, tandis qu'il s'en exhale une odeur agréable de fruit; si

dans ce moment on plonge la main dans le tas, non seulement elle est impressionnée par la chaleur; mais encore elle est humectée, quoiqu'à l'extérieur de la couche l'orge paraîsse sèche; à cet état de transpiration, la germination commence, et aussitôt que chaque grain laisse apparaître une protubérance blanchâtre, on s'empresse de défaire le tas et de disposer l'orge en couches plus minces; tout le talent de l'ouvrier malteur consiste alors à modérer la germination qui tend à marcher avec une grande rapidité, et surtout à la rendre aussi uniforme que possible; il faut qu'à la fin du travail tous les grains se trouvent à peu près dans le même état; si cela n'était pas on pourrait éprouver des déchets considérables. Le malteur obtient cette régularité en variant l'épaisseur de la couche, qu'il rend de plus en plus faible, jusqu'à ce qu'elle n'ait plus à la fin que 40 centimètres, et en retournant l'orge de temps en temps, afin que tous les grains occupent tantôt le centre, tantôt la surface de la couche; lorsque celle-ci n'a plus que 40 centimètres, on doit pelleter, en été surtout, 2 et même 3 fois par jour; les ouvriers qui procèdent à ce travail marchent pieds nus, ou chaussés de larges sandales en bois, afin d'éviter d'écraser ou de meurtrir les grains.

La protubérance blanchâtre qui apparaît quelque temps après que l'orge a été mise en tas de 0^m,40, est produite par la radicule qui sort immédiatement du grain, et qui est le premier indice de la germination; cette radicule se sépare bientôt en trois ou plusieurs radicules qui croissent rapidement. Vingt-quatre heures environ après l'apparition de la radicule, la gemmule perce au même point; mais au lieu de se développer à cette extrémité, elle s'engage sous la cosse et se dirige vers l'extrémité opposée où elle ne tarderait pas à percer et à s'épanouir sous la forme d'une feuille verte, si on n'arrêtait pas à temps la germination.

L'expérience a prouvé que la plus forte proportion de diastase était formée au moment où la gemmule, après avoir parcouru toute la longueur du grain, est prête à en sortir et à se transformer en tigellule; si on dépassait cette limite extrême, comme la tigellule se nourrit aux dépens de la partie utile du grain, on risquerait d'avoir un déchet très considérable.

De peur de dépasser cette limite, il est même convenable d'arrêter la germination au moment où la gemmule est arrivée à peu près aux deux tiers de la longueur du grain; à cet instant, la quantité de diastase développée, quoique moins faible que dans le premier cas, est encore plus que suffisante pour transformer en sucre ce qui reste d'amidon dans l'orge germée. Nous verrons plus loin comment on parvient à arrêter brusquement la germination au moment voulu.

Pour que la germination réussisse bien, il ne suffit pas de prendre toutes les précautions que nous avons indiquées, il faut encore que la température extérieure ne soit ni trop élevée, parce qu'on ne serait pas maître de modérer la puissance de végétation; ni trop basse, parce qu'alors la germination serait au contraire extrêmement lente. Le printemps et l'automne sont donc les saisons les plus favorables à la préparation du malt; du reste, nous le répétons, on peut en partie suppléer aux différences que présentent les saisons, en ayant des germoirs qui soient à l'abri des influences atmosphériques, et surtout des changements de température.

La durée de la germination dépend donc nécessairement de la position du germoir et de la température extérieure; elle varie dans des limites assez éloignées; en France elle dure en moyenne 40 à 42 jours, en Angleterre 44 à 46 jours, et en Ecosse, où la température est plus basse, 48 à 24 jours sont quelquefois nécessaires.

Durant la germination un changement remarquable a eu lieu dans la composition du grain; le gluten a presque entièrement disparu; il est probable qu'il a

passé dans les radicules, qui sont en effet très azotées; d'un autre côté, la petite proportion de diastase qui s'est développée a transformé près de la moitié de l'amidon du grain en sucre ou en dextrine; le reste de l'amidon étant plus tard placé dans de bonnes conditions d'hydratation et de température, est saccharifié par la diastase; du reste l'intérieur du grain est d'une grande blancheur, et sa substance est devenue si friable qu'elle se réduit en farine lorsqu'on le presse entre les doigts.

Ajoutons que, comme dans toute végétation, pendant la germination de l'orge, il y a de l'oxygène absorbé et il se dégage de l'acide carbonique; c'est à ces réactions qu'est due évidemment la chaleur qui se développe à l'intérieur des couches.

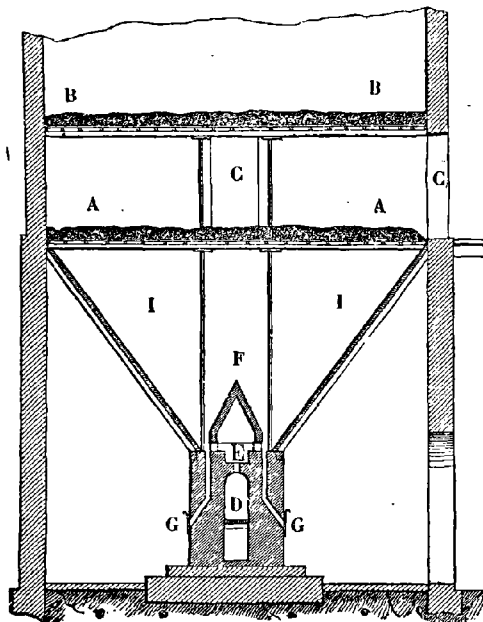
3^o *De la dessiccation.* Aussitôt que l'on reconnaît que la germination est arrivée aux limites convenables, il faut l'arrêter sur-le-champ, en enlevant toute l'humidité du grain et en tuant le germe par une température assez élevée; cette température qui s'obtient dans des appareils que l'on nomme *tourailles*, a encore pour résultat, en desséchant complètement le grain, de permettre de conserver le malt pendant plusieurs mois sans altération sensible. Pour obtenir ce résultat, l'orge germée est élevée dans un grenier bien aéré, et placé immédiatement au-dessus du germoir; là, on l'étend en couche de 4 décimètres d'épaisseur et on l'abandonne à elle-même pendant quelques heures, jusqu'à ce qu'elle ne mouille plus les mains au toucher; elle peut alors être portée sur l'aire de la touraille. Les appareils que l'on a employés pour dessécher l'orge sont nombreux, et dans ces derniers temps surtout, on s'est appliqué à rendre cette dessiccation rapide et méthodique, sans toutefois altérer le grain en aucune manière. Avant de décrire ces appareils, donnons en quelques mots les principes généraux sur lesquels ils doivent s'appuyer.

Au moment où l'on commence la dessiccation, l'orge retient encore beaucoup d'eau; il ne faut donc pas élever de suite sa température au-dessus de 50°, car l'amidon qui contient encore le grain formerait un empoids qui, se durcissant par la chaleur, résisterait plus tard à l'action dissolvante de la diastase. Lorsque la plus grande partie de l'eau est évaporée, on peut alors pousser la température jusqu'à 80 et même 85° centigrades; mais dans aucun cas on ne devra atteindre 400°, car à cette température la diastase serait détruite, et par conséquent l'orge ne conviendrait plus à la préparation de la bière; elle ne pourrait plus servir qu'à la colorer. Ajoutons que pendant tout le temps de la dessiccation, l'orge doit être fréquemment retournée, afin que toutes ses parties se trouvent successivement dans les mêmes conditions de température.

La touraille la plus simple, la plus ancienne, et peut-être aussi la plus défectueuse, est celle qui est encore généralement en usage à Paris; elle se compose ordinairement d'une plate-forme carrée, qui peut avoir de 4 à 7 mètres de côté, selon l'importance de la fabrication, et qui est formée de plaques en tôle percées d'un grand nombre d'orifices, ou mieux de toiles métalliques qui laissent traverser plus uniformément la chaleur; les unes ou les autres sont supportées sur des barres de fer qui vont s'engager dans les parois qui environnent cette plate-forme. Ce plancher métallique est à la base d'une pyramide rectangulaire renversée, au sommet tronqué de laquelle se trouve le foyer; la distance du foyer à la plate-forme, ou si l'on aime mieux, la hauteur de la pyramide, est de 4 à 6 mètres à peu près. Le foyer est recouvert d'une voûte, qui s'échauffant à une température rouge produit l'effet utile de brûler la fumée que développe la combustion. Cette voûte est percée d'orifices par lesquels s'échappent les produits de la combustion, et elle est d'ailleurs recouverte d'une espèce de toit en briques qui est destiné à empêcher que les radicules qui passent à travers les orifices de la

plate-forme ne tombent sur la voûte et dans le feu, et n'y produisent de la fumée.

Voici au reste la description de cet appareil dessiné fig. 211 : A A, est la plate-forme en tôle percée, ou en



211.

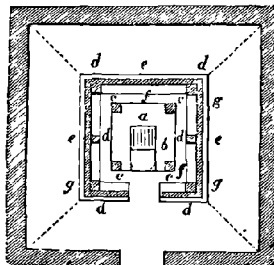
toile métallique; B B, est une seconde plate-forme semblable à la première, dont nous indiquerons l'usage plus loin, et qui d'ailleurs n'existe pas ordinairement dans les tourailles. C, porte qui permet d'entrer sur la plate-forme et d'y disposer le grain en couche de 6 à 7 centimètres; D, foyer de la touraille; E, voûte en briques réfractaires et percée de trous qui recouvre le foyer; F, toit en briques qui surmonte la voûte et qui rejette de chaque côté les radicules; G, conduits latéraux qui reçoivent les radicules et les rejettent au dehors; ces conduits permettent en outre à l'air extérieur de s'introduire dans l'espace vide II, et de s'y mêler avec les produits de la combustion du foyer, qui s'y rendent aussi au sortir de la voûte. On comprend qu'en augmentant ou en diminuant à volonté l'introduction de l'air, au moyen de petits registres, disposés à l'orifice extérieur du canal G, on peut ainsi faire varier la température de l'air qui doit traverser la plate-forme A. L'espace II, est donc ménagé à dessein, pour qu'il se forme un mélange des produits de la combustion et de l'air extérieur; ce mélange traverse ensuite la toile métallique et la couche d'orge, et entraîne l'eau à l'état de vapeur; une cheminée qui surmonte la touraille est destinée à évacuer l'air humide qui est sans cesse renouvelé.

Cette touraille présente plusieurs inconvénients; le plus grave provient du contact direct des produits de la combustion avec l'orge; contact qui doit nécessairement contribuer à donner un mauvais goût au malt. Pour diminuer autant que possible cet inconvénient, on est obligé de brûler des combustibles donnant peu de fumée, comme la houille de Fresne, et les bois de hêtre, de charme ou d'orme, dans quelques localités. D'un autre côté, la dessiccation de l'orge n'étant pas méthodique dans cet appareil, on est obligé de surveiller avec soin la conduite du feu, afin que la température de l'air,

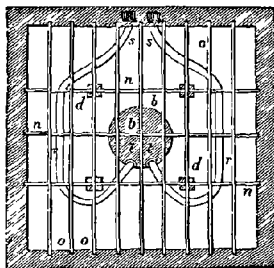
très faible dans le commencement de la dessiccation, augmente graduellement jusqu'à la fin.

Dans quelques localités, on a voulu remédier à ce dernier inconvénient en ajoutant à la touraille une deuxième plate-forme B B (voyez la fig. 211), au-dessus de la première, et semblable à celle-ci. Les deux plates-formes sont couvertes de grains, et l'air chaud après avoir traversé la première couche passe encore au travers de la deuxième, et se saturant davantage d'eau en vapeur est mieux utilisé; outre cette cause d'économie, on obtient une dessiccation plus méthodique et plus graduelle. En effet, le plancher supérieur reçoit toujours le grain plus humide, et sa dessiccation commence tandis que celle de la couche inférieure finit. On risque beaucoup moins de détériorer le grain par une élévation accidentellement trop forte de température, puisque le grain le plus chauffé est celui qui contient le moins d'eau. Pour faire passer le malt de l'étage supérieur à l'étage inférieur, il suffit d'ouvrir une trappe, par laquelle on laisse tomber le grain.

En Angleterre, on a évité de mettre en contact direct les produits de la combustion avec le malt, en employant l'appareil ci-dessous, dont nous allons donner la description.



212.

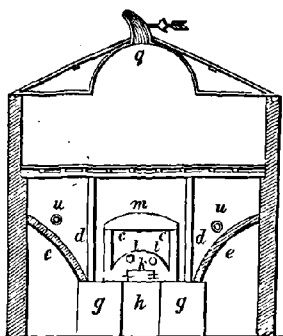


213.

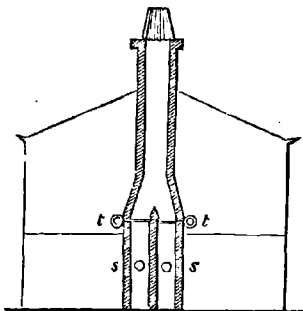
Les fig. 212, 213, 214 et 215, représentent différentes coupes de la touraille. La fig. 212 est une coupe horizontale, prise à quelque distance du sol; la fig. 213 est une coupe horizontale prise au-dessus du plancher; la figure 214 est une section verticale; enfin la figure 215 est une section verticale passant par la cheminée où se rendent les produits de la combustion. Dans ces quatre figures, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets. Au centre de la touraille se trouve une cloche en fonte II, supportée sur un mur en briques; au-dessous de la cloche est placée la grille α , et au-dessous de celle-ci le cendrier b .

La porte k permet d'introduire le combustible dans le foyer; la fumée et les produits de la combustion, au lieu de se rendre, comme dans les tourailles ordinaires, dans l'espace vide ménagé au-dessous des planchers, sont dirigés dans deux tubes semblables r, r (fig. 213), et u, u (fig. 214), qui circulent dans cet espace. Au-dessus de la cloche se trouve un petit toit m , supporté par les piliers c, c, c, c , qui empêche les radicules de tomber sur cette cloche et de produire de la fumée. d, d, d, d sont à piliers en briques qui servent de supports aux barres de fer sur lesquelles reposent les plaques de tôle ou la toile métallique. e, e , sont les quatre parois arc-boutées, qui isolent l'espace libre réservé entre le foyer et la plate-forme. On comprend maintenant que cet appareil anglais consiste simplement à chauffer l'air qui doit traverser la couche d'orge, au contact des tuyaux en fonte r, u , dans lesquels circule la fumée; celle-ci n'a aucune communication avec cet air, et elle se rend dans une

cheminée *ss* (voyez fig. 215), qui la lance dans l'atmosphère; il est évident que dans cet appareil on peut brûler tous les combustibles, même ceux qui donnent beaucoup de fumée, et que la qualité de l'orge ne peut pas en souffrir. Un reproche cependant doit être fait à cette disposition; il est évident en effet que dans le faible parcours, indiqué par la longueur des tuyaux, la fumée ne peut communiquer qu'une faible partie de sa chaleur; la dépense en combustible est donc plus considérable qu'avec les anciens appareils. En France, où cette dépense doit être prise en plus grande considération qu'en Angleterre, puisque le combustible y est beaucoup plus cher, on a modifié très heureusement l'appareil anglais en produisant l'air chaud, à part, dans un bon calorifère, puis en l'envoyant sous le plancher de la touraille. M. Chausenot, qui s'est occupé avec succès de cette question, a établi de cette manière plusieurs tourailles qui donnent de bons résultats.



214.



215.

Une autre disposition, que l'on emploie surtout pour préparer le *malt pâle*, consiste à remplacer les tubes ou circulent les produits de la combustion par des tubes à vapeur ou à courant d'air chaud que l'on dispose en zig-zag, au-dessous de la plate-forme; en adoptant ce chauffage on est toujours certain que la température de l'air ne s'élèvera pas trop haut.

Dans toutes les tourailles que nous avons décrites, il est nécessaire, pour activer la dessiccation et pour la rendre uniforme, de retourner plusieurs fois l'orge pendant le courant de l'opération. La durée de la dessiccation varie évidemment suivant les appareils; elle est beaucoup plus prompte lorsque la dessiccation se fait méthodiquement, puisqu'on ne risque jamais d'altérer le grain au commencement de l'opération. Dans les tourailles ordinaires elle dure ordinairement près de 48 heures. Quant à la température maximum elle varie suivant la nature du malt que l'on veut obtenir; en Angleterre on en prépare 3 sortes bien distinctes, auxquelles on a donné des noms particuliers :

1° Le malt pâle est produit lorsque la plus haute température à laquelle il ait été soumis ne dépasse pas 40° centigr.; 2° le malt jaune ambré est produit à une température maximum de 50° centigr.; 3° le malt brun est obtenu à une température beaucoup plus haute et qui dépasse certainement 400°, puisqu'il y a caramélisation. Enfin, dans quelques circonstances, on prépare un malt noir obtenu à une haute température, que l'on travaille à part, et qui est employé par le brasseur de porter pour colorer sa bière lorsqu'elle n'a pas la teinte convenable. Pendant la dessiccation de l'orge, les radicules de

l'orge deviennent fragiles et se séparent du grain avec la plus grande facilité; une partie passe à travers la toile métallique de la touraille, comme nous l'avons déjà indiqué; on débarrasse l'orge du reste, en la faisant passer dans un tarare ordinaire.

Cent parties d'orge de bonne qualité, convenablement maltée, puis séchée, doivent donner 80 parties à peu près de malt; le grain cru, séché avant la germination, ne perd que 42 p. 400 de son poids; c'est donc en définitive 3 parties seulement, ou 8 p. 400 de l'orge crue qui forment le déchet dans la préparation du malt. Voici comment on peut répartir cette perte sur les différentes opérations :

- 4 1/2 p. 400, dissous par le mouillage.
- 3 p. 400, perte de la germination et du touraillage.
- 3 p. 400, radicules enlevées, soit par la dessiccation, soit par le passage au tarare.
- 1/2 p. 400 de grain gâté.

Au contraire, le volume d'un bon malt doit excéder celui de l'orge dont il provient d'environ 8 à 9 p. 400.

La bonne préparation du malt a la plus grande influence sur la quantité et la qualité des produits; tous les soins du malteur doivent donc se réunir pour obtenir un mouillage suffisant, une germination ni trop incomplète, ce qui rendrait difficile l'opération de brassage, ni trop avancée, ce qui détruirait une partie du principe saccharin, et donnerait un mauvais goût à la bière; enfin une dessiccation fondée sur les principes que nous avons énoncés.

Voici au reste à quels caractères on reconnaîtra qu'un malt est bien préparé :

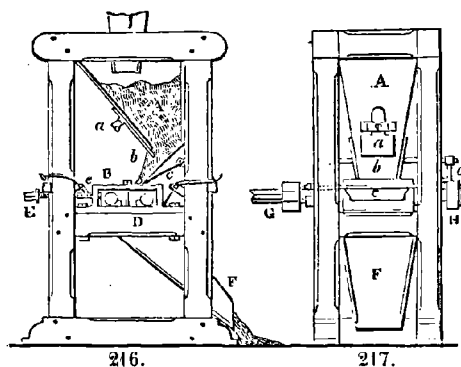
Le grain est arrondi et plein, il s'ouvre facilement sous la dent, il a une saveur sucrée, une odeur agréable, sa couleur est blanche intérieurement et jaunâtre à l'extérieur; lorsqu'on le frotte le long d'une table de chêne, perpendiculairement aux fibres, il laisse une raie blanche, semblable à la craie; il nage sur l'eau, tandis que l'orge non maltée se précipite au fond; enfin, comme preuve décisive, on peut essayer la faculté dissolvante du malt sur de la fécula.

5 parties seulement d'excellent malt dans 400 parties d'eau peuvent dissoudre jusqu'à 400 parties de fécula, en ayant le soin d'agiter sans cesse le mélange et d'entretenir au bain-marie une température de 65 à 80° centigrades.

4° *Broyage et concassage du malt*. Avant de broyer le malt, on enlève les radicules, et on nettoie le grain, en le faisant passer dans un tarare à crible; en sortant de ce tarare, le malt est prêt à être broyé.

En apparence, rien de plus simple que cette opération; cependant elle nécessite des précautions sans lesquelles les opérations suivantes deviendraient très difficiles, sinon impossibles. Ainsi le malt ne doit pas être réduit en poudre, sans cela, lors du brassage, il se prendrait en une masse qu'il serait très difficile de délayer et de dissoudre dans l'eau; au contraire, en le concassant simplement, l'eau pénètre dans les interstices que laissent entre elles toutes les parcelles du grain, et son action est beaucoup plus active. Pour obtenir ce résultat, sans produire de folle-farine, quel que soit d'ailleurs l'appareil employé, il est nécessaire de laisser absorber, au malt récemment préparé, un peu d'humidité à l'air, soit environ 4 centièmes de son poids; lorsque le grain n'a pas absorbé spontanément cette quantité d'eau, on y supplée ainsi: on l'étend en couche de 15 centimètres d'épaisseur, sur laquelle on verse, à l'aide d'un arrosoir à trous multipliés, une pluie fine; on le retourne de manière à mélanger le mieux possible les parties humectées et celles qui n'ont pas été atteintes par l'eau; on le relève en tas, et après 3 heures pendant lesquelles il se pénètre de cette humidité, il est prêt à passer au moulin.

Différents appareils sont employés pour concasser le malt; en France on fait usage presque exclusivement de moulins ordinaires, à meules horizontales; seulement, pour ne pas réduire le grain en farine, on a soin de soulever un peu l'anille, de manière à ce que les meules soient suffisamment écartées. Quelquefois on emploie des appareils analogues aux moulins à café, montés sur de grandes dimensions; enfin, à Londres, on fait habituellement usage de cylindres en fer entre lesquels le grain est concassé à la grosseur voulue, puisque leur disposition permet de rapprocher plus ou moins leurs axes. Ce dernier appareil étant le moins connu en France, nous allons en donner la description. Les fig. 216 et 217 présentent les vues de face et de côté de ces deux cylindres: dans ces deux figures, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.



I, canal en bois qui amène le grain de l'étage supérieur, où il se rend en sortant du tarare; il le déverse dans la trémie conique A, que l'on maintient toujours remplie de grain, et qui sert à alimenter les deux cylindres en fonte, parfaitement cylindriques, B et D, dont les axes en fer, parallèles, sont supportés à leurs extrémités sur des coussinets en cuivre; les coussinets du cylindre B sont mobiles dans une rainure, et des vis E permettent de les rapprocher ou de les éloigner plus ou moins et à volonté des coussinets du cylindre D, suivant que l'on veut que les cylindres soient eux-mêmes plus ou moins rapprochés, et que par conséquent le grain soit broyé plus ou moins grossièrement. G, arbre moteur recevant le mouvement soit d'une machine à vapeur, soit d'un manège, et qui est relié à l'axe de l'un des cylindres au moyen d'un manchon. H, roues d'engrenages (on n'en peut voir qu'une sur la figure) placées sur les axes des 2 cylindres, et qui permettent de transmettre le mouvement à l'autre cylindre. F, plan incliné sur lequel tombe le malt concassé qui va former un monceau sur le plan inférieur, ou, ce qui vaut mieux, que l'on reçoit dans des sacs ou dans des tonneaux d'une contenance déterminée. a, coulisse en bois maintenue par une vis, et qui sert à augmenter ou à diminuer à volonté l'ouverture inférieure de la trémie A. b, orifice par lequel sort le grain pour se rendre entre les deux cylindres. c, levier en fer qui imprime à la paroi qui forme le fond de la trémie des secousses incessantes ayant pour but d'obliger le malt à sortir de la trémie pour se rendre entre les deux cylindres. e, e, lames de fer s'appuyant au moyen de contre-poids contre les cylindres; elles sont destinées à nettoyer ces derniers en enlevant le malt que la pression y aurait pu faire adhérer.

Le volume du malt écrasé est environ un cinquième plus grand que celui des grains entiers.

Lorsque la chose est possible, il est bon de laisser reposer quelques jours le malt broyé avant de s'en servir pour la préparation de la bière; pendant ce temps,

comme il est très hygrométrique, il attire avec force l'humidité de l'air, et il devient par cela même beaucoup plus facile à traiter dans l'opération subséquente du brassage.

III. *Dubrassage*.—C'est de cette opération que paraissent être dérivés les mots brasseur, brasserie, brassin, etc.; on la nomma ainsi parce qu'elle se faisait autrefois à force de bras, comme cela se pratique encore en France, en Allemagne, et dans plusieurs localités de la Belgique et même de l'Angleterre; dans ce dernier pays, l'importance de la fabrication et surtout la cherté de la main-d'œuvre, comparées avec le prix du combustible, ont fait généralement adopter des appareils plus ou moins compliqués, mus par des machines à vapeur, pour démêler l'orge dans l'eau.

Le brassage a pour but non seulement de dissoudre le sucre et la dextrine contenus dans le malt, mais encore de convertir en glucose toute la matière amilacée qui reste encore dans le grain. Ce travail a lieu dans des appareils que nous décrivons plus loin; pour le moment nous allons indiquer la théorie de cette opération, fort obscure autrefois, et qui aujourd'hui est parfaitement compréhensible, grâce aux récentes découvertes de la diastase et de son action sur les matières amilacées.

La petite proportion de diastase qui s'est développée pendant la germination, et qui ne s'élève pas en moyenne à plus de 5 millièmes du poids du malt, est cependant suffisante pour transformer en sucre de raisin ou glucose, tout l'amidon qu'il renferme encore; en effet ce principe végétal, quoique dépourvu de toute réaction acide ou alcaline, exerce sur cette substance une action si énergique que M. Payen l'a trouvée capable de transformer 2000 fois son poids de fécule en sucre, lorsqu'elle est parfaitement pure. La proportion qui se trouve dans le malt est donc plus que suffisante, et cela est tellement vrai que la dissolution du malt, obtenue dans de bonnes conditions, peut encore transformer en dextrine ou en sucre une grande quantité de fécule de pommes de terre.

Mais, pour que l'on puisse obtenir ces résultats si remarquables, il est nécessaire de faire réagir la diastase dans des conditions de température données, et en présence d'une quantité d'eau suffisante.

M. Payen a reconnu que la température la plus convenable variait entre les limites de 70° à 75°; à une plus basse température, la transformation de l'amidon a bien encore lieu, mais elle devient d'autant plus lente qu'on s'éloigne plus de 70°; si l'on dépassait au contraire le maximum de 75°, on altérerait profondément la diastase et elle pourrait perdre en partie, et même complètement, son action sur l'amidon. Quant à la proportion d'eau à employer, plus on en met et plus aussi l'action de la diastase est prompte et facile; on doit donc toujours faire agir sur le malt toute la quantité d'eau qui doit se trouver dans la bière, quoique cette manière d'opérer augmente les frais que nécessite l'élevation des moutûs que l'on obtient.

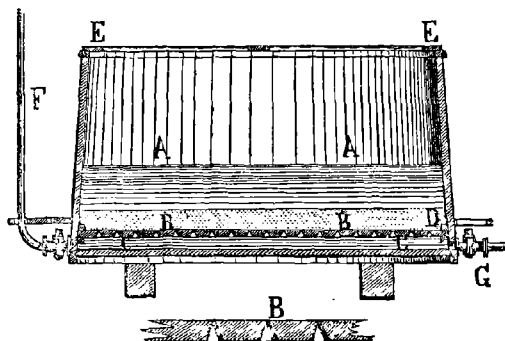
Les conditions très importantes que nous venons d'indiquer ne sont pas les seules dont on doive tenir compte; ainsi si l'on faisait arriver sur le malt de l'eau immédiatement à 70° ou 75°, le brassage serait fort difficile, si ce n'est impossible, l'amidon formerait un empis qu'on aurait la plus grande peine à dissoudre; il est donc nécessaire de commencer à hydrater le malt avec une certaine quantité d'eau portée à une température qui ne doit jamais dépasser 60°.

Enfin, puisque la diastase ne réagit sur le grain qu'en présence d'une grande quantité d'eau, il faut mettre le plus possible le malt en présence de cette dernière, en brassant le mélange à force de bras, ou au moyen d'appareils convenablement disposés.

Ces principes posés, il sera facile de comprendre les

diverses opérations du brassage, dans lesquelles ils doivent toujours être pris pour guides certains.

L'appareil (fig. 218) que l'on emploie pour brasser, se compose ordinairement d'une cuve AA, dite *cuvematière*, légèrement conique, d'un diamètre plus ou moins grand, suivant l'importance de la fabrication, et munie d'un double fond B, percé de trous, maintenu à 5 ou 6 centimètres du fond véritable C. La hauteur de la cuve, quel que soit d'ailleurs son diamètre, est d'environ 1^m,70.



218.

Le double fond B est supporté par une espèce de corniche circulaire D, en bois, qui permet de laisser quelques centimètres de jeu entre les douves de la cuve et les bords du faux fond, pour que les dilatations et les retraites de ce dernier se fassent librement. Trois ou quatre tasseaux D empêchent le faux fond de remonter et de se déplacer. Pour éviter que les trous de ce faux fond ne s'engorgent facilement, on les fait coniques, le grand diamètre tourné vers le bas, comme l'indique du reste la fig. 218. Un couvercle E, formé d'un châssis en bois recouvert d'une toile, peut, à volonté, être posé sur la cuve et doit la fermer le mieux possible, afin d'empêcher les déperditions de chaleur. En Angleterre, la cuve que nous venons de décrire est presque toujours munie d'un agitateur très solide, et dont on a varié la disposition d'une foule de manières; celui qui paraît devoir remplir le mieux le but que l'on s'est proposé, savoir d'agiter le mélange d'eau et de malt, pour opérer la dissolution de celui-ci, se compose : 1° d'un agitateur qui remue le mélange circulairement, en tournant autour d'un axe central, et qui d'ailleurs est armé de crochets en fer destinés à labourer le malt; 2° de tourniquets placés sur les bras du premier agitateur, et qui, au moyen d'engrenages, tournent sur eux-mêmes, tout en accomplissant leur mouvement circulaire autour de la cuve avec les bras qui les supportent. (Nous donnerons le dessin d'une cuve analogue, à la fin de cet article, en parlant de la disposition générale d'une brasserie anglaise). Quel que soit d'ailleurs l'appareil employé, l'opération du brassage est toujours la même; le malt broyé est placé en couche de 30 à 40 centimètres sur le faux fond; on l'égalise bien au moyen d'un râble en bois, puis on fait arriver l'eau nécessaire à sa dissolution entre les deux fonds, et au moyen d'un tube F (voyez la fig. 218). Ce tube F communique avec une chaudière en cuivre, placée à un étage supérieur, dans laquelle on chauffe l'eau nécessaire à la dissolution du malt, et qui sert ensuite à obtenir la décoction du houblon dans le moût. La dimension de cette chaudière est proportionnée à l'importance de la brasserie; en général elle doit être au moins assez grande pour faire la coction du moût obtenu dans un

brassage; c'est-à-dire que pour 4 hectolitre de malt traité, elle doit à peu près contenir 220 litres: la cuve doit être au moins un tiers plus grande. La quantité d'eau que l'on emploie à diverses reprises, comme nous le verrons plus bas, pour obtenir le complet épousément du malt, varie évidemment suivant le plus ou moins de force que l'on veut donner à la bière; cependant on peut calculer cette quantité sur les bases suivantes qui ont été déterminées par l'expérience.

La *drèche* ou le marc du malt épuisé, qui sert à former la petite bière, retient toujours environ 450 litres d'eau par 3 hectolitres de malt employé; pendant la coction et le refroidissement, il s'évapore à peu près 480 litres d'eau pour la même quantité de malt. En total on éprouve donc une perte d'eau de 330 litres pour 3 hectolitres, soit 440 par hectolitre de malt. On doit donc ajouter cette quantité d'eau à celle que l'on aura calculé être nécessaire pour obtenir une bière d'une densité donnée.

Voici maintenant comme on opère en supposant que l'on traite 38 hectolitres de malt, et que l'on emploie en tout 40,800 litres d'eau, pour obtenir à peu près 6800 litres de bière. Aussitôt que l'eau a atteint dans la chaudière la température de 65° en été, et de 75° en hiver, on en fait arriver 2700 litres entre les deux fonds de la cuve de brassage, sur le faux fond de laquelle on a disposé d'avance les 38 hectolitres de malt. La pression force l'eau de traverser le faux fond par les nombreux orifices dont il est criblé, puis peu à peu elle soulève le malt que l'on brasse fortement à bras d'homme ou au moyen de l'agitateur mécanique; après une demi-heure à trois quarts d'heure le malt est pénétré d'eau bien uniformément, et l'eau qui est restée dans la chaudière a eu le temps d'arriver à une température voisine de l'ébullition, 90° à 92° par exemple. On en fait arriver à peu près 2000 litres entre les deux fonds de la cuve, de telle sorte que le mélange de cette eau avec celle qui a servi à gonfler le malt possède une moyenne de 70°, température très favorable, comme nous l'avons vu, aux réactions de la diastase. On renouvelle l'agitation, jusqu'à ce que le tout ait acquis une consistance également fluide; on saupoudre alors la surface du liquide de malt fin de manière à concentrer la chaleur, et par la même raison, on couvre avec soin la cuve et on laisse reposer pendant 4 heures 1/2 à 2 heures. Au bout de ce temps, on ouvre le robinet de vidange G, placé entre les deux fonds, on sépare les premières portions troubles que l'on reverse sur le malt, puis le liquide clair est reçu dans un réservoir appelé *cuvée réverdoire*, d'où il est monté au fur et à mesure dans un bac supérieur, au moyen d'une pompe ordinaire, d'une pompe à chapelets, ou mieux encore au moyen d'un *monte-jus à vapeur*. Dans cette circonstance les clapets des pompes ordinaires présentent l'inconvénient d'être souvent mis hors de service, par l'interposition de corps étrangers en suspension dans le moût. Le réservoir supérieur qui reçoit ce dernier est disposé de manière à pouvoir alimenter à volonté les chaudières de coction. On retire du premier brassin 3000 litres de moût; le surplus de l'eau est retenu par le malt.

On introduit alors et toujours de la même manière 3400 litres d'eau à une température de 90° dans la cuve, et de manière à ce que la température dans celle-ci se rapproche toujours des limites 70 à 75°; on brasse de nouveau, on recouvre la cuve, on laisse reposer pendant 4 heures ou 2; on soutire au clair par le tuyau G, le moût se rend dans la cuve réverdoire, on l'élève dans le réservoir supérieur, où il se mélange avec le moût du premier brassin; ce moût de deux brassins est versé dans la chaudière qui a servi à chauffer l'eau, aussitôt que le restant de celle-ci est amené dans la cuve-ma-

tière pour un troisième brassage. Cette troisième quantité d'eau s'élève à 2700 litres, elle doit être presque bouillante, parce qu'il ne s'agit plus que d'épuiser autant que possible le résidu des deux premiers brassages; après avoir bien agité, on laisse reposer une heure, on soutire au clair, on élève ce moût et on le reçoit dans une chaudière à part; il sert soit à préparer de la petite bière très faible, ou bien on le réserve pour s'en servir comme d'eau pure dans un nouveau brassage.

Il ne reste plus dans la cuve-matière que la pellicule ligneuse qui enveloppait le grain, les débris des gemmules, une partie de l'albumine coagulée, quelques sels insolubles; le tout retient une partie du liquide légèrement sucré, qui provient du dernier brassage.

Ce résidu est très recherché dans les villes pour la nourriture des vaches et autres bestiaux.

Les 38 hectolitres de malt que l'on a employé dans l'opération que nous venons de décrire, fournissent, d'après l'expérience, chacun, à peu près 43 kilogr. de matière sucrée ou mucilagineuse, soit en total 494 kil., répartis dans les 40,800 litres d'eau que l'on a employés pour les 3 brassages; ces quantités ne donnent en définitive que 68 hectolitres de bière ordinaire; le surplus de l'eau reste dans le résidu du malt, sert à préparer la petite bière, ou bien est perdu par l'évaporation, dans les proportions qui ont été indiquées plus haut. Il est bien entendu que les proportions que nous avons indiquées ci-dessus varient nécessairement suivant la nature des bières, suivant qu'elles doivent contenir plus ou moins d'alcool.

IV. *Cuisson de la bière.*—La cuisson de la bière a principalement pour but d'obtenir dans le moût obtenu par l'opération du brassage, une infusion de houblon qui, en lui cédant ses principes solubles, rend sa conservation facile et lui communique une saveur amère et fortement odoriférante; mais outre ce résultat principal il en est d'autres moins importants, et cependant dignes de remarque: ainsi l'ébullition concentre le moût, transforme en sucre la plus grande partie de la dextrine qu'il renferme; enfin elle coagule la matière albumineuse extraite du grain, ou la précipite au moyen du tannin des houblons; le reste de l'ébullition peut donc avoir une certaine influence, non seulement sur l'épuisement plus ou moins grand du houblon, mais encore sur la facile clarification de la bière, ainsi que sur la quantité d'alcool qu'elle peut renfermer; cette dernière circonstance s'explique facilement, puisque le moût devient d'autant plus riche en sucre qu'il contient moins d'eau, et que l'ébullition, par conséquent, a été plus longtemps prolongée. Il ne faudrait cependant pas conclure de ce qui vient d'être dit, que l'ébullition doit être prolongée pendant un temps considérable; cette méthode a été reconnue tout à fait défectueuse par l'expérience, et le raisonnement en explique facilement la cause. En effet, nous avons vu que les huiles essentielles du houblon étaient plus ou moins volatiles; il est donc nécessaire, si l'on ne veut pas perdre une partie de l'arôme, d'opérer la décoction du houblon dans un espace de temps aussi court que possible, d'autant plus qu'on économise ainsi une grande partie du combustible. Cette longue ébullition, qui est encore en usage dans quelques pays, en Belgique, par exemple, avait pour effet d'obtenir des moûts plus forts par leur concentration dans la chaudière; il est bien plus rationnel de toujours proportionner d'avance la quantité d'eau chaude que l'on emploie dans le brassage, à la force de la bière que l'on veut obtenir. En employant du malt bien fabriqué, en le brassant aux températures les plus favorables, et en prenant d'ailleurs toutes les précautions nécessaires, un fabricant habile peut toujours parvenir à faire de la bière aussi forte que possible, sans avoir besoin de recourir à une longue évaporation. Ce résultat est encore plus facile à réaliser par l'emploi de matières sucrées,

telles que mélasse, sirop de féculé etc., qui peuvent être ajoutées dans la chaudière de cuite jusqu'à complément de la richesse saccharine; nous reviendrons, au reste, sur l'emploi de ces substances à la fin de l'article. En Angleterre et en Belgique, où les matières sucrées sont prohibées dans la fabrication de la bière, le brassage énergique au moyen des machines que nous décrirons plus loin, permet d'obtenir des moûts assez concentrés.

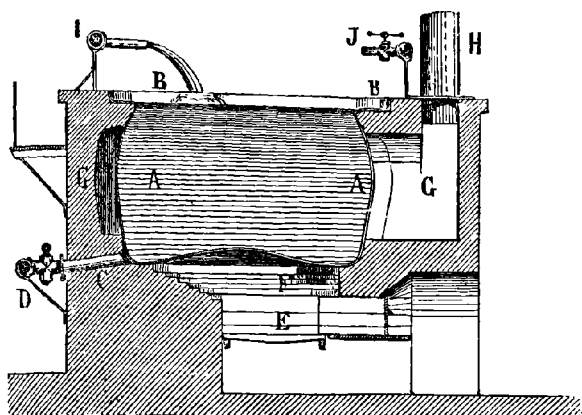
Dans quelques brasseries bien conduites, deux à quatre heures d'ébullition sont jugées suffisantes pour épuiser le houblon; quelle que soit d'ailleurs cette durée, l'ébullition doit évidemment être plus longue pour la forte bière, qui exige plus de houblon que la bière faible. D'ailleurs, on reconnaît que l'opération a bien réussi, lorsque les flocons albumineux se précipitent facilement et laissent surnager une liqueur claire et liquide. Quelquefois cette clarification spontanée ne réussit pas très bien, par la raison que l'albumine a été coagulée d'avance par une trop haute température, lors du brassage. On remédie, dans quelques localités, à cet inconvénient en ajoutant dans la chaudière de cuisson, soit des pieds de veau qui produisent de la gélatine, soit un peu de colle de poisson; il paraît même que cette addition présente encore l'avantage de donner de la *bouche* à la bière.

Le houblon est ajouté dans le moût au moment où celui-ci est prêt à bouillir; il est convenable de le projeter dans la chaudière en masses considérables, parce qu'en l'ajoutant par petites portions on serait obligé de le séparer avec effort et en perdant de la sécrétion jaune. On doit aussi le laisser surnager quelque temps sur la surface du moût bouillant, afin que la vapeur puisse le pénétrer, ouvrir ses pores, et faciliter ainsi son infusion; on doit alors le faire plonger au moyen de fourches en bois. Dans la plupart des brasseries d'Angleterre, il est d'usage de faire bouillir les houblons avec une partie seulement du moût, puis ensuite de mélanger la décoction avec le restant.

La quantité de houblon qui doit être ajoutée au moût varie selon la force de la bière, la durée de sa conservation, la richesse du produit employé, et la chaleur du climat dans lequel on a le projet d'expédier la bière.

En France, où l'on ne fabrique pas de bière très forte, on emploie à peu près 450 à 500 grammes de houblon par hectolitre de malt brassé, pour la *bière double* ordinaire, et en obtenant un deuxième produit en *petite bière*; on ajoute encore 80 grammes de houblon inférieur en qualité, dans le moût destiné à la fabrication de cette bière. En Angleterre, les quantités de houblon employées sont plus considérables. Pour la bière forte, très aromatique et parfaitement claire, on prend à peu près 700 grammes de houblon par hectolitre de malt; pour les très fortes espèces d'ale et de porter, on emploie de 4 kilogr. à 4^h,30 de bon houblon.

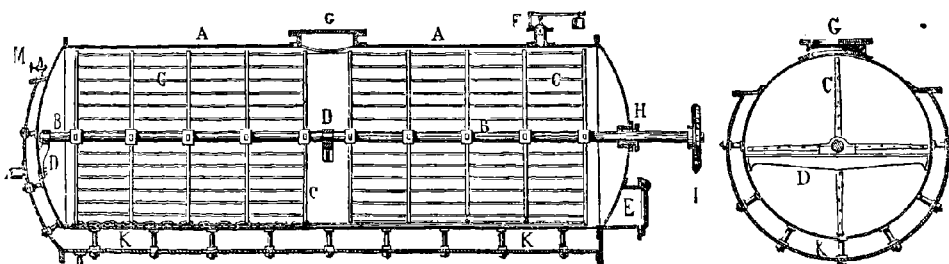
Les chaudières que l'on emploie pour la cuisson de la bière, ou plutôt la coction du houblon, varient de forme suivant les localités; à Paris, ce sont généralement de grands réservoirs en cuivre à section rectangulaire, ayant à peu près 2^m à 2^m,50 de profondeur; elles ne sont pas recouvertes, de manière que la surface du liquide est librement exposée à l'action de l'air. La fig. 219 donne le détail d'une de ces chaudières. A, chaudière proprement dite; son fond est bombé entièrement, de manière à mieux supporter l'action du feu, ses parois se rapprochent à leur partie supérieure, de manière à former une section beaucoup plus petite qu'au milieu de la hauteur; cette disposition est adoptée afin que le houblon reste submergé le plus possible. La chaudière est surmontée d'une large cuvette E E, sur laquelle viennent s'épanouir les bouillonnements. C est le robinet de vidange de la chaudière; D, tuyau



219.

général qui reçoit le contenu de toutes les chaudières, et qui le conduit, soit dans les cuves de brassage, lorsque c'est de l'eau chaude, soit dans le bac à repos, lorsque c'est la décoction de houblon; E, foyer; F, orifice qui conduit la fumée dans les carneaux; G, G, carneaux dans lesquels circulent, autour de la chaudière, les produits de la combustion; H, cheminée; J, registre destiné à augmenter ou à diminuer à volonté le tirage.

Ces chaudières à air libre ont un grave inconvénient, elles permettent à une partie de l'arôme du houblon de se dissiper dans l'atmosphère; et d'ailleurs, elles répandent dans les ateliers une vapeur abondante qui nuit à la conservation des charpentes. En Angleterre, par ces raisons, on a depuis longtemps substitué aux chaudières à air libre des chaudières hermétiquement fermées, et disposées de manière à recueillir l'huile essentielle que la vapeur entraîne toujours; en indiquant la disposition générale des brasseries anglaises, nous donnerons la description d'un appareil semblable qui paraît donner de bons résultats. Dans une brasserie de Louvain, parfaitement disposée, on fait usage d'une chaudière cylindrique, chauffée à la vapeur, munie d'un agitateur, et dans laquelle on maintient le liquide à une température voisine de l'ébullition, sans permettre que les vapeurs s'échappent de la chaudière. Voici (fig. 220) le détail de cet appareil: A A, chaudière



220.

dans laquelle on obtient la décoction du houblon; B B, arbre en fer, portant de distance en distance des bras C, C, reliés par des traverses, et destinés à renouveler les surfaces du houblon et du liquide; D, D, coussinets qui supportent l'arbre horizontal B B; E, soupape de vidange de la chaudière; F, soupape de sûreté qui laisse échapper la vapeur, lorsque la température trop élevée augmente la pression dans l'intérieur de la chaudière; G, trou d'homme, servant à charger la chaudière et à la

nettoyer en cas de besoin, etc.; H, boîte à étoupes que traverse l'arbre de l'agitateur; I, roue d'engrenage montée sur l'axe de l'agitateur, et qui sert à lui imprimer le mouvement de rotation; K K, double fond de la chaudière, dans lequel on fait arriver la vapeur destinée à chauffer la bière; il est fortement consolidé au moyen de nombreux supports boulonnés, qui le relie avec la paroi de la chaudière et qui maintiennent son écartement; L, tube qui amène la vapeur dans le double fond; M, robinet qui sert à chasser l'air du double fond, lorsqu'on commence à y faire arriver la vapeur.

La fig. 221 est une coupe perpendiculaire à l'axe de la chaudière; dans cette figure, les mêmes lettres indiquent les mêmes objets que dans la figure précédente; on y remarquera surtout, le support D qui sert à supporter le coussinet B du milieu.

Les chaudières de cuisson, chauffées à la vapeur, présentent d'assez grands avantages sur les chaudières chauffées à feu nu. 1° On n'a besoin que d'un seul foyer pour toute la brasserie; 2° on peut arrêter à volonté et instantanément le chauffage, en fermant simplement un robinet; 3° on risque moins de dépasser la température voulue, dans des chaudières fermées, et on évite, par conséquent, la coloration de la bière; ce dernier avantage est surtout important dans la préparation de la bière blonde.

On a essayé de former des extraits de houblon, que l'on voulait ajouter à la bière, au lieu du houblon lui-même; sur une grande échelle, cette méthode n'a pas d'avantages pratiques, et cela se conçoit; l'extraction de l'huile essentielle est parfaitement accomplie pendant la cuisson, et sans aucuns frais de combustible, puisqu'on serait toujours obligé de chauffer le moût pour coaguler l'albumine; et d'ailleurs, le houblon agit très avantageusement en clarifiant la bière.

Il est probable, en outre, que l'extrait de houblon serait très difficile à conserver.

3° Aussitôt que la cuisson du houblon est terminée, on soutire tout le contenu de la chaudière (liquide et houblon) dans un grand bac appelé, à Londres, baquet à houblon, et à Paris, bac à repos; dans lequel on sépare la bière des folioles épuisées. En France, le bac à repos est une grande caisse rectangulaire ayant seulement

0^m,50 à 0^m,60 de profondeur; il est divisé en deux parties par un clayonnage serré qui occupe la hauteur du bac, et à travers lequel la bière est obligée de passer, en laissant dans le premier compartiment la plus grande partie du houblon. Après une ou deux heures de repos, le liquide clair qui a passé à travers le clayonnage peut être décanté, et passer aux bacs rafraîchissoirs, ou au réfrigérant. On emploie pour cette décantation des robinets de construction particulière, et qui ont pour

but d'évacuer toujours les couches supérieures du liquide; c'est-à-dire les plus limpides, quelle que soit d'ailleurs la hauteur du niveau. Tantôt c'est un robinet dont la clef est percée de plusieurs ouvertures disposées en hélice, de manière à ce qu'il ne puisse jamais s'en rencontrer deux sur la même ligne perpendiculaire; on comprend donc qu'en amenant successivement toutes ces ouvertures, vis-à-vis d'une rainure générale pratiquée sur toute la hauteur de la boîte enveloppante, on puisse soulever toujours les couches les plus élevées, en supposant toutefois qu'on commence par mettre d'abord en communication avec la rainure, l'ouverture la plus supérieure, et ainsi de suite. Tantôt on emploie un bourrelet circulaire, ou flotteur en fer-blanc, sous lequel un cercle en canevas métallique adhérent est attaché à un entonnoir de toile formant soufflet, et terminé par un large tube qui sort sous le bac à repos, où le robinet est adapté. Dès qu'on ouvre celui-ci, le liquide près de la superficie s'introduit par la bande de canevas métallique dans l'entonnoir, qui s'abaisse progressivement avec le flotteur en suivant le niveau du moût.

Ces bacs sont construits en planches de sapin du Nord, très épaisses et solidement boulonnées; avant de se servir des bacs neufs, on doit y passer de l'eau bouillante à plusieurs reprises, afin d'enlever à la surface les principes solubles du bois, qui donneraient un goût particulier à la bière, et de faire produire au bois tout l'effet de gonflement qui peut résulter des actions réunies de l'humidité et de la chaleur.

Dans l'usage habituel des bacs, il faut avoir le plus grand soin de les laver et de les écrauder, de peur que le moût de bière, adhérant à leurs parois, ne s'y aigrisse, ou ne prenne un goût putride qui pourrait occasionner la détérioration d'un brassin versé ultérieurement.

En Angleterre, et dans quelques brasseries belges, on remplace ces bacs à repos par de grands réservoirs en fonte, peu profonds et munis d'un faux fond formé de plaques percées de très petits trous, à travers lesquels filtre la bière.

4° En sortant des bacs à repos, la bière se trouve encore à une très haute température qui varie entre 70 et 80°; il est donc indispensable d'abaisser cette température jusqu'à près de 45° avant de la faire passer dans les cuves de fermentation. Ce refroidissement s'obtient de deux manières, soit en exposant simplement la bière à l'air libre, soit en profitant, pour obtenir rapidement cet abaissement de température, de la grande capacité calorifique de l'eau froide.

Le premier procédé est aussi le plus ancien et le seul même qui soit encore employé en Angleterre et dans beaucoup de localités; dans ce cas on emploie des bacs d'une très grande superficie remplaçant les différents planchers d'un bâtiment exposé à tous les vents; ces bacs n'ont guère que 45 à 20 centim. au plus de profondeur (voyez plus loin la description d'une brasserie anglaise). Le rapide refroidissement de la bière dépend évidemment de plusieurs circonstances, savoir: de l'étendue de la surface, de la basse température et de la sécheresse de l'atmosphère, des vents plus ou moins violents qui règnent, enfin de l'exposition et de la construction des bâtiments. Le renouvellement de l'air au-dessus des bacs, par l'emploi d'un ventilateur, peut être employé avec un grand avantage; les bacs eux-mêmes doivent être disposés de manière à ce que leur surface soit librement exposée au vent dominant de l'endroit. Dans quelques localités le toit qui recouvre les bacs est mobile, et on peut l'enlever de manière à ce que le moût soit promptement exposé, dans une nuit sereine, à l'aspect du ciel; dans cette circonstance, comme on le sait, le refroidissement est extrêmement rapide. L'abaissement de température est surtout très prompt lorsque l'état de l'atmosphère permet une grande évaporation du liquide; aussi le moût se refroidit-il très vite au

printemps et dans l'automne, lorsque l'air est généralement sec, et même plus vite que dans l'hiver, quand l'air froid est chargé d'humidité. En été, la nuit est le seul moment favorable au refroidissement. En raison de l'évaporation produite par l'abaissement de température, le volume des moûts est sensiblement réduit. Ainsi, si la température était supposée être de 98° au commencement, et si elle est à la fin de 48°, on trouve que la quantité d'eau qui doit être évaporée, pour produire cet abaissement de température, est égale au huitième du volume total.

La durée du refroidissement, bien conduit, s'élève à 6 ou 7 heures dans un temps favorable, et est de 12 à 15 heures dans des circonstances moins bonnes. Plus cette durée est courte, et mieux cela vaut, parce que, par suite de la grande surface que le moût présente à l'air, il absorbe promptement l'oxygène, passe à la fermentation acétuse, et se recouvre de taches de moisissures, inconvénient auquel une mauvaise bière est particulièrement exposée.

Pendant que la bière se refroidit dans les bacs, elle laisse déposer un léger sédiment qui consiste principalement en flocons fins et coagulés d'albumine combinée avec du tannin, et surtout en empois qui n'a pas été transformé en sucre; on voit donc que ce repos forcé est une heureuse circonstance qui facilite singulièrement la clarification de la bière; c'est un avantage que ne présente pas la nouvelle méthode que nous allons indiquer, et qui de son côté a aussi ses avantages.

Les réfrigérants à eau froide que l'on a imaginés, pour remplacer l'action longue, incertaine et variable de l'air, sont nombreux; nous les passerons en revue dans un article spécial (voyez RÉFRIGÉRANT). Disons seulement ici, qu'en principe, la bière en couches minces y est refroidie par le contact de l'eau dont elle n'est séparée que par une mince paroi métallique. La bière va dans un sens, l'eau se meut dans le sens contraire, en sorte que l'eau rencontre un liquide de plus en plus chaud à mesure que sa température à elle-même s'élève, et vice versa. C'est ordinairement de l'eau de puits que l'on emploie et qui marque à peu près toujours la même température en hiver ou en été.

Le refroidissement est beaucoup plus rapide dans ces réfrigérants que dans les bacs, mais ils présentent l'inconvénient déjà cité, savoir que la bière n'a pas le temps de déposer; d'un autre côté les bacs ont aussi de graves inconvénients, surtout dans les pays chauds, à cause de l'altération du moût que l'on ne peut pas toujours prévenir, de la dépense qu'exige leur immense étendue, etc., etc.

Quelques brasseurs des plus distingués de Londres regardent comme le meilleur mode de refroidissement celui qui participe des deux précédents; ainsi ils exposent, quelques heures seulement, le moût chaud dans les bacs, puis, quand le dépôt est opéré et que la température ne s'élève plus qu'à 40°, ils font passer la bière dans un réfrigérant à eau froide. Ce système est établi dans la brasserie, dont nous donnerons la description complète à la fin de cet article.

La température du moût, au moment où il doit être envoyé dans les cuves *guilloires*, doit différer non seulement suivant les saisons, mais encore suivant les différentes qualités de bière. Pour les bières fortes et de garde, on veut que la fermentation s'opère lentement; la température pendant la fermentation doit donc être plus basse; si l'on se propose de préparer une boisson qui soit bonne à boire au bout de quelques jours, comme la bière de Paris, il faut activer la fermentation, et, à cet effet, que la température des moûts de diverses bières varie pendant les diverses saisons. Le tableau suivant indique à peu près ces différentes températures:

BIERE.

MOIS.	LONDRES.			PARIS.	
	Ale.	Porter.	Bière de table.	Bière double.	Petite bière.
Janvier et février. . . .	45	44	49	24	20
Mars et avril.	42	43	47	20	49
Mai et juin.	44	42	46	48	47
Juillet et août.	LE PLUS BAS POSSIBLE			45	44
Septembre et octobre.	43	45	47	49	48
Novembre et décembre.	44	46	48	20	49

Quand le moût a acquis les degrés de température que le tableau indique, on le fait immédiatement passer dans les cuves guilloires ou de fermentation.

4° De la fermentation du moût. Cette fermentation a pour but de transformer en alcool une partie du sucre que contient le moût; les principes qui doivent guider dans cette opération importante sont les mêmes que dans tout autre fermentation alcoolique (voyez le mot FERMENTATION). Ainsi l'atelier doit être à l'abri des changements brusques de température; on doit opérer d'abord sur de grandes masses, parce que la fermentation est plus constante et plus régulière, et que d'ailleurs la température extérieure a moins d'influence. Il est de la plus haute importance, et c'est là le point capital, de pouvoir au besoin régler la température du moût, pendant la fermentation; c'est pour mieux atteindre ce but que, dans quelques brasseries de Londres, on fait serpenter dans la cuve guilloire un tuyau dans lequel on peut faire passer de l'eau chaude ou de l'eau froide, suivant que l'on veut activer ou ralentir la fermentation; dans d'autres fabriques où cette disposition n'est pas adoptée, on refroidit l'atelier en été, en suspendant des toiles grossières mouillées aux fenêtres, et en hiver on le rechauffe, au moyen d'un petit calorifère. Du reste il est nécessaire que la conversion du sucre en alcool ne soit pas complète, parce que la bière qui ne contient pas de sucre non décomposé, ne tarde pas à s'aigrir; l'alcool formé aide d'ailleurs beaucoup à prévenir cette transformation complète, en s'opposant, lorsqu'il est en grande proportion, à l'action ultérieure du ferment.

La fermentation se fait ordinairement en deux opérations, la première a lieu dans la cuve guilloire, et la seconde dans des tonneaux beaucoup plus petits où il est plus facile de modérer la température qui s'élève considérablement pendant la fermentation.

Dans les brasseries de Londres, les cuves guilloires ont des dimensions considérables, elles contiennent habituellement de 200 à 250 mille litres; à Paris, où la production est bien moins grande, ces dimensions sont très restreintes, et une cuve de 50,000 litres est très rare. Le moût qu'on y introduit ne doit jamais la remplir qu'aux deux tiers, l'espace vide qui reste au-dessus du liquide est destiné à la mousse volumineuse, dite *chapeau*, qui se forme pendant la fermentation tumultueuse.

Aussitôt que la quantité de moût suffisante est arrivée dans la cuve, on y mélange la dose de levure qui doit provoquer et activer la fermentation.

La levure que l'on emploie doit provenir d'une bière de même sorte, préparée dans une opération précédente; on la mélange d'avance avec une certaine quantité de moût, on laisse dans un lieu chaud jusqu'à ce qu'il y ait commencement de fermentation, on la verse dans la cuve et on remue vigoureusement de manière à la répartir dans la masse entière du liquide.

La quantité de levure employée dépend évidemment de la température extérieure, de la force et de la qualité du moût; le tableau suivant indique les proportions de levure que l'on emploie ordinairement.

BIERE.

SAISONS.	LONDRES.			PARIS.	
	Petite bière.	Bière forte.	Ale.	Petite bière.	Bière double.
Hiver.	0,0020	0,0048	0,0045	0,0025	0,0035
Printemps et Automne.	0,0045	0,0042	0,0010	0,0022	0,0030
Été.	0,0040	0,0040	0,0005	0,0048	0,0020

On doit surtout éviter un excès de levure qui provoquerait une fermentation trop violente et qui serait terminée avant le terme convenable.

Aussitôt après l'addition de la levure on ferme la cuve avec un couvercle en bois, garni de nattes de paille; cette précaution est indispensable, afin de maintenir à l'intérieur une température uniforme, et pour éviter l'accès de l'air qui aurait pour résultat l'altération spontanée, acide ou putride, de la superficie de l'écume produite.

Six ou huit heures après que la levure a été ajoutée, la fermentation doit déjà être très active, une écume blanche et laiteuse apparaît d'abord au centre, puis s'étend graduellement sur toute la surface du liquide; mais elle continue toujours à être plus haute au milieu, et son élévation augmente sans cesse avec les progrès de la fermentation. La couleur de cette écume, d'abord d'un jaune pâle, change graduellement jusqu'à un brun brillant, résultat qui est probablement dû à son oxydation par l'air. Pendant tout ce temps, il y a un dégagement continu d'acide carbonique dont l'abondance est proportionnelle à la quantité de sucre converti en alcool et à la rapidité de l'opération. D'un autre côté la température du liquide augmente jusqu'à ce que la fermentation soit à son plus haut point d'activité; le maximum de température varie suivant la qualité des bières; avec l'ale qui est la boisson qui contient le plus de matière sucrée, elle s'élève quelquefois jusqu'à 37°; pour le porter elle ne va pas au-delà de 24 à 22° centigr., et elle est encore plus faible pour les bières moins fortes, comme celles qui se préparent à Paris.

Lorsque durant l'opération on s'aperçoit que la fermentation se ralentit trop, on peut l'exciter en ajoutant une nouvelle proportion de levure fraîche que l'on disperse bien dans la masse du liquide; mais ce moyen doit être employé le moins souvent possible, parce qu'il excite plus tard une fermentation trop active, et peut communiquer à la bière une saveur rance de levure. Quelques brasseurs recommandent, lorsque la fermentation est parvenue à sa dernière période, d'ajouter environ 3 kilogr. de blé ou de farine de fèves par 4000 litres de bière (lorsque cette dernière est déjà transvasée dans les petites cuves). On délaie cette farine dans de la bière, et on la répand uniformément dans le moût fermenté; cette addition donne bientôt lieu à un dégagement abondant d'acide carbonique qui entraîne la levure à la surface du liquide.

Quelquefois on laisse terminer la fermentation dans les cuves guilloires; mais bien plus fréquemment elle s'achève dans des vases beaucoup plus petits, où il est bien plus facile de régler ses progrès rapides.

En Angleterre, le transvasement se fait dans des tonnes placées debout sur des chantiers en bois, et contenant environ de 4 à 5000 litres; ces vases sont tous placés sur la même horizontale, et leur niveau supérieur se trouve un peu au-dessous de la cuve guilloire; on peut donc tous les remplir d'un seul coup au moyen de tubes convenablement disposés; le fond supérieur de ces tonnes est percé d'une large ouverture par laquelle peut s'échapper la levure, qu'une auge déverse dans

une conduite générale. On comprend donc qu'en maintenant toujours les tonnes complètement remplies, la levure puisse être séparée au fur et à mesure de sa production; on obtient ce résultat par une disposition ingénieuse que nous indiquerons plus loin (voyez la disposition générale d'un atelier de fermentation à Londres et les détails qui s'y rapportent). La bière est laissée dans ces *bottes d'épuration* ou *stillions*, comme on les appelle en Angleterre, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus d'écume; c'est alors qu'on la transporte dans les *cuves de maturation*.

Lorsque le mode d'épuration, par les *stillions*, n'est pas employé en Angleterre, on enlève avec le plus grand soin, au moyen d'une écumeoire, et après que la fermentation apparente est terminée, toute la levure qui se trouve à la surface du liquide, puis on transvase également dans les cuves de maturation; mais, nous le répétons, ce procédé a des inconvénients et il est peu en usage.

À Paris, les tonneaux dans lesquels se termine la fermentation ont une contenance de 400 à 200 litres, on les remplit complètement, on les range côte à côte sur les traverses d'un bâti en bois sous lequel règne une rigole générale qui est destinée à recevoir la levure de tous les *quarts*; ces derniers sont un peu inclinés de manière que l'écume volumineuse qui se forme, se dégage facilement par la bonde. Lorsqu'il ne se produit plus de levure, on redresse les quarts, on finit de les remplir et on les laisse reposer pendant dix ou douze heures; pendant ce temps se forme le *bougner*, c'est-à-dire une mousse très légère et volumineuse, qui est le résultat d'un mouvement léger de fermentation.

La plus ou moins grande rapidité avec laquelle les moûts sont mis en fermentation, a une influence remarquable sur la qualité de la bière, particulièrement en ce qui concerne sa conservation ultérieure. Lorsque l'action est trop violente, une partie de la levure se disperse à travers la liqueur, et il est très difficile de l'en séparer complètement; dans ce cas, la bière ne perd pas seulement une partie de sa saveur agréable et de sa limpidité; mais encore elle est susceptible de se gâter et de passer à l'aigre par les causes les plus légères. En résumé, on peut dire, que plus la fermentation est lente, régulièrement progressive et moins interrompue, et plus aussi le produit obtenu est meilleur.

La quantité de levure de bière obtenue, pendant la fermentation, est cinq ou six fois plus considérable que celle qui a été employée pour la déterminer; elle se compose de deux parties, l'une qui se maintient au sommet du liquide, et qui forme la levure écumeuse, l'autre plus lourde se précipite au fond de la cuve guilloire. La levure en excès, lavée, puis fortement comprimée dans des sacs en toile, est vendue en gros à des *levuriers*, qui la livrent en détail aux boulangers, fabricants de liqueurs alcooliques, etc. À Paris, cette levure est très recherchée, et on en fait une grande consommation.

V. *Collage, maturité et conservation de la bière.* — Les bières faibles que l'on prépare à Paris, s'expédient chez le consommateur, immédiatement après que la fermentation est terminée; on bouche les quarts au moyen de bondes qu'on lute avec de la terre glaise; mais cette bière que l'on a obtenue par une fermentation très rapide, contient en suspension des matières étrangères qui la rendent trouble, et que l'on doit enlever par une clarification instantanée; cela est nécessaire parce que ces bières légères ne peuvent guère se conserver plus de six semaines. Cette clarification se fait généralement chez le consommateur; elle est basée sur l'emploi de la colle de poisson, que l'on prépare à cet effet, de la manière suivante. Après l'avoir humectée, on l'écrase sous le marteau afin d'en rompre les fibres et de favoriser la divisibilité de cette substance organisée; puis on la met

tremper dans de l'eau fraîche pendant douze à vingt-quatre heures, en renouvelant l'eau deux ou trois fois en hiver, et quatre ou cinq fois en été. On la malaxe ensuite fortement avec dix fois son poids de vieille bière tournée à l'acide, qui facilite sa division en la gonflant; on étend ensuite la gelée transparente avec une bière légère que l'on prépare quelquefois exprès, dans les grands établissements; on passe le tout à travers un tamis très fin, en crin, qui retient les grumeaux et les parties qui ne sont pas assez divisées; on facilite le tamisage au moyen du frottement produit avec une brosse ronde en crin. Pour conserver cette préparation quinze jours en été et un mois en hiver, on ajoute quelquefois 5 p. 400 du volume de la gelée, en eau-de-vie commune.

Pour opérer la clarification, on mêle cette colle, avec son volume de bière ordinaire, ou la verse dans les barils, et on agite vivement pendant une minute, de manière à faire un mélange parfait, on laisse déposer pendant deux ou trois jours, au bout desquels on tire ordinairement en bouteilles. La proportion de colle employée est à peu près de 4 à 8 décilitres par hectolitre de bière, suivant la difficulté de l'épuration.

La colle de poisson agit ici mécaniquement, étant très divisée et gonflée, elle forme dans la bière un vaste réseau membraneux, organisé, qui, contracté par l'action de la levure se resserre et entraîne dans sa précipitation ce dernier corps et toutes les autres matières non dissoutes; le liquide surnageant reste d'une limpidité parfaite, lorsque l'opération a bien réussi. Cette action mécanique de la colle de poisson est tellement vraie, qu'on ne peut pas obtenir le même effet de la gélatine ordinaire, qui a tout à fait la même composition; mais qui n'est pas organisée comme elle.

Après l'épuration de la bière, le sucre non décomposé qu'elle renferme encore suffit ordinairement pour donner lieu dans le liquide à la production de cinq à six fois son volume d'acide carbonique, qui, retenu en dissolution par la fermeture hermétique des bouteilles, produit quatre ou cinq atmosphères de pression, et donne lieu à une sorte d'explosion lorsqu'on débouche ces vases, ainsi qu'à une écume très volumineuse. Enfin, un peu de substance gommeuse qui reste indécomposée dans cette bière, lui donne une légère viscosité et rend ainsi la mousse quelques instants persistante; elle suffit encore pour humecter la langue et le palais d'une manière spéciale, ce que les consommateurs expriment en disant que la bière a de la bouche; propriétés qu'on ne retrouve plus dans la bière faite exclusivement avec du sucre ou du sirop de fécule.

Dans la préparation des bières fortes qui doivent se garder longtemps, comme le porter qui se prépare à Londres, on ne suit pas la même marche que nous venons d'indiquer. Au sortir des *stillions*, ou cuves d'épuration, la bière est pompée dans les *cuves de réserve*; là, il s'établit une fermentation très lente que l'on continue pendant une période considérable, et qui allait autrefois jusqu'à 48 mois. Pendant tout ce temps, la plus grande partie du sucre qui restait se change en alcool, et la bière augmente de force spiritueuse. Un autre résultat important de ce long repos, c'est la clarification spontanée qui se produit et qui rend inutile l'emploi de la colle de poisson.

Le cellier qui renferme les tonnes de garde doit être au-dessous du sol, à l'abri des changements de température, des vibrations des voitures, et en général de tout ce qui pourrait entraver la tranquille fermentation de la bière.

Il y a près de trente à quarante ans, la coutume des brasseurs de porter de Londres était d'en garder d'immenses provisions pendant 48 mois à 2 ans, dans le but d'améliorer sa qualité. Les cuves de garde avaient communément une capacité de 800,000 à 1,000,000 de

BIÈRE.

litres; on cita particulièrement un de ces immenses réservoirs qui contenait près de 3,000,000 de litres; pendant cette longue période, une lente fermentation transformait la plus grande partie de la substance sucrée en alcool et en acide carbonique, le porter devenait fin et prenait un bouquet apprécié des connaisseurs.

Depuis quelques années, le goût des consommateurs a amené une révolution sous ce rapport, par suite de la diminution dans la consommation du porter. L'ale, au contraire, est devenu la boisson en vogue, et la plupart des autres bières analogues que l'on prépare sont enivrantes au bout de 45 jours de fabrication; 6 semaines de garde sont pour ces boissons une longue période.

Ale de Preston. L'ale de Preston-Pans passe à juste titre pour l'une des meilleures qui se fasse en Europe; cela tient aux soins minutieux et tout particuliers que l'on apporte dans les différentes opérations du brassage, et au choix que le fabricant fait des meilleures matières premières.

Cette boisson est très peu colorée; elle est chargée à fortes doses de matières sucrées; elle est caractérisée d'ailleurs par une saveur douce et balsamique; l'amertume du houblon y est si bien combinée avec la saveur du liquide sucré et alcoolique, qu'elle ne prédomine pas, comme cela a lieu dans la plupart des autres bières.

La basse température à laquelle le brasseur écossais opère la fermentation du moût, afin d'obtenir une boisson ayant tous les caractères que nous venons d'indiquer, restreint son travail aux mois froids de l'année; il ne produit pas pendant les mois de chaleur; il est d'ailleurs très délicat sur le choix de son malt et de son houblon: le premier est obtenu avec la meilleure orge anglaise, le dernier provient de Farnham ou de l'est du comté de Kent. La quantité de houblon employé excède rarement 2 kilog. pour 3 hectol. de malt. La levure ajoutée pour déterminer la fermentation, est soigneusement examinée, et mesurée dans la proportion de 4 litres 1/2 pour 4,000 litres de moût.

La conduite de la fermentation est surtout particulière; le moût ne doit avoir que 40° centigrades, lorsqu'il arrive dans la cuve guilloire, et cette température augmente peu à peu, jusqu'à 49° seulement; elle retombe ensuite jusqu'à la fin de la fermentation.

Voici un tableau qui indique en chiffres la marche de la fermentation pendant tout le temps qu'elle dure habituellement en Écosse.

	Températures.	Kilogrammes.
Mars 24. <i>Mise du moût en tonne à 40° centig.</i>	44° 0	48
» 25 —	43° 0	48,5
» 28 —	43° 0	47,5
» 30 —	45° 5	45,3
Avril 4 —	46° 5	44,5
» 4 —	48° 0	43
» 5 —	49° 0	44,25
» 6 —	49° 5	40,35
» 7 —	49° 5	9
» 8 —	49° 0	8
» 9 —	49° 0	6,7
» 10 —	47° 5	6

Les nombres en kilogrammes contenus dans la seconde colonne représentent le poids de la matière sucrée gommeuse et albumineuse, enfin de l'extrait solide contenu dans à peu près 464 litres de liquide.

A Paris, on prépare depuis quelques années de la bière blanche analogue à l'ale, et on facilite beaucoup cette préparation, en ajoutant au malt du sirop de fécule, qui donne une liqueur sucrée à peu près aussi économique que le malt seul, et qui, dans l'usage, ne présente aucune des nombreuses chances d'altération auxquelles est soumis ce dernier.

BIÈRE.

Le sirop de fécule, que l'on doit employer de préférence, est celui qui a été préparé au moyen de la diastase (voyez SUCRE DE FÉCULE), il a un goût bien supérieur au sucre préparé par l'acide sulfurique; ce dernier présente toujours une saveur urineuse qui est due à la présence d'un peu de chaux; dans quelques brasseries, lorsque le moût destiné à la préparation de la bière blanche n'est pas suffisamment incolore, on le passe sur un filtre à noir animal qui le décolore. L'emploi de ce filtre est obligatoire, lorsque le brasseur prépare lui-même son sirop de fécule. Il en est de même lorsqu'on fait usage de mélasses.

Dans quelques pays, on emploie aussi, pour remplacer une partie de l'orge, les racines qui fournissent assez abondamment un jus sucré, telles sont les carottes, les betteraves, etc., ou même directement celles qui peuvent ne donner ce sucre que par une transformation de leur fécule; c'est ainsi que l'on fait quelquefois usage des pommes de terre. Ce dernier procédé est pratiqué sur une échelle considérable, dans plusieurs brasseries de Strasbourg, pour la préparation d'une bière assez renommée; voici comment on opère: les pommes de terre sont écrasées, puis mêlées avec au moins un dixième de leur poids de malt d'orge, non pas concassé, comme cela a lieu ordinairement, mais très finement broyé; on ajoute une quantité d'eau chaude suffisante, et on maintient le mélange à une température de 70° centig. pendant 4 heures; au bout de ce temps, la transformation en dextrine et en sucre a eu lieu; on soutire le liquide, on lave le résidu; le moût est ensuite chauffé avec le houblon, et les épurations se suivent comme dans la fabrication habituelle.

Nous avons dit au commencement de cet article, que le maïs ou blé de Turquie était aussi employé à la préparation de la bière; son emploi présente cependant un inconvénient qu'il importe de signaler: sa germination est plus difficile à diriger que celle du blé, à cause de la rapidité et de la vigueur avec lesquelles poussent les radicules et la plumule.

Le mode le plus convenable de déterminer la germination consiste à couvrir les grains de fumier, dans un jardin ou dans un champ, et de les laisser là jusqu'à ce que la surface de la couche soit couverte des pousses vertes de la plante; on enlève immédiatement le grain germé, on le lave et on l'expose au four.

Pour compléter l'article bière, nous allons donner quelques chiffres sur la composition de quelques bières, et sur la quantité des matières qui entrent dans leur confection.

M. Richardson a donné le tableau suivant de densité des différentes espèces de bières, et de la quantité d'extrait sec qu'elles renferment.

BIÈRES.	NOMBRE des kilogram. de matière sèche, contenue dans 163 litres.	PESANTEUR
		spécifique.
Ale de Burton, 4 ^{re} qual.	18,00 à 19,35	4,114 à 4,120
— 2 ^e qual.	15,75 à 18,00	4,097 à 4,111
— 3 ^e qual.	12,60 à 14,25	4,077 à 4,092
Ale commune, 4 ^{re} qual.	11,25 à 12,15	4,070 à 4,073
— 2 ^e qual.	9,45	4,058
Porter, espèce commune	8,40	4,030
Porter double.	9,00	4,035
— brun fort.	10,35	4,064
— meill. brun fort.	11,70	4,072
Petite bière commune.	2,70	4,044
Bonne bière de table. .	5,4 à 6,3	4,033 à 4,039

BIERE.

Voici d'après l'ouvrage de M. Dumas, les recettes des différentes bières :

Porter (bière de table).

Malt	{	Pâle.	20 hectol.
		Ambré.	17
		Brun.	9
Houblon.			60 kilogr.
Levure fraîche.			37
Sel marin.			2

Produit : 68 hectolitres de bière, plus une certaine proportion de bière faible.

Porter de garde (pour l'exportation).

Malt	{	12 hectol. malt pâle d'Hereford.	
		8 — ambré jaune de Kingstown.	
		8 — brun foncé —	
		45 kilogr. houblon du comté de Kent.	
		45 — levure fraîche.	
		25 — sel marin.	

Produit : 30 hectolitres de bière forte et de longue conservation, plus de la bière faible provenant des lavages,

Ale de garde.

Malt pâle du Herefordshire.	40 hectol.
Houblon du comté de Kent (de très bonne qualité et très aromatique).	50 kilogr.
Sel.	2

Produit : 50 hectol. d'ale, plus, comme toujours, de la petite bière.

Disposition générale d'une grande brasserie anglaise de porter, avec le détail des machines et ustensiles qui y sont employés. Les fig. 222 et 223 représentent la disposition générale des appareils d'une brasserie montée sur une grande échelle. On doit observer que pour réunir dans un très petit cadre toutes les opérations de la brasserie, on a, en conservant toutefois leur arrangement réciproque, été obligé de réduire beaucoup les dimensions, en longueur et en largeur, des bâtiments, surtout dans la fig. 222.

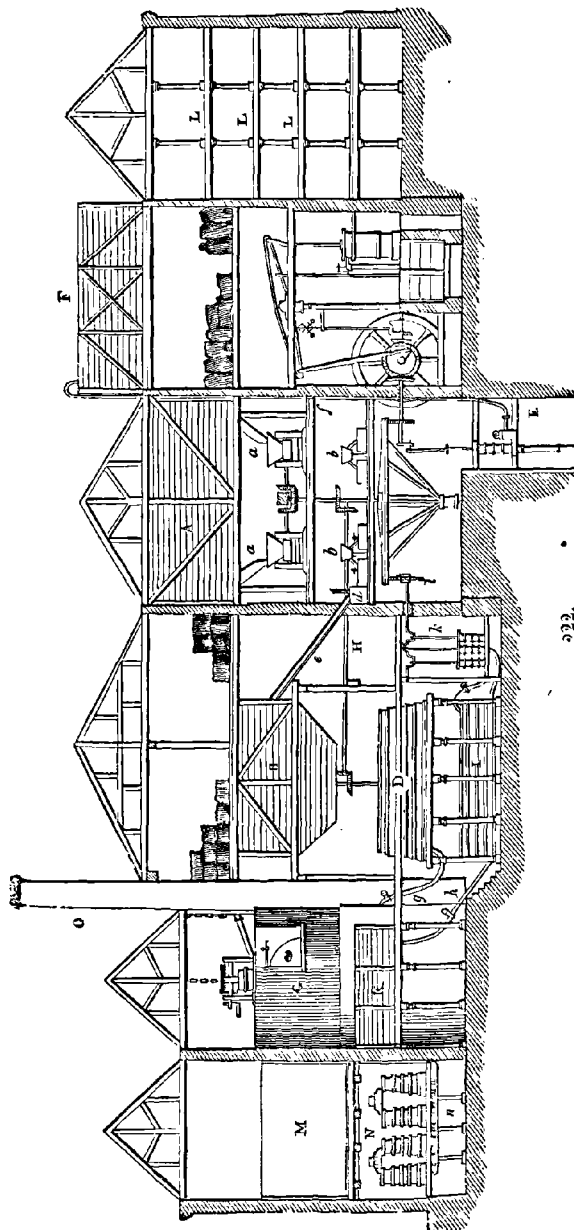
Le malt nécessaire à la fabrication est acheté tout préparé aux malteurs. On le conserve, jusqu'à l'emploi, dans de vastes greniers bien aérés, et qui occupent habituellement la partie supérieure des bâtiments; on n'en a représenté qu'un en A, fig. 222. Immédiatement au-dessous de ces greniers en a, a, se trouvent déjà représentés fig. 216 et 217. Sur le plancher situé au-dessous de ces rouleaux se trouvent des moulins à meules horizontales b, b, que l'on emploie quelquefois pour broyer le grain, au lieu de le concasser, en le passant entre les rouleaux a, a.

Lorsque le malt est broyé, il est placé dans une caisse d, placée à peu de distance des moulins. De cette caisse, il est élevé par l'action d'un vis en spirale (dont on voit le détail plus loin, fig. 224), renfermée dans le cylindre en bois indiqué par la lettre e, dans un grand réservoir de réserve B, dans lequel on le garde jusqu'au moment où on doit en disposer. Comme on le remarquera dans la figure, cette caisse B est située immédiatement au-dessus de la cuve à brasser D, dans laquelle on fait à volonté descen-

BIERE.

dre le malt, lorsqu'on veut en extraire les parties solubles.

L'eau pour le service de la brasserie est tirée d'un puits E, que l'on voit dans le moulin à droite, par une pompe fonctionnant par une transmission de mouvement de la machine à vapeur; le tuyau f de cette pompe élève cette eau dans un très grand réservoir ou bac à eau F, placé au sommet du bâtiment, de manière à pouvoir alimenter toutes les parties de l'usine. Des tuyaux de fonte partent de cette citerne, se rendent à la chaudière G, où a lieu la cuisson de la bière avec le houblon, ainsi que dans tous les endroits où l'on peut



222.

avoir besoin d'eau froide pour nettoyer et laver les vaisseaux, etc.

La chaudière G, dont on verra plus loin les détails dans les fig. 226 et 227, peut être remplie à volonté d'eau froide, en tournant simplement la clef d'un robinet.

Le tuyau g, adapté au fond de cette chaudière, sert à conduire l'eau chaude entre les deux fonds de la cuve à brasser D, où elle dissout le malt, comme nous l'avons dit précédemment. A l'instant où l'on vient de tirer l'eau de la chaudière, on doit en remettre de nouvelle, de manière à ce qu'elle ne soit jamais laissée vide un instant; si on ne prenait pas cette précaution, la chaleur du foyer détruirait promptement le fond de la chaudière.

Pendant le brassage, qui a lieu dans la cuve D, le malt est agité par un appareil particulier, fixé sur un arbre vertical placé au centre de la cuve, et qui reçoit le mouvement de l'arbre de couche H par l'intermédiaire d'engrenages coniques. On verra les détails de la cuve et de l'appareil agitateur dans la fig. 225.

Lorsque le brassage est achevé et que le repos a été suffisant, on soutire le moût provenant de l'opération, et on le reçoit dans la cuve réverdoire I, placée immédiatement au-dessous de la cuve D; la il n'y reste que le moins longtemps possible, et on s'empresse de l'élever au moyen de la pompe à trois corps k, dans une bassine placée sur le sommet de la chaudière C, et qui remplace avantageusement le réservoir dont nous avons parlé dans la description générale des opérations du brassage (voyez plus loin les planches 226 et 227). Le moût reste dans cette bassine jusqu'à ce que l'eau chaude destinée au brassage suivant soit enlevée de la chaudière C; pendant ce temps sa température s'élève toujours un peu. Aussitôt que la chaudière C est vide, on y fait passer le contenu de la bassine, qui elle-même reçoit le nouveau brassin qui est également monté au moyen des pompes k.

C'est ainsi que les divers moûts se succèdent les uns aux autres dans les différents vases, avec la plus grande régularité, de sorte qu'il n'y a aucune perte de temps, et que chaque partie de l'appareil se trouve constamment employée. Lorsque la cuisson du moût et la décoction du houblon ont été suffisamment prolongées, on vide tout le contenu de la chaudière par un large robinet, dans un bac K, placé immédiatement au-dessous, et dont les dimensions sont suffisantes pour recevoir tout le liquide d'une opération; ce vase remplit le même but que le bac à repos dont nous avons parlé, seulement la séparation du moût et du houblon se fait d'une manière différente que dans ce dernier; en effet, le bac K est muni d'un faux fond formé de plaques de fonte, perforées d'une infinité de petits orifices, à travers lesquels le moût s'égoutte, sans que le houblon puisse les traverser. Le moût filtré est tiré du double fond du bac à repos, au moyen du tube h, par la pompe k, qui l'élève dans les nombreux réfrigérants L, L, L, disposés dans un bâtiment spécial. Comme on le voit, la pompe k est disposée, au moyen de tuyaux de communication et de robinets, de manière à ce qu'elle puisse servir à tous les besoins de la fabrique, si ce n'est à celui d'élever l'eau froide du puits. Les réfrigérants L, L, L, sont des bacs présentant une très grande surface et disposés les uns au-dessus des autres de manière à former les différents étages, assez rapprochés d'un bâtiment; ces bacs ont très peu de profondeur, 2 à 3 décimètres au plus, afin qu'ils présentent à l'action réfrigérante de l'air le plus de surface possible. Pour que le refroidissement de la bière soit encore plus rapide, on a soin de garnir les parois du bâtiment au moyen de nombreuses persiennes, de manière à ce que les courants d'air soient admis le plus librement possible.

Lorsque le moût est suffisamment refroidi pour être

soumis à la première fermentation, il est conduit par des tuyaux qui partent du fond des divers réfrigérants, dans deux grandes cuves guilloires M, dont on ne voit qu'une seule dans la figure, et dont la capacité est suffisante pour contenir toute la bière brassée dans un jour.

Lorsque la fermentation tumultueuse a eu lieu, la bière est soutirée de la cuve guilloire M, et elle est conduite dans les petits vases de fermentation ou vaisseaux à purifier N, dont il y a un très grand nombre dans la brasserie. Ces tonneaux placés verticalement sont disposés quatre par quatre; et à chacun des quatre, un bec commun reçoit la levure qui se renouvelle à la surface de la bière, et la conduit dans des auges générales n placées au-dessous. La bière reste dans ces vaisseaux à clarifier jusqu'à ce que la fermentation apparente par la mousse soit complète, et elle est mise ensuite dans les cuves de réserve, qui sont des réservoirs d'une immense grandeur, où on la conserve jusqu'à ce qu'on en ait besoin, puis finalement elle est mise dans des barils que l'on expédie au dehors. Ces cuves de réserve ne sont pas représentées dans la figure; elles sont de forme conique, de diamètre variable, suivant la contenance qu'on veut leur donner, et elles ont en général de 4 mètres 50 à 6 mètres de profondeur.

La machine à vapeur qui met en mouvement différents appareils de la brasserie se voit sur la droite de la figure; sur l'axe du volant est une roue conique qui donne le mouvement à une roue semblable placée sur un arbre qui transmet ce mouvement à l'engrenage d'un manège, ainsi qu'à la pompe à eau. La roue du manège commande à tous les pignons des moulins b, b, et aussi à l'axe horizontal qui fait marcher les pompes k. Les cylindres a, a, sont mus par une roue d'angle fixée sur l'extrémité supérieure de l'axe du manège, que l'on a prolongé à cet effet. L'arbre de couche H reçoit le mouvement de cet axe, et le transmet à l'agitateur mécanique disposé dans la cuve à brasser.

Outre tous ces appareils, la machine à vapeur peut également, à volonté, faire mouvoir un tire-sac, qui n'est pas représenté dans la figure, et qui est destiné à hisser les sacs de malt, de la cour de la brasserie, dans le grenier A où on en décharge le contenu.

Le manège qui sert d'intermédiaire entre la machine à vapeur et les différents appareils de l'usine, a été disposé de cette manière afin qu'on ne soit pas arrêté, dans le cas, très rare du reste, où la machine à vapeur se dérangerait; il suffit alors de remplacer cette dernière par des chevaux que l'on attelle au manège.

La fig. 223 représente l'atelier de fermentation de la brasserie de MM. Whisbread et C^e dans Chiswell Street, à Londres, qui est peut-être l'une des plus vastes et des mieux disposées de celles qui existent dans le monde; elle a été construite sur les plans et les indications de M. Richardson, qui aujourd'hui dirige les travaux de la brasserie.

L'ensemble de cet atelier de fermentation représente avec plus de détails, la partie de la fabrication de la bière, qui est indiquée par le grand vaisseau M et les tonneaux N dans la fig. 222.

Dans la fig. 223, r, r, sont les tuyaux qui partent des différents réfrigérants, et qui amènent le moût dans les grands vaisseaux à fermenter M, qui sont au nombre de deux, l'un derrière celui qui est représenté dans la fig. 223, ce tuyau r, en cuivre, est enveloppé d'un second tuyau xx, dont le diamètre est beaucoup plus grand; dans l'espace libre qui existe entre les deux tubes on fait arriver un courant d'eau froide, qui abaisse encore la température de la bière et la rend plus propre à la fermentation; le tube ff, est la conduite d'eau qui part du réservoir supérieur alimenté par les pompes; nn, est le tube qui amène l'eau froide dans l'intérieur et à l'extrémité du tube réfrigérant x; enfin le tuyau p, conduit au dehors du tube l'eau qui a servi à refroidir la bière;

cette eau peut-être amenée dans un second réservoir qui est destiné à alimenter les chaudières de coction ; et comme elle a déjà une certaine température, c'est autant de gagné sur la consommation en combustible. Ce refroidissement supplémentaire de la bière est surtout né-

cessaire dans les temps chauds et humides, pendant lesquels le refroidissement dans les bacs est très lent ; il est du reste très favorable, car on comprend fort bien qu'on peut amener, par ce moyen, la bière au degré de température justement favorable à la fermentation ; il suffit pour cela d'ouvrir plus ou moins le robinet placé

sur le tuyau par lequel sort l'eau qui a servi à refroidir ; ou bien de ralentir le courant de bière dans le tube r

Lorsque la première fermentation dans les cuves guilloires M est terminée, on retire la bière par les tuyaux v, et on la conduit au moyen d'embranchements w, aux différentes rangées de tonnes N, N, qui occupent la plus grande partie des bâtiments. Dans l'espace qui sépare deux rangées parallèles de tonnes, sont disposées de grandes auges qui reçoivent la levure qui est sans cesse rejetée.

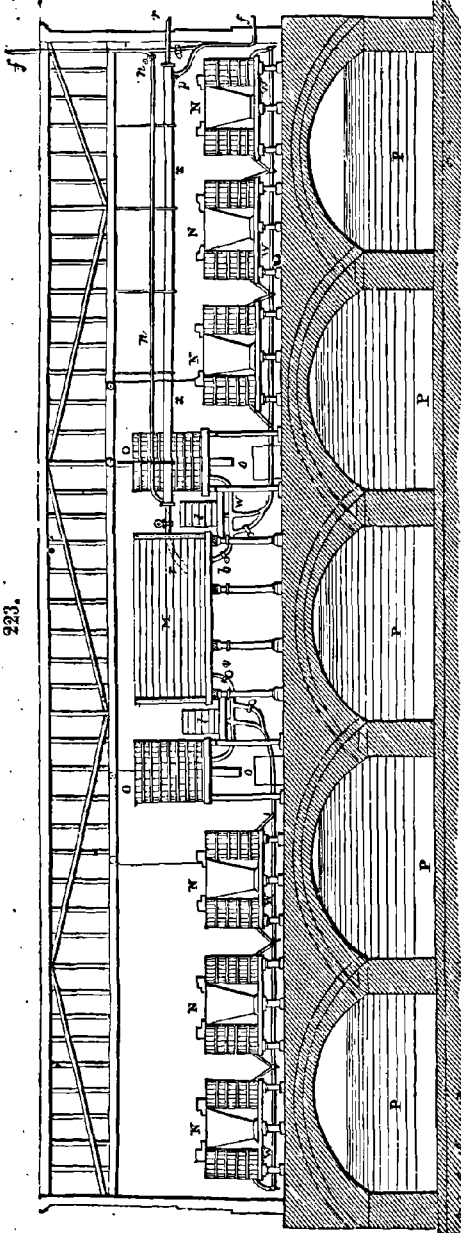
Comme on peut le voir dans la figure 223, toutes les tonnes N, N, sont placées sur un niveau plus bas que le fond des grands vaisseaux M, de telle sorte que la bière peut toutes les remplir à la même hauteur, par l'équilibre hydrostatique.

Lorsque les tonnes N, N, sont remplies, on ferme le robinet qui les fait communiquer avec les vases M, mais comme le travail de la fermentation diminue à chaque instant la quantité de bière, il est nécessaire de remédier de temps en temps à cette perte ; voici comment on y parvient très facilement : à côté ou entre les deux vases M, se trouvent deux grandes cuves O, que l'on a soin de remplir avec la bière des vases M, avant qu'elle soit mise dans les tonneaux N ; c'est cette bière que l'on réserve pour maintenir le niveau dans ces derniers ; près de chacune de ces cuves O, se trouve un petit vase t, placé à un niveau un peu inférieur, et qui communique avec elles au moyen d'un robinet à flotteur ; ce vase t reste pendant tout le temps de la fermentation en communication avec les tuyaux qui conduisent aux tonnes N ; on comprend donc que, si le robinet à flotteur est disposé de manière à maintenir constamment, dans les vases t, le niveau à la même hauteur que celui qui doit avoir la bière dans les tonnes N ; on comprend, disons-nous, que la perte éprouvée dans ces dernières se trouve constamment réparée, sans que l'on ait jamais besoin de toucher à l'appareil ; par cette méthode simple et ingénieuse on évite la main-d'œuvre qu'exige ordinairement le remplissage, et en outre le travail est mieux exécuté.

Afin d'évacuer la levure qui se produit par la fermentation de la bière dans les cuves O, avant qu'on la fasse passer dans les tonnes N, un entonnoir conique est maintenu constamment au niveau du liquide au moyen d'un flotteur ; l'orifice supérieur de cet entonnoir se trouve à une très petite distance du niveau, l'écume peut donc s'y introduire, puis s'écouler par un tuyau fixé à l'orifice inférieur de l'entonnoir, et qui traverse le fond de la cuve. L'écume qui s'échappe de l'extrémité de ce tuyau o est reçue dans une auge placée au-dessous. Ce tuyau o traverse le fond de la cuve dans une espèce de boîte à étoupes, ce qui lui permet de glisser librement de haut en bas, au fur et à mesure que le niveau de la bière baisse, sans toutefois que cette dernière puisse s'échapper entre le tuyau et le fond de la cuve.

Sous l'atelier de fermentation que nous venons de décrire sont de grandes caves voûtées P, P, bâties avec de bonnes pierres de construction, et dont les parois sont cimentées de manière à résister à l'humidité. On dispose dans ces caves les tonneaux de la bière qui a suffisamment fermenté, et on les y garde jusqu'au moment de l'expédition. Dans la brasserie de M. Whitbread on a préféré cette méthode de conservation aux grands vases de maturation, dont nous avons parlé précédemment ; dans ces caves la bière se conserve très longtemps, parce que les changements de température y sont très peu sensibles.

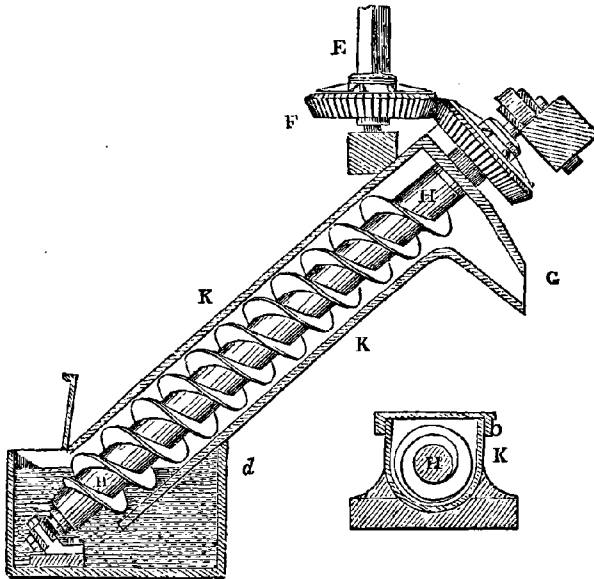
A la suite de la description générale d'une brasserie anglaise, nous croyons utile de décrire quelques-uns des appareils perfectionnés que l'on y emploie, et qui présenteront quelque intérêt parce qu'ils sont très peu connus en France. Dans ce dernier pays l'importance



223.

bien moins grande des brasseries oblige de n'employer que des appareils simples et peu coûteux.

La fig. 224 est une vis d'Archimède au moyen de la-



224.

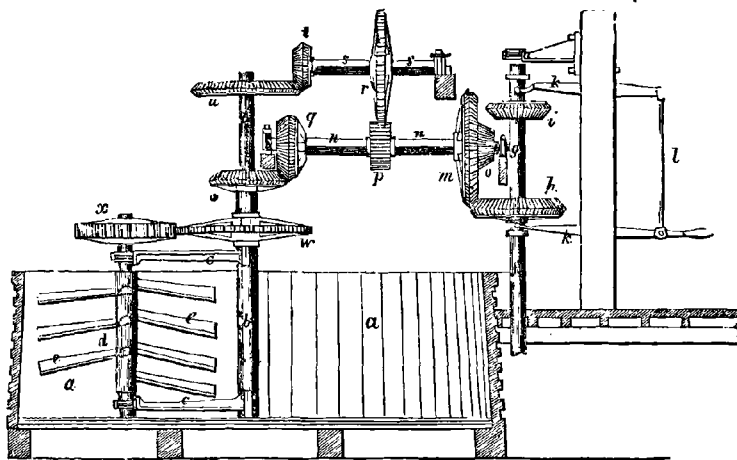
quelle le malt broyé peut être élevé ou conduit d'une partie de la brasserie à l'autre. K, est la boîte inclinée dans laquelle se meut la vis sans fin H. d, auge dans laquelle on place le malt que la vis d'Archimède doit élever; un ouvrier doit être occupé à remplir continuellement cette auge, au fur et à mesure qu'elle se vide. E, arbre moteur sur lequel est fixé le pignon F, qui commande la roue d'angle placée sur l'axe de la vis d'Archimède. G, bec par où sort le malt élevé. Des machines, semblables à celles que nous venons de décrire, sont employées dans les diverses parties de la brasserie, partout en un mot où il y a du malt à déplacer.

fer; elle est du reste munie d'un double fond percé de trous, tout à fait comme celle que nous avons déjà décrite et qui est employée en France. Ce qu'il y a de remarquable dans cette cuve, c'est le moyen que l'on a employé pour agiter le malt dans l'eau de dissolution: b, est un arbre placé au centre de la cuve, et qui est supporté sur une crapaudine que l'on a négligé d'indiquer; cet arbre b reçoit le mouvement d'une roue à angle u, adaptée à son extrémité supérieure, et qui elle-même est commandée par le pignon d'angle t. Sur le même arbre b sont adaptés deux bras en fonte c, c, qui supportent un second arbre plus petit d; ce dernier est muni sur les 4 côtés de bras ou palettes e, e, qui sont destinées à remuer le mélange liquide en le forçant continuellement non seulement à tourner, mais encore à s'élever du bas en haut; ce dernier effet, très important, est obtenu naturellement par la direction inclinée que l'on a donnée aux palettes e, e. L'arbre d reçoit le mouvement de la roue d'engrenage w placée à son extrémité, et celle-ci est elle-même commandée par l'engrenage v. L'engrenage v n'est pas, comme on pourrait le penser, fixé sur l'arbre central b; mais bien sur un manchon o qui peut tourner librement sur lui, en s'appuyant sur le renflement qu'il présente

par suite d'une augmentation de diamètre; en effet, on remarquera que l'arbre b a un diamètre plus considérable au-dessous de la roue w qu'au-dessous du pignon u. On voit donc de suite qu'on peut communiquer des mouvements de rotation indépendants à l'arbre b et à l'arbre d, et que ce dernier sera par conséquent animé de deux mouvements, l'un dépendant de l'arbre b, et qui le forcera de faire le tour de la cuve en un temps égal à celui que met l'arbre b à faire une révolution; l'autre au contraire indépendant, comme nous venons de le dire, et qui force l'arbre d et les palettes e à tourner rapidement sur eux-mêmes, tout en se mouvant autour

de la cuve. Voici l'origine de ces deux mouvements.

g, est l'arbre moteur qui reçoit une impulsion de la machine à vapeur; h et i, sont deux roues coniques placées sur cet arbre, et qui transmettent le mouvement à l'arbre horizontal n n, par l'intermédiaire des engrenages m et o. Lorsqu'on veut que l'agitateur marche lentement, on engrène h sur m; lorsque au contraire on veut que le brassage soit rapide et énergique, sur la fin de l'opération, par exemple, on engrène



225.

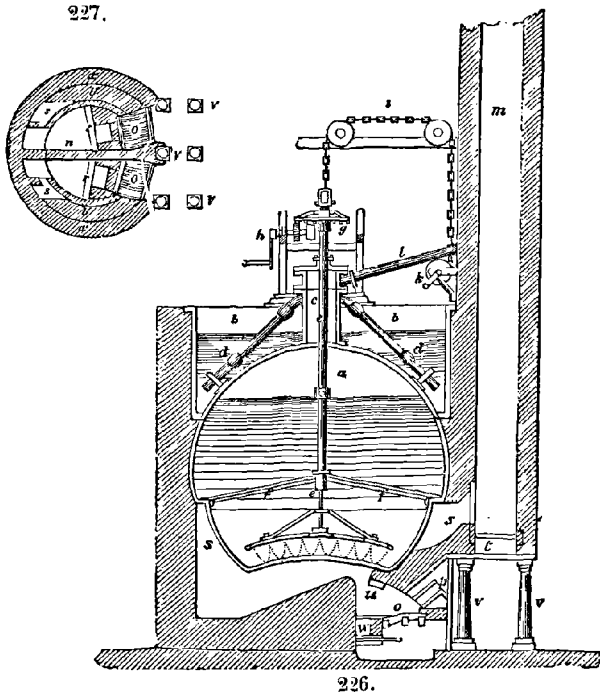
La fig. 225 représente une cuve à brasser, ou, comme le disent les Anglais, à démêler; a a, est la cuve proprement dite, elle est construite avec des douves de bois, épaisses et reliées ensemble par de nombreux cercles en

sur o. On obtient à volonté ce changement de vitesse au moyen du bras de levier l, qui, d'un seul coup, élève ou abaisse le manchon mobile g sur lequel sont fixées les roues i et h. Maintenant l'arbre n transmet le mouvement

à l'agitateur *d* par l'intermédiaire des roues d'engrenage *q*, *o*, *w* et *x*; et à l'arbre *b* sur lequel sont fixés les supports *c*, *c*, par l'intermédiaire des roues *p*, *r*, *t* et *u*. On voit dans la figure que les diamètres de toutes ces roues sont calculés, de manière à ce que le mouvement général autour de la cuve soit très lent, tandis que le mouvement giratoire de l'agitateur *d* est au contraire très rapide relativement, quelle que soit d'ailleurs la vitesse primitive donnée par les roues *i* ou *h*. En effet l'axe *d* fait dix-sept à dix-huit révolutions dans le même espace de temps qu'il fait le tour de la cuve.

Nous avons vu, en parlant de la cuisson de la bière, qu'il était très important d'employer des chaudières hermétiquement fermées, soit parce que la décoction du houblon se fait mieux, soit parce qu'on perd moins d'huile essentielle; déjà nous avons indiqué un appareil usité à Louvain, et qui permet de réaliser ces conditions. Voici maintenant une chaudière employée dans l'usine anglaise que nous avons décrite, et qui paraît également donner d'excellents résultats.

La fig. 226 est une section verticale par un plan passant par l'axe de la chaudière; la fig. 227 est le



plan horizontal pris à la hauteur de la grille, et dessiné à une échelle plus petite.

a, chaudière proprement dite, hermétiquement fermée, son fond est bombé intérieurement, afin qu'il résiste mieux à la chaleur du foyer; cette chaudière est munie d'un trou d'homme que l'on ne peut pas voir dans la figure, et qui permet d'introduire l'eau et le houblon; un large robinet, placé à la partie la plus déclinée de son fond, sert à retirer le moût lorsque la décoction a été suffisamment prolongée. *bb*, bassine ouverte, disposée au-dessus de la chaudière *a*, et qui est chauffée au moyen de la chaleur des parois et par la vapeur qui se dégage de cette chaudière; c'est dans cette bassine que l'on fait d'abord arriver le moût, avant de le faire passer dans la chaudière *a*, aussitôt que les pompes l'ont

élevé de la cuve réverdoire; de cette manière sa température augmentant de suite, il n'a pas le temps de s'al-térer. A la partie supérieure de la chaudière *a* est adaptée une large tubulure *c*, formée à la partie supérieure au moyen d'une plaque munie d'une boîte à étoupes, dans laquelle passe l'arbre *e*, *e*, d'un agitateur. A cette tubulure *c* sont adaptés à angles droits 4 tubes *d*, *d*, dont deux seulement sont visibles dans la figure; ces tubes obliques descendent presque au fond de la bassine *bb*; la vapeur formée dans la chaudière *a* ne trouve d'issue que par un des tubes *d*, *d*, elle est donc obligée de venir barboter dans le moût contenu dans la bassine et qui, non seulement s'échauffe à ce contact, jusqu'à ce que lui-même soit arrivé au degré de l'ébullition, mais encore retient les huiles essentielles du houblon que la vapeur entraîne avec elle.

ee, arbre en fer placé au centre de la chaudière; il porte à sa partie inférieure des bras auxquels sont attachées des chaînes ayant pour objet de râcler continuellement le fond et d'empêcher ainsi le houblon d'y adhérer. *ff*, étais destinés à maintenir un collet sur lequel tourne et s'appuie l'arbre *ee*; ce dernier porte à une extrémité supérieure une roue d'angle mue par un pignon qui se trouve sur l'axe de la manivelle *h*. La manivelle *h* sert donc à donner à la main le mouvement à l'agitateur; on comprend fort bien qu'on peut la remplacer par une poulie qui pourra alors recevoir le mouvement du moteur employé dans l'usine. L'agitateur peut être soulevé au moyen de la chaîne *i*, qui s'enroule sur deux poulies, et qui peut être mue par un petit treuil *k*.

Les chaudières, semblables à celle que nous venons de décrire, employées à Londres, sont ordinairement d'une énorme capacité; aussi on a reconnu qu'il était nécessaire de les chauffer au moyen de deux foyers séparés *o*, *o*, que l'on voit parfaitement dans le plan fig. 227; dans ce plan, le cercle marqué *a' a'*, indique la plus grande circonférence de la chaudière, et *b' b'*, son fond. *o*, *o*, sont les grilles sur lesquelles on jette le combustible; ce dernier ne s'introduit pas comme à l'ordinaire au moyen d'une porte, mais bien à travers une trémie en fer, courte et inclinée, qui est indiquée en *p* dans la coupe verticale (fig. 226). Cette trémie est constamment maintenue remplie de charbon, de manière à empêcher presque complètement le passage de l'air; au-dessus de cette trémie, on a ménagé un canal étroit, que l'on peut fermer plus ou moins au moyen d'un registre, afin de ne laisser entrer que la quantité d'air atmosphérique nécessaire pour compléter la combustion des gaz qui s'échappent du foyer.

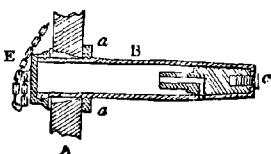
Derrière chaque grille est une capacité close *n*, dans laquelle on pousse les scories au moyen d'un ringard en fer.

r, est l'autel placé derrière le foyer; il relève la flamme et la force à lécher de très près le fond de la chaudière; les produits de la combustion circulent ensuite autour de cette dernière, dans le carneau *s*, puis enfin se rendent dans une grande cheminée *m*, qui les lance dans l'atmosphère; au-dessus du foyer se trouve une voûte en briques réfractaires *u*, qui empêche le foyer de réverbérer directement sur le fond de la chaudière ce qui la détruirait promptement. La cheminée est supportée par 6 colonnes en fonte *v*, *v*, de telle sorte qu'il

existe au-dessous un espace suffisant pour que le chauffeur puisse alimenter le foyer et nettoyer les grilles. A la partie inférieure de la cheminée se trouve un registre *t*, qui peut fermer complètement l'orifice, et que l'on ouvre plus ou moins, suivant que l'on veut diminuer aussi plus ou moins le tirage; l'air froid qu'on laisse pénétrer en ouvrant le registre ralentit immédiatement le feu. Un autre registre est placé à l'embranchement même du carneau *s*, sur la cheminée *m*. En ouvrant complètement le registre *t*, et en fermant l'autre registre, on comprend que le four est complètement arrêté; on accomplit toujours cette manœuvre au moment où l'on vide la chaudière.

Les fig. 228 et 229 représentent un des robinets-écluses qui sont employés pour établir les communications des tuyaux avec les pompes à pomper le moût, ou avec toute autre partie de la brasserie; par exemple, entre les réfrigérants et la cuve de fermentation. BB, représente le tuyau de communication sur lequel le robinet est placé; C, est la boîte adaptée sur le tuyau et dans laquelle se meut la vanne. A, est la vanne que l'on élève ou que l'on abaisse à volonté, suivant que l'on veut ou non intercepter le passage dans le tuyau. *a*, tige qui met en mouvement la vanne, elle traverse une boîte à étoupes qui empêche le liquide de s'échapper; la crémaillère adaptée à l'extrémité de cette tige engrène avec un pignon qui reçoit directement le mouvement de la manivelle *e*. La crémaillère et le pignon sont maintenus dans une boîte en fer *d*, supportée sur deux petites colonnettes en fonte. Derrière la crémaillère se trouve un petit galet, que l'on remarquera dans la figure 228, et qui la maintient contre le pignon. La vanne A est forcée de s'appliquer exactement contre la surface interne de la boîte *c*, par la pression qu'exerce un fort ressort.

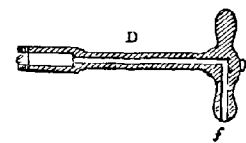
La fig. 230 est un robinet que l'on adapte sur les parois des grands foudres où l'on conserve la bière préparée; il sert à soutirer de temps en temps une petite quantité de cette dernière pour s'assurer de sa qualité. A, représente une partie de la paroi de la grande cuve de réserve; B, est un tube en cuivre que l'on fait pénétrer dans l'intérieur de la cuve, par un orifice pratiqué à l'avance; un collet qui s'appuie sur la paroi extérieure empêche ce cylindre d'entrer complètement dans la cuve, et un écrou *a* que l'on serre contre la paroi intérieure le fixe très solidement; du reste, on a soin d'interposer entre le bois et les surfaces métalliques des rondelles de drap ou de cuir qui préviennent les fuites. L'extrémité du cylindre B est légèrement conique, et c'est dans cette partie que se trouve le noyau du robinet qui peut tourner dedans, à surfaces rodées; la petite vis *c* maintient ce noyau, qui se trouve percé, comme l'indique la figure, d'un petit canal à angle droit, dont la branche verticale correspond avec un orifice percé sur l'arête inférieure du cylindre B; dans cette position, il est évident que la bière contenue dans la cuve pourra s'échapper par l'orifice; mais si l'on vient à tourner d'une demi-révolution le noyau, les orifices



230.

ne se trouveront plus en regard, et l'écoulement cessera immédiatement. Voici maintenant comment on fait tourner ce noyau: D (figure 234) représente la coupe longitudinale de la clef qui sert à accomplir ce mouvement, c'est-à-dire à fermer ou à ouvrir ce robinet; après avoir enlevé l'obturateur E, on introduit l'extrémité de la clef dans le tube B, l'orifice *e* enveloppe l'extrémité du noyau, de manière qu'en tournant la clef on fait aussi tourner le noyau. La clef est percée dans toute sa longueur d'un petit canal qui, après avoir tourné à angle droit, vient aboutir en *f*, à l'une des extrémités de la poignée; on s'arrange de manière à ce que le robinet soit ouvert lorsque le manche occupe une position verticale, et que par conséquent l'orifice *f* est tourné contre terre; ou reçoit alors la bière qui s'écoule de cet orifice dans un verre ou dans un vase quelconque.

Cette disposition assez ingénieuse a été adoptée, parce qu'il arrive quelquefois qu'un grand cerceau en fer se cassant, tombe le long des parois de la cuve et pourrait briser tous les robinets qui seraient saillie; si cet accident arrivait pendant la nuit, beaucoup de bière pourrait être perdue avant que l'on en ait rien découvert. Le robinet que nous venons de décrire fait à peine saillie sur la paroi extérieure des foudres, il est donc à l'abri de cet inconvénient.



234.

La fig. 232 représente un petit appareil, espèce de bonde hydraulique, qui permet à l'air d'entrer dans les tonneaux à bière, seulement quand on soutire cette dernière. A, A, représente une partie de la douve du tonneau sur laquelle est adaptée la bonde; cette bonde se compose d'un tube B que l'on visse au moyen des manches C, C, et qui, à sa partie supérieure, est muni d'une gorge circulaire dans laquelle s'engagent les bords de l'obturateur D. On ajoute de l'eau dans la gorge, et l'on obtient ainsi un lui hydraulique qui n'empêche pas à l'air de rentrer dans le tonneau lorsqu'on enlève la bière que celui-ci contient.

Bière de Munich. Nous terminerons cet article en décrivant la fabrication de cette espèce de bière fort estimée en Allemagne, qui se prépare en Bavière. Liebig donne dans l'introduction à son savant Traité de chimie organique (Paris, Fortin, Masson et comp.), des détails curieux sur cette fabrication. Nous en extrayons ce qui suit :

« Les bières d'Angleterre, de France, et la plupart de celles d'Allemagne, s'aigrissent peu à peu au contact de l'air. Cet inconvénient ne se rencontre pas dans les bières de Bavière, que l'on peut conserver à volonté dans des futailles pleines ou à demi vides, sans qu'elles s'altèrent. Il faut attribuer une qualité si précieuse au procédé particulier dont on fait usage pour faire fermenter le moût, procédé qu'on appelle fermentation avec dépôt (en allemand, *untergahrung*), et qui a résolu un des plus beaux problèmes de la théorie.

« Le moût de bière est, en proportion, bien plus riche en gluten soluble qu'en sucre; lorsqu'on le met en fermentation d'après le procédé ordinaire, il s'en sépare une grande quantité de levure à l'état d'une écume épaisse, à laquelle s'attachent les bulles d'acide carbonique qui se dégagent, et qui la rendant spécifiquement plus légère, la soulèvent vers la surface du liquide. Ce phénomène s'explique facilement. En effet, puisque, dans

« Le moût de bière est, en proportion, bien plus riche en gluten soluble qu'en sucre; lorsqu'on le met en fermentation d'après le procédé ordinaire, il s'en sépare une grande quantité de levure à l'état d'une écume épaisse, à laquelle s'attachent les bulles d'acide carbonique qui se dégagent, et qui la rendant spécifiquement plus légère, la soulèvent vers la surface du liquide. Ce phénomène s'explique facilement. En effet, puisque, dans

« Le moût de bière est, en proportion, bien plus riche en gluten soluble qu'en sucre; lorsqu'on le met en fermentation d'après le procédé ordinaire, il s'en sépare une grande quantité de levure à l'état d'une écume épaisse, à laquelle s'attachent les bulles d'acide carbonique qui se dégagent, et qui la rendant spécifiquement plus légère, la soulèvent vers la surface du liquide. Ce phénomène s'explique facilement. En effet, puisque, dans

l'intérieur du liquide, à côté des particules de sucre qui se décomposent, il se trouve des particules de gluten qui s'oxydent en même temps, et enveloppent pour ainsi dire les premières, il est naturel que l'acide carbonique du sucre et le ferment insoluble provenant du gluten se produisent simultanément et adhèrent l'un à l'autre. Or, lorsque la métamorphose du sucre est achevée, il reste encore une grande quantité de gluten en dissolution dans la liqueur fermentée, et ce gluten, en vertu de la tendance qu'il présente à s'approprier l'oxygène et à se décomposer, provoque aussi la transformation de l'alcool en acide acétique; si on l'éloignait entièrement, ainsi que toutes les matières capables de s'oxyder, la bière perdrait par là la propriété de s'aigrir. Ce sont précisément ces conditions que l'on remplit dans le procédé suivi en Bavière.

« Dans ce pays, on met le moût houblonné en fermentation dans des bacs découverts, ayant une grande superficie et disposés dans des endroits frais, dont la température ne dépasse guère 8 à 10° C. L'opération dure de trois à quatre semaines; l'acide carbonique se dégage, non pas en bulles volumineuses, éclatant à la surface du liquide, mais en vésicules très petites, comme celles d'une eau minérale, ou d'une liqueur qui est saturée d'acide carbonique, et sur lequel on diminue la pression. De cette manière, la surface du liquide est continuellement en contact avec l'oxygène de l'air, elle se couvre de peine d'écume, et tout le ferment se dépose au fond des vaisseaux, sous la forme d'un limon très visqueux, qui porte le nom de *tie* (en allemand, *unterhefe*).

« Dans la tendance du gluten soluble à absorber l'oxygène, et dans l'accès libre de l'air, on a toutes les conditions nécessaires à son érécamausie, c'est-à-dire à sa combustion lente (4).

« Or, on sait que la présence de l'oxygène et du gluten soluble sont également les conditions de l'acétification de l'alcool; mais ce ne sont pas les seules, il faut en outre l'influence d'une température tant soit peu élevée, pour que l'alcool éprouve cette combustion lente. Ainsi, en excluant l'intervention de la chaleur, on entrave la combustion de l'alcool, et le gluten seul se combine avec l'oxygène de l'air. Pendant l'oxydation du gluten, l'alcool se trouve à côté de lui, dans le même état que le gluten à côté de l'acide sulfureux dans les vins soufrés. L'oxygène, qui, dans les vins non soufrés, se serait combiné avec le gluten et l'alcool en même temps, ne s'empare ni de l'un ni de l'autre dans les vins qui ont été soumis au soufrage; mais il se combine avec l'acide sulfureux, pour le convertir en acide sulfurique.

« L'action à laquelle on a donné le nom de *fermentation avec dépôt*, n'est donc autre chose qu'une métamorphose simultanée de putréfaction et de combustion lente; le sucre et la lie s'y putréfient, et le gluten soluble s'y oxyde, non pas aux dépens de l'oxygène de l'eau ou du sucre, mais aux dépens de l'oxygène de l'air, et se sépare à l'état insoluble.

« Ni la richesse en alcool, ni le houblon, ni l'un et l'autre réunis, n'empêchent la bière de s'aigrir. En Angleterre on parvient, en sacrifiant les intérêts d'un capital immense, à préserver de l'acidification les bonnes sortes d'ale et de porter, en les laissant séjourner pendant plusieurs années dans des fûts énormes bien clos, dont le dessus est couvert de sable, et qui sont entièrement remplis. Ce procédé est identique avec le traitement que l'on fait subir aux vins pour qu'ils *déposent*. Il s'établit alors un léger courant d'air à travers les

poros du bois; mais la quantité de matières azotées contenues dans le liquide est tellement grande par rapport à celle de l'oxygène qui se trouve en présence, que ce dernier ne peut pas agir sur l'alcool. Cependant la bière qui a été ainsi préparée ne se conserve pas plus de deux mois dans des futailles plus petites, où l'air a de l'accès.

« Faire en sorte que la fermentation du moût de bière s'accomplisse à une température basse, qui empêche l'acétification de l'alcool, et que toutes les matières azotées s'en séparent parfaitement, par l'intermédiaire de l'oxygène de l'air et non pas aux dépens des éléments du sucre, voilà le secret des brasseurs de Bavière. C'est au mois de mars et d'octobre seulement que se fabrique la bière dans ce pays. » KNAB.

BIJOUTERIE D'ACIER. Ce genre de bijouterie qui comprend diverses pièces servant à l'habillement et à la parure, emprunte à la fois ses procédés de fabrication, partie à la bijouterie des métaux précieux, partie à la coutellerie fine. C'est le poli que l'acier peut acquérir après la trempe qui le fait employer pour des parures, qui sont aujourd'hui passées de mode; il faut bien avouer que l'éclat en est difficilement comparable à celui des bijoux dorés, en même temps que la dureté de la matière employée en rend le travail plus coûteux; la durée est en réalité plus grande, mais cet avantage est sans importance pour des objets exposés aux variations perpétuelles de la mode. On doit cependant bien regretter ce changement relativement à nos habiles fabricants qui étaient parvenus, à grands frais, à obtenir des résultats de fabrication vraiment merveilleux.

La matière première que l'on emploie est, soit du fer malléable dont on acière la surface par une trempe en paquet, soit de l'acier qu'on adoucit avant le travail en le maintenant au rouge au milieu de limaille de fer, afin de désaciérer la surface, et qu'on durcit ensuite par cémentation quand on a obtenu la forme désirée.

La matière se travaille soit à l'aide de matrices soit avec des lamineoirs portant en creux l'empreinte des reliefs qu'on veut obtenir. Les petits objets découpés en tôle de fer ou d'acier sont toujours amenés à leur forme par un estampage opéré au moyen de matrices d'acier trempé. (Voyez ESTAMPAGE).

Les ouvrages préparés au découpoir sont ébarbés, puis terminés à la lime et souvent à la meule qui peut agir sur l'acier, même après la trempe. La meule est surtout employée pour les pointes de diamant, et les diverses pièces qui doivent être taillées comme les pierres précieuses pour acquérir le plus de brillant possible.

Il va sans dire que les diverses soudures entre les pièces déjà façonnées, sont obtenues par la brasure. L'opération est la même que dans les divers travaux où on emploie le fer. C'est le laiton qui sert d'intermédiaire.

Les assemblages à rivets qui sont aussi fréquemment employés pour réunir les diverses pièces n'offrent rien de particulier.

Quand l'objet est terminé on le trempe le plus souvent en paquet (VOYEZ TREMPÉ), puisqu'on a désaciéré l'acier ou employé du fer malléable.

On procède enfin au poli afin d'obtenir le brillant qui est la condition essentielle de cette fabrication. Il faut employer pour cela des matières assez dures pour attaquer l'acier et assez fines pour ne le pas rayer. On emploie en général l'émeri et on termine avec le rouge d'Angleterre. Pour toutes les pièces saillantes c'est au moyen de meules de bois et d'étain qu'on fait agir ces substances, par un travail semblable à celui du lapidaire; on agit dans les parties creuses en les frottant avec des brosses rudes enduites d'émeri.

On a remplacé avec assez de succès dans quelques cas le polissage à la main, toujours fort coûteux, par un polissage mécanique semblable à celui employé pour

(1) (Liebig donne le nom d'érécamausie (all. *verwesung*) aux phénomènes de combinaison lente que les matières éprouvent sous l'influence de l'air. A cette classe de décomposition qui sont des combustions lentes appartiennent: la transformation du bois en terreau, la nitrification, etc.)

les aiguilles. On introduit les petits objets à polir dans un cylindre creux mis en mouvement par un moteur quelconque et rempli de poudre d'émeri et de grès, broyés à l'eau et réduits en pâte molle. Par une rotation prolongée et peu rapide de trois ou quatre fois vingt-quatre heures, les objets ont pris un assez beau poli, qu'on termine en les passant après les avoir lavés, dans un autre cylindre renfermant du rouge d'Angleterre.

BIJOUTERIE EN FONTE DE FER. On connaît sous le nom de bijou en fonte de Berlin les bijoux obtenus simplement par le moulage de la fonte de fer. Les procédés employés n'ont rien de particulier, mais il n'est que peu d'habiles fondeurs capables d'obtenir des pièces d'une netteté parfaite et offrant des arêtes de même vivacité que celles du modèle. Le succès dépend d'une infinité de soins et de précautions qu'il est impossible de décrire. Les moules sont faits en sable de Fontenay-aux-Roses, comme tous ceux employés pour le moulage de la fonte à Paris. On y mélange $\frac{1}{2}$ de charbon. Quelques fondeurs établissent leurs moules en terre.

L'épaisseur du métal devant être peu considérable, il faut pour obtenir une grande pureté, chauffer d'avance le moule et surtout couler le métal à une température fort élevée.

La France n'a rien à envier aujourd'hui à l'Angleterre ni même à la Prusse, où cette fabrication a pris naissance et a été portée à un haut degré de perfection. L'art de la fonderie en France a au moins égalé celui d'aucun autre pays, et nos habiles fabricants en connaissent aujourd'hui toutes les ressources. (Voyez Fonderie de fer.)

BIJOUTIER-JOAILLIER (art du). Se divise en deux parties bien distinctes, l'art du *bijoutier en fin* et celui du *bijoutier en faux*. Le premier travaille l'or et l'argent, les pierres précieuses en tout genre; le second emploie le chrysoïde, sorte de laiton, qu'il dore ou argente, les pierres factices, qui se rapprochent par leur éclat, sinon par leur dureté, de celui des pierres précieuses. Cet art, surtout le second, pour lequel la matière première employée est de peu de valeur, mais prend sous les doigts d'habiles artistes les formes les plus gracieuses, est devenu en France la base d'une immense industrie, dans laquelle nous ne reconnaissons pas de rivaux. (Voyez ORFÈVRE.)

Traitant dans des arts spéciaux de la *taille des pierres fines* (voyez LAPIDAIRE) et de la composition des pierres fausses et émaux (voyez VERRE), il nous reste à passer successivement en revue : 1° le métal et les divers alliages employés; 2° les moyens d'obtenir la forme voulue par moulage, laminage, étirage, estampage et gravure; 3° la soudure des parties entre elles; 4° le montage des pierres par sertissement; 5° la coloration au moyen des émaux, des vernis : mise en couleur.

I. Métaux employés.—L'éclat métallique le plus intéressant est la condition première de tout bijou; l'or et l'argent sont donc par excellence les deux métaux employés de toute antiquité pour la fabrication des bijoux, et ils ne peuvent être remplacés qu'autant qu'on parvient, comme dans la fausse bijouterie, à donner à du laiton l'apparence de l'or ou de l'argent, en le recouvrant d'une couche mince de ces derniers métaux. Les dernières lois prescrivent trois titres légaux pour les ouvrages d'or, et deux pour les ouvrages d'argent. Savoir, pour l'or :

1^{er} titre. — 920 millièmes ou 22 karats $\frac{4}{32}$ et $\frac{4}{2}$ (l'unité divisée en 24 karats).

2^e titre. — 840 millièmes ou 20 karats $\frac{5}{32}$ et $\frac{4}{2}$.

3^e titre. — 750 millièmes ou 18 karats.

Pour l'argent :

1^{er} titre. — 950 millièmes.

2^e titre. — 800 millièmes.

La tolérance est de 3 millièmes pour l'or et 5 millièmes pour l'argent.

Le titre des alliages employés, vérifié à la Monnaie par les procédés que nous décrirons au mot ESSAIS, est indiqué sur les objets fabriqués au moyen d'un poinçon particulier à chaque titre.

II. Moyens d'obtenir les formes volumes. — 1^o *Moulage*. Le moulage des objets un peu volumineux est un MOULAGE en sable dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Nous donnerons seulement, d'après M. Boué, à l'ouvrage duquel nous renverrons les personnes qui veulent étudier l'art de la bijouterie dans ses détails, le moulage dans des os de sèche, lequel convient surtout pour les petits objets.

La première partie de l'opération consiste à dresser, par le frottement, sur une pierre bien plane, la partie tendre de l'os; la partie extérieure est formée d'une espèce d'écaïlle brune plus dure. Si les objets qu'on se propose de mouler sont des bas-reliefs, il suffira de les enfoncer dans l'os au moyen d'une pression suffisante. En tournant ensuite l'os sens dessus dessous, le modèle s'en détache par son propre poids. On forme le jet avec un couteau, en ayant soin d'en faire l'ouverture très évasée, afin de faciliter l'introduction de la matière, puis on dessèche l'os au-dessus d'une lampe; on le recouvre ainsi, en outre, d'une légère couche de noir de fumée, qui offre l'avantage de boucher tous les interstices de l'os sans rien enlever à la finesse des empreintes. L'os ainsi préparé est renversé sur une espèce de brique bien plane, faite avec de la terre à creusets, et qui, en raison de son emploi, porte le nom de *contre-os*. Après avoir légèrement chauffé l'os et le *contre-os*, on les réunit à l'aide d'une paire de pincettes, dont on appuie le haut, au moment de la coulée, sur le bord d'une terrine placée dans le foyer où la fonte a lieu, et qui doit être à moitié pleine d'eau, afin que l'on puisse facilement recueillir, sans déchet et sans perte de temps, les jets de matière. Les os de sèche servent encore à couler de petits objets en ronde-bosse quand l'épaisseur de ceux-ci ne dépasse pas le double de celle de la partie molle de l'os, qui est la seule propre à recevoir des empreintes. Pour parvenir à mouler de pareils sujets, il suffit de dresser, comme il a été dit plus haut, deux os de même grandeur, de placer entre eux les modèles que l'on veut reproduire, et de les presser jusqu'à ce qu'ils se touchent. Par l'effet de cette pression le modèle s'incruste dans les deux os, et lorsque ceux-ci sont joints, on perce, à l'aide d'une pointe d'acier, en dehors de l'objet moulé et avant de le retirer, trois ou quatre trous qui traversent les os de part en part, et qui, après l'enlèvement du modèle, servent de points de repère pour réunir, au moyen de chevilles, dans leur première position les deux parties du moule. Cela fait, on sépare les os pour en retirer les modèles; on forme le jet dans les deux parties; on les chauffe modérément, et on les réunit au moyen de chevilles; après quoi, on procède à la coulée comme il a déjà été dit. »

Le moulage est, surtout de nos jours, bien moins employé dans la bijouterie que l'estampage; comme il donne des pièces pleines, il ne peut produire que des bijoux lourds et coûteux.

2^o *Laminage*. — *Étirage*. Les parties des bijoux formées de parties linéaires, de plaques, fils, etc., s'obtiennent au moyen du LAMINOIR ou du BANC À TIRER (voyez ces mots). On appelle *grainé* les plaqués passés à un laminoir à rouleau gravé qui y imprime des grains ou des losanges de formes variées.

3^o *Estampage*. Les métaux employés en bijouterie, jouissant d'une grande malléabilité, prennent avec la plus grande facilité des formes variées, au moyen de l'estampage. Nous renvoyons à l'article ESTAMPAGE la description des procédés employés, ainsi que celle des

résultats merveilleux auxquels on est parvenu pour diminuer les frais considérables qu'entraîne la fabrication des coins et matrices d'acier.

Quant à ce travail analogue à celui de l'estampage, qui se fait à la main, à cette espèce de sculpture au marteau souvent pratiquée par de véritables artistes et qui constitue en grande partie la base de l'orfèvrerie, il ne saurait être décrit à cause de sa simplicité, tout dépendant ici de l'adresse de l'ouvrier qu'il faut voir à l'œuvre pour bien comprendre la manière dont il s'y prend.

3° *Gravure*. La GRAVURE vient souvent orner les faces des bijoux. On a employé de nouveau, dans ces dernières années, avec grand succès sur l'argent, les NIELLES, espèce de gravure chimique.

III. *Soudures des parties entre elles pour les réunir*. — Quand les diverses parties d'un bijou sont amenées à la forme voulue, on les réunit par soudure; en laissant de côté le petit nombre d'assemblages par charnières, agrafes, etc., pour les parties qui doivent pouvoir s'ouvrir et se fermer au besoin, et qui n'offrent rien de particulier.

Les alliages employés pour les soudures, et qui doivent satisfaire aux conditions générales que nous avons établies à l'article ALLIAGES, doivent être faits à des titres déterminés. C'est la cause d'altération la plus grave, des bijoux fins dits bijoux fourrés, que l'on fait par la réunion de pièces au titre et poinçonnées, au moyen de soudures de titre inférieur, qui en augmentent beaucoup le poids.

Les proportions des alliages qui constituent les soudures d'or et d'argent, dit M. Boué, sont indiquées par le nom même que l'on donne à chacune d'elles, puisque ce nom indique la proportion du métal ou des métaux étrangers qui entrent dans la composition du tout. Dans la bijouterie fine on ne fait guère usage que de trois sortes de soudures, soit en or soit en argent. Les soudures d'or sont connues sous le nom de soudures au quart, au tiers, au deux; les soudures d'argent au six, au quart, au tiers.

Soudure de l'or.

Soudure au quart = 3 parties d'or; 4 partie d'alliage.
— au tiers = 2 — 4 —
— au deux = 4 — 4 —

L'alliage est formé de 2/3 d'argent fin, et 1/3 de cuivre, excepté la soudure au deux, dont l'alliage doit être composé moitié argent, moitié cuivre.

Soudure de l'argent.

Soudure au six, — argent 5; cuivre jaune 4.
— au quart, — argent 3; cuivre jaune 4.
— au tiers, — argent 2; cuivre jaune 4.

La soudure doit avoir été fondue plusieurs fois avant d'être employée, afin qu'elle soit bien homogène; on la réduit en lames minces au laminoir, et on la gratte avant d'en faire usage afin d'éviter que des corps étrangers en se fixant à sa surface ne nuisent à sa fusibilité.

Pour souder une pièce, on réunit les parties à souder, au moyen d'un fil de fer, après avoir déposé des paillettes de soudure dans les assemblages. On garnit de borax en poudre toutes les parties à souder; puis, dirigeant sur celle-ci le dard d'un chalumeau, on opère la fusion de la soudure, et par suite l'assemblage des pièces. (Le borax en fondant, prévient toute oxydation, et opère un décapage qui facilite la réunion.) Quand la soudure a coulé, on enlève l'excédant à la lime et on en efface les traces par le polissage.

Quand il doit y avoir plusieurs soudures successives dans une même pièce, il faut avoir soin d'employer pour les premières celles du titre le plus élevé, en employant successivement celles de titres inférieurs, qui, étant plus fusibles que les premières, n'exigeront pas pour leur emploi une température suffisante pour fondre celles-ci.

IV. *Montage des pierres par sertissement*. — Pour monter une pierre on forme ce qu'on appelle un *chaton*, au moyen d'un fil d'argent pour les diamants et pierres blanches, d'or pour toutes les pierres de couleur, auquel on donne le contour de la pierre et qu'on soude à une petite plaque d'argent ou d'or rendue sphérique au moyen d'un poinçon et d'une étampe de cette forme. Cette dernière porte le nom de dé à emboutir.

La pierre entrée dans le chaton y est maintenue par un serrage exercé sur le fil, dont les angles sont rapprochés par pression.

Pour un objet composé, après avoir disposé les pierres dans de la cire, de manière à obtenir la forme désirée, on prend une plaque de métal de largeur convenable sur laquelle on pratique des trous un peu plus petits que les pierres; puis, repliant un peu la matière à l'intérieur des trous on fait entrer la pierre et on finit le serti, soit en formant un chaton pour le soutenir, soit par la simple application d'un fil qui se soude à la plaque.

V. *Mise en couleur*. — Avant d'aviver la couleur propre des bijoux ou d'y appliquer des couleurs étrangères, il faut polir les pièces de manière à faire disparaître tous les traits et empreintes des premières opérations.

On adoucit les surfaces en les frottant avec des pierres poncees d'abord d'un grain assez gros, puis avec un mélange de pierre ponce pulvérisée et d'huile d'olive; enfin avec du tripoli d'une finesse extrême. On emploie aussi souvent le rouge d'Angleterre en poudre très fine, et amené à l'état de pâte avec de l'eau-de-vie ou de l'alcool.

La couleur des bijoux, surtout ceux qui ne sont qu'au titre de 750 millièmes n'est pas celle de l'or pur, et est loin d'en avoir l'éclat. On l'obtient au moyen d'une opération dite *mise en couleur*, qui consiste à les faire passer dans des liquides qui exercent une action corrosive sur les alliages de la surface et laissent à nu une couche d'or fin. On prépare beaucoup de couleurs à bijoux différentes; nous ne citerons que la composition de la suivante :

Sel marin et alun parties égales, nitre 2 parties. On fait bouillir dans une dissolution de ces substances la pièce, après l'avoir fait recuire et dérocher avec soin.

BISMUTH (*angl.* bismuth, *all.* wismuth). Les Grecs et les Romains ne connaissaient pas ce métal; il ne paraît avoir été découvert qu'au moyen âge, dans l'Erzgebirge, chaîne de montagnes qui sépare la Saxe de la Bohême; Agricola est le premier qui en ait fait mention, dans son traité publié en 1546.

Le bismuth a une couleur blanc-gris un peu rougeâtre et une texture extrêmement lamelleuse; il n'a ni saveur ni odeur. Lorsqu'il est parfaitement pur, il jouit d'une certaine ductilité; mais dans l'état où on le trouve dans le commerce, il est cassant, ce qu'il doit à une petite quantité de soufre et d'arsenic qu'il renferme; en le fondant, puis le laissant refroidir et le coulant dès qu'il commence à se solidifier, on en sépare le soufre à l'état de sulfure de bismuth qui s'est solidifié le premier; on achève de le purifier en le fondant avec $\frac{1}{10}$ de son poids de nitre, qui oxyde tout l'arsenic et les métaux étrangers, ainsi qu'une petite quantité de bismuth. Il est très difficile d'en séparer l'argent; à cet effet, il faut le soumettre à la coupellation, pulvériser la coupelle, puis la fondre avec 2 p. de flux noir et 4 p. de borax vitreux, et traiter encore une fois de la même manière le bismuth obtenu. La pesanteur spécifique du bismuth fondu est de 9,83, et peut s'élever à 9,8827 lorsqu'on l'écoule avec précaution sous le marteau. Le bismuth est de tous les métaux connus celui qui cristallise avec la plus grande facilité; lorsqu'on en fond une certaine quantité dans un vase, qu'ensuite on le laisse refroidir aussi longtemps que

possible, puis qu'aussitôt qu'il s'est formé une croûte solide à la surface du bain, on la perce sur le bord avec une tige de fer portée au rouge, et qu'on décaute alors le métal non solidifié, on obtient, à l'intérieur du vase, de magnifiques cristaux cubiques de bismuth, groupés en trémiés, qui offrent souvent les irisations les plus brillantes, résultat d'une oxydation superficielle pendant le refroidissement. Le bismuth fond à 249° C. Il est très volatil, pas assez cependant pour qu'on puisse le distiller. Il se dilate, entre 0 et 400°, de $\frac{1}{710}$, de sa longueur primitive.

Nous avons déjà parlé des propriétés des alliages de bismuth à l'article ALLIAGES, et il est à regretter que le prix élevé de ce métal en rende l'emploi si restreint. L'alliage fusible de Newton, composé de 8 p. de bismuth, 5 p. de plomb et 3 p. d'étain fond à 94° 4/2. L'alliage fusible de Rose, composé de 2 p. de bismuth, 4 p. de plomb et 1 p. d'étain, fond à 93° 3/4. L'alliage composé de 5 p. de bismuth, 3 p. de plomb et 2 p. d'étain, est encore plus fusible; il fond à 91° 2/3. Ce dernier alliage est très employé depuis peu de temps pour obtenir des clichés des gravures sur bois, qui permettent de les reproduire indéfiniment. A cet effet on prend d'abord l'empreinte du bois sur un alliage de plomb et d'antimoine fondu, au moment où il se solidifie et qu'il a encore une mollesse suffisante; on imprime ensuite rapidement cette matrice dans le dernier alliage ci-dessus fondu au moment où il se solidifie. On reproduit ainsi les traits les plus délicats de la gravure sur bois, et on obtient des clichés qui servent à la reproduire à l'infini.

On connaît deux oxydes de bismuth. Le bismuth ne s'altère pas à l'air sec; il se recouvre à l'air humide d'une pellicule d'un brun rougeâtre, que l'on regarde comme un sous-oxyde. Il brûle au rouge avec une flamme bleuâtre, en répandant des vapeurs jaunes d'oxyde. Il se dissout dans l'acide nitrique et l'eau régale, ainsi que dans l'acide sulfurique concentré et bouillant.

L'oxyde de bismuth est jaune et fond au rouge en un verre opaque d'un brun foncé. Il renferme sur 100 parties, 89,87 de bismuth et 10,13 d'oxygène. On le prépare en oxydant à l'air le bismuth fondu, ainsi qu'en calcinant l'hydrate ou le nitrate de bismuth. On obtient l'hydrate en précipitant par l'ammoniaque en excès un sel soluble de bismuth.

Le peroxyde de bismuth est de couleur puce foncée; il est peu stable, et a la plus grande analogie avec l'oxyde puce de plomb. Il se compose de 85,5 de bismuth et de 14,5 d'oxygène, pour 100. On le prépare aisément en faisant bouillir de l'oxyde hydraté avec un chlorite alcalin en dissolution.

L'oxyde de bismuth seul donne des sels; ces sels sont incolores lorsque l'acide l'est également; ils sont très peu solubles; ceux qui sont solubles sont décomposés par l'eau, qui les transforme en sous-sels insolubles et en sels très acides solubles.

En dissolvant le bismuth dans l'acide nitrique et étendant d'une grande quantité d'eau, on obtient un précipité blanc et pulvérulent d'un sous-nitrate tout à fait insoluble, qui porte le nom de *magistère de bismuth*, et qui est employé dans la médecine.

En versant du nitrate de bismuth dans une dissolution très étendue de sel marin, il se précipite un oxychlorure blanc de neige, qui porte le nom de *blanc de fard*, d'après l'usage auquel on l'emploie. Les femmes qui en font un usage habituel pour se farder les joues, courent le risque, lorsque par hasard elles se trouvent dans un endroit où il se dégage de l'hydrogène sulfurique, comme, par exemple, dans les établissements d'eaux minérales sulfureuses, d'en revenir les joues teintes en brun et même en noir, et ces taches ne s'en vont qu'avec la peau au bout d'un temps assez long.

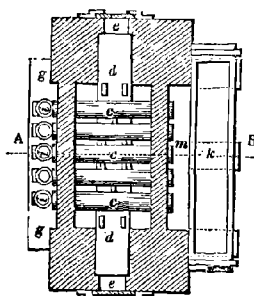
Les deux seuls minerais de bismuth que l'on rencontre en quantité un peu notable sont le bismuth sulfuré et le bismuth natif.

Le *bismuth sulfuré* est d'un gris de plomb éclatant, lamelleux ou rayonné, aigre, tendre et tachant le papier. Il est fusible à la simple flamme d'une bougie.

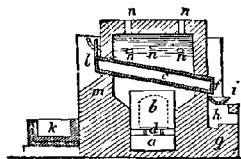
Le *bismuth natif*, plus abondant que le précédent, est en masses lamellaires ou cristallisé en petits cubes. Il fond à la flamme d'une bougie. C'est le seul minerai dont on retire le métal. On ne le rencontre en quantité assez considérable, pour donner lieu à une exploitation, que dans l'Erzgebirge saxon, aux environs de *Schneeberg*. Il est ordinairement associé à des minerais de cobalt qui en renferment moyennement 6 1/2 p. 100.

Le traitement métallurgique est très simple, et consiste à soumettre à la liquation le minerai trié et concassé en morceaux de la grosseur d'une noisette. Le fourneau de liquation employé à *Schneeberg* est représenté fig. 233, 234 et 235.

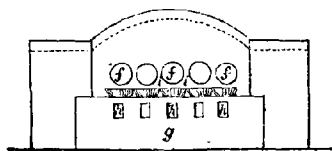
La fig. 233 est le plan du fourneau; la fig. 234 est une coupe verticale suivant AB, fig. 233; et enfin la fig. 235 est une élévation antérieure du fourneau. *a*, est le cendrier; *b*, la chauffe; *c, c, ...* les cinq tubes de liquation; *d*, la grille en briques, sur laquelle on charge le bois qui sert de combustible par les portes *e, e*. Les tubes de liquation sont en fonte; ils ont 1^m.40 de long sur 0^m.28 de diamètre, et sont inclinés de 1/3° environ pour favoriser la séparation du métal; ils sont fermés, à leur



233.



234.



235.

partie antérieure, par une plaque en argile *f*, percée d'un trou par lequel s'écoule le bismuth; *g*, mur antérieur du fourneau percé d'ouvertures *h, h*, correspondantes à chaque cendrier; *i, i, ...* creusets en fonte dans lesquels tombe le métal fondu, et qu'on entretient à une température convenable au moyen de charbons placés dans un petit foyer inférieur; lorsqu'on a recueilli dans les creusets une quantité de bismuth suffisante, on le coule, dans un moule en fonte, en lingots de 49 à 20 kilogr. On charge à la fois dans chaque tube 25 kilogr. de minerai, de manière à le remplir sur la moitié de sa hauteur et les trois quarts de sa longueur; on ferme ensuite les tubes au moyen des plaques de tôle *l, l*, et on pousse le feu que l'on règle au moyen des ouvre-vreaux *n, n, ...*; au bout de 40 minutes, le bismuth commence à couler goutte à goutte dans les creusets *i, i, ...* qui renferment un peu de poussière de charbon, qui sert à réduire l'oxyde qui tend à se former par le contact du métal fondu et de l'air. Lorsque la liquation se ralentit, on remue les matières dans les tubes à l'aide d'une tige en fer, et enfin lorsqu'il ne se sépare plus de

BISTRE.

bismuth, ce qui a ordinairement lieu au bout d'une demi-heure, l'opération est terminée; on retire les résidus (en *all.* *graupen*) avec un râble en fer, on les fait tomber sur le mur incliné *m.*, et de là dans une caisse en bois *k* remplie d'eau, où ils se refroidissent, et on procède à une nouvelle charge. On passe par 24 heures, dans un fourneau comme celui que nous venons de décrire, 3,000 kilog. environ de minerai, et on en retire de 200 à 245 kilog. de bismuth.

Les résidus de ce traitement sont cobaltifères, et servent concurremment avec les autres minerais de cobalt, trop peu riches en bismuth pour être soumis directement à la liqation, à la préparation du verre de cobalt (voyez COBALTE). Dans cette fabrication, le bismuth ne se combine ni avec le smalt ni avec les speiss; il se sépare de ces produits, et par suite de sa plus grande densité, il se trouve mélangé mécaniquement à la partie inférieure des derniers speiss que l'on obtient, d'où on peut le séparer en les concassant et les traitant par liqation dans le fourneau ci-dessus.

Tout le bismuth livré au commerce nous vient de l'Erzgebirge saxon; *Schneeberg* en produit annuellement environ 4,000 kilog.; *Johann-Georgenstadt* et les usines à cobalt de la Saxe, 5 à 600 kilog.; en tout 4,500 à 4,600 kilog. Son prix varie de 3^s,50 à 4^s le kilog.

P. DEBETTE.

BISTRE. Couleur brune qui s'emploie de la même manière que la sépia et l'encre de Chine. On la prépare avec de la suie de bois; celle qui provient du hêtre est la meilleure. Après avoir pulvérisé la suie, on la passe au tamis de soie, ensuite on la lave d'abord à l'eau froide, puis à l'eau chaude, pour dissoudre les sels solubles qu'elle renferme. On retire ensuite de la suie lavée, par lévigation et décantation, une pâte très fine, que l'on mêle avec un peu d'eau gommée et qu'on verse dans des moules où on la laisse sécher. On obtient ainsi du bistre en pains qui sont livrés au commerce. Le bistre ne sert que comme couleur à l'eau, et n'est jamais employé comme couleur à l'huile.

BITUME OU ASPHALTE (*angl.* asphaltum, *all.* asphalt). Substance minérale, noire ou brune, composée de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, comme les corps organiques. Par sa couleur et sa cassure, il a de l'analogie avec de la poix, ce qui lui a quelquefois fait donner le nom de poix minérale. Sa densité est d'environ 1,46. Il fond à la température de l'eau bouillante, s'allume aisément, et brûle avec vivacité en répandant une épaisse fumée. Soumis à la distillation sèche, il donne une huile bitumineuse particulière, très peu d'eau, une petite quantité de gaz combustibles, des traces d'ammoniaque, et laisse environ un tiers de son poids de charbon, qui incinéré donne des cendres contenant de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de l'oxyde de manganèse, et quelquefois un peu de chaux. Selon John, en traitant successivement l'asphalte par divers dissolvants, on peut le séparer en trois éléments distincts. L'eau ne dissout rien; l'alcool anhydre dissout une résine jaune formant les 0,05 du poids de l'asphalte, également soluble dans l'éther. En traitant le résidu insoluble dans l'alcool par l'éther, on dissout une résine brun-noirâtre que forme les 0,70 du poids de l'asphalte, et que l'on peut obtenir en évaporant sa dissolution éthérée; cette résine se dissout aisément dans les huiles volatiles et dans l'huile de pétrole. Le résidu insoluble dans l'éther se dissout aisément dans l'huile de térébenthine et dans celle de pétrole. La potasse caustique dissout une quantité notable d'asphalte; mais le carbonate de potasse n'a pas sur lui d'action sensible.

L'asphalte entre dans la composition des ciments hydrauliques et dans celle des vernis noirs, appelés vernis du Japon, qui servent à couvrir les boîtes à thé, etc... On prépare un vernis pareil, très beau, en dissolvant

BITUME.

12 p. de succin fondu, 2 p. de résine et 2 p. d'asphalte dans 6 p. d'huile siccativ de graine de lin, à laquelle on a ajouté 12 p. d'huile de térébenthine.

Il y a une espèce de bitume qu'on trouve à *Aniches* (département du Nord), qui est noir, très fusible et mou. Il brûle avec flamme. L'alcool, l'éther et l'huile de térébenthine en extraient une substance grasse qui peut être saponifiée avec les alcalis.

Le bitume de *Murindó*, près Choco (Colombie), est noir-brunâtre, mou, à cassure terreuse. Il a une saveur acide, brûle avec une odeur de vanille, et l'on dit qu'il contient une grande quantité d'acide benzoïque. Il paraît être le résultat de la décomposition d'arbres qui contenaient du benjoin.

L'asphalte se rencontre en immense quantité à la surface du *Lac asphaltique*, ou *mer Morte* (Judée), dont les flots le rejettent sur le rivage; c'est de cette localité que vient la plus grande partie du bitume que l'on trouve dans le commerce.

Le gisement d'asphalte le plus remarquable qui existe au monde, est sans contredit la plaine ou le bassin, dit *Lac de poix*, qui en est rempli dans l'île de la *Trinité* (Antilles). Ce bassin, situé sur le point culminant de l'île, exhale une odeur extrêmement forte qui se fait encore sentir à une distance de plus de 46 kilomètres. Au premier aspect on dirait un lac rempli d'eau; mais de plus près, on croit voir une surface de verre. Lorsque, pendant l'été, le soleil vient à darder en plein dessus, cette surface se liquéfie sur quelques centimètres d'épaisseur. Le lac est à peu près circulaire, et à environ 5 kilomètres de tour; sa profondeur n'a pu être déterminée. Il s'y produit assez souvent de larges fissures qui se referment plus tard, ce qui a fait conjecturer qu'il existe une nappe d'eau au-dessous de la couche de bitume. Le sol qui l'environne est composé, jusqu'à une distance assez considérable, de matières scorificées et d'argiles fortement calcinées, et offre des signes non équivoques d'une action ignée. Dans plusieurs parties des bois qui entourent le lac, on rencontre dans le sol des trous et des fissures remplis de bitume liquide sur une profondeur de 5 à 6 centimètres. M. Hatchett, qui a examiné quelques échantillons de bitume de la Trinité, a conclu de cet examen que ce qu'on considérerait jusqu'alors comme du bitume pur, n'était en réalité qu'une pierre poreuse et argileuse très imprégnée de bitume.

Les diverses variétés de bitume appartiennent exclusivement aux terrains secondaires et tertiaires, et ne sont point trouvés parmi les roches primitives, excepté très rarement, remplissant des fissures de formation beaucoup plus récente. On le rencontre généralement dans les couches calcaires argileuses et sablonneuses, ainsi que dans les terrains volcaniques.

Le pétrole est une sorte de bitume liquide que l'on rencontre fréquemment sur les eaux qui surgissent au pied des volcans; la mer en est même couverte en tout temps, près des îles volcaniques du cap Vert. M. Breislack a observé une source de pétrole qui s'élève du fond de la mer, au sud du pied du Vésuve.

La pétrole paraît être en relation intime et constante avec le sel marin; de sorte que presque tous les pays, comme l'Italie, la Transylvanie, la Perse, les environs de Babylone, les environs de la mer Morte, etc., où l'on trouve beaucoup de pétrole, renferment des mines de sel gemme, ou au moins des sources salées.

Le *bitume élastique* est une substance rare, qui ne se trouve guère qu'en Angleterre, près de Castletown (Derbyshire), dans les fissures d'une argile schisteuse.

Depuis quelques années on emploie en France avec le plus grand succès, pour couvrir les toits et les terrasses, faire des trottoirs, enduire les bassins et réservoirs d'eau, un mastic bitumineux que l'on prépare principalement avec les bitumes de *Lobsann* (Bas-Rhin), de *Seys-*

BLANC DE BALEINE.

sel (Ain) et de *Puy-de-la-Poix* (Puy-de-Dôme); souvent même actuellement on remplace le bitume par du goudron minéral obtenu par la distillation de la houille. On trouve dans les localités sus-nommées, près du gisement de bitume proprement dit, un calcaire poreux imprégné de bitume que l'on exploite à part, et que l'on laisse sécher; on le pulvérise ensuite, et on le met dans une grande chaudière en fer, placée sur le feu, dans laquelle on ajoute, lorsque le calcaire est chaud, $\frac{1}{5}$ de son poids de bitume préalablement fondu, puis on brasse le tout ensemble jusqu'à ce que le mélange soit bien intime; on puise alors le mastic bitumineux ainsi préparé, avec une cuillère en tôle, et on le coule dans des moules rectangulaires, formés de pièces mobiles en tôle, s'assemblant à clavettes, et intérieurement recouvertes d'un enduit d'argile destiné à prévenir l'adhérence du mastic. On démonte les moules après le refroidissement, et on retire le mastic en pains rectangulaires qui sont livrés en cet état au commerce, et qui ont ordinairement 0^m,50 de long sur 0^m,33 de large et 0^m,44 d'épaisseur.

Pour employer ce mastic à la confection des trottoirs, on le fond de nouveau et on y ajoute autant de sable que possible, de manière à former une bouillie épaisse que l'on coule par petites portions d'un mètre carré, au plus, de superficie, sur un lit de sable de 4 ou 2 centim. d'épaisseur, encadré provisoirement par des règles en bois dont la hauteur sert à régler l'épaisseur de la couche de bitume; on tamise ensuite par dessus du sable de moyenne grosseur, obtenu en séparant à la claie le plus fin, et on pilonne le tout pendant que le bitume est encore chaud, avec des planchettes carrées armées d'un long manche, qui sert à les manœuvrer. La seule difficulté que présente cette opération, et qui du reste ne demande qu'un peu d'habitude, consiste dans le raccordement successif des diverses coulées. L. P...

BLANC DE BALEINE. Substance grasse qu'on retire d'une matière grasse et fluide renfermée principalement dans la tête de certaines espèces de baleines appartenant au genre *cachalot*, telles que les *physeter macrocephalus*, *tursio*, *microps* et *orthodon*, ainsi que du *dolphinus edentulus*. On filtre cette graisse fluide dans de grands sacs; il passe au travers de l'huile de baleine qui est d'excellente qualité pour l'éclairage et qui, bien purifiée, est d'un emploi très avantageux pour le graissage des machines délicates, telles que les mouvements d'horlogerie, etc., à cause de son extrême fluidité et de son peu d'action sur les métaux. Le résidu qui reste dans les sacs est fortement comprimé à chaud (voyez **BOUTIC STÉARIQUE** et **PRESSE HYDRAULIQUE**), à l'aide d'une presse hydraulique horizontale. On fait digérer ensuite à chaud les gâteaux obtenus, avec une dissolution peu concentrée de potasse, qui décompose les matières animales étrangères et colorantes qui se trouvaient mélangées avec le blanc de baleine, et qui donne lieu à la formation d'écumes savonneuses et noires, qui viennent à la surface du bain et que l'on enlève à l'aide d'une écumoire. On continue cette opération jusqu'à ce que le liquide soit parfaitement limpide, puis on lave à l'eau bouillante et on transvase dans des cristallisoirs, où on obtient, par le refroidissement, ces pains d'une blancheur parfaite que l'on trouve dans le commerce.

Le blanc de baleine ainsi purifié se présente en masses inodores, cristallines et translucides, dont la pesanteur spécifique est de 0,943; il fond à 49° et brûle avec une flamme très éclatante; 400 parties d'alcool ayant une densité de 0,821, en dissolvent 3 parties 1/2; il est encore plus soluble dans l'éther sulfurique. Ainsi obtenu, il renferme encore une faible quantité d'huile de baleine dont on le sépare en le traitant par de l'alcool absolu bouillant; il se dépose par le refroidissement en aiguilles cristallines que l'on exprime entre des feuilles de papier non collé et que l'on traite de même à plusieurs reprises.

BLANC DE ZINC.

On obtient de cette manière du blanc de baleine parfaitement pur, auquel M. Chevreul a donné le nom de *céline*, que l'on peut distiller sans altération dans un courant d'acide carbonique, et qui renferme 5,478 d'oxygène, 84,660 de carbone et 12,882 d'hydrogène.

Le blanc de baleine ne se saponifie que difficilement avec les alcalis, en se transformant en *éthai* et en acides margariques et oléiques. C'est cette propriété qu'il possède de n'être point facilement attaqué par les alcalis, qui sert, comme nous l'avons vu, de base à son épuration.

Le blanc de baleine est, pour certains pays, l'objet d'un commerce important. L'Amérique envoie annuellement, à la pêche du cachalot, 450 navires environ, qui rapportent 435,000 barils d'huile, dont on retire à peu près 750,000 kilogr. de blanc de baleine; cette industrie occupe 4 à 5,000 personnes, et donne lieu à un mouvement de fonds de près de 30 à 35,000,000 de francs; en Angleterre, cette pêche occupe 80 à 90 navires, qui rapportent annuellement 3,500,000 à 4,000,000 kilogr. d'huile, dont on retire 350 à 400,000 kilogr. de blanc de baleine; cette industrie occupe environ 3,000 personnes, et donne lieu à un mouvement de fonds de 16 à 18,000,000 de francs. En France, cette industrie est peu développée; nos baleiniers se bornent à la chasse des baleines proprement dites, et nous sommes obligés de tirer de l'étranger de l'huile de cachalot et même du blanc de baleine tout pressé, pour alimenter nos fabriques de bougies diaphanes. L'importation annuelle de ce produit est d'environ 450,000 kilogr.

BLANC D'ESPAGNE. Argile blanche, très fine, purifiée par lavage, moulée en pains après dépôt et séchée à l'air.

BLANC DE MEUDON. On appelle ainsi de la craie, du carbonate de chaux très pur. On le prépare, pour Paris, à Bougival, en lavant la craie avec soin après un broyage et laissant déposer. On le retire par décantation et on le moule en pains que l'on fait sécher à l'air.

BLANC DE PLOMB ou **CÉRUSE.** Nous décrirons en détail cette fabrication à l'article **CÉRUSE**.

BLANC DE ZINC ET **COULEURS A BASE DE ZINC.** Jusqu'à ces derniers temps la plupart des couleurs employées dans la peinture artistique, la peinture en bâtiments, la fabrication des papiers peints, etc., offraient tant sous le rapport de leur durée que sous celui de leur fabrication et de leur emploi les plus graves inconvénients. Les unes à base de plomb, telles que le blanc d'argent, la céruse, les jaunes de chrome, le minium et la mine-orange, les verts obtenus par un mélange de jaune et de bleu, occasionnent chez les ouvriers des fabriques et parmi les peintres ces terribles maladies connues sous le nom de *maladies saturnines* (vulgairement coliques de plomb, coliques de peinture) qui les déciment d'une manière lente, mais assurée; les autres à base de cuivre et d'arsenic, telles que les verts de gris, de Schéele et de Schweinfurth, sont non moins vénéneuses; enfin, les unes et les autres s'altèrent avec une effrayante rapidité sous l'action des émanations sulfureuses, ammoniacales et autres qui abondent surtout dans l'intérieur des villes et des habitations, ainsi que sous l'influence de la lumière et des agents atmosphériques. En outre, on ne peut habiter immédiatement un appartement peint avec des couleurs à base de plomb, cuivre ou arsenic, ou même tapissé avec des papiers peints, dans la fabrication desquels entrent ces couleurs, sans s'exposer à des maladies ou des empoisonnements, dont on ne sait où chercher l'origine et qui ont malheureusement eu plus d'une fois une déplorable fin.

Déjà à la fin du siècle dernier le célèbre Guyton de Morveau, vivement préoccupé du sort des nombreuses victimes dues à la fabrication et à l'emploi de peintures aussi insalubres qu'altérables, avait préconisé et

patronné le remplacement du blanc de plomb dans la peinture par l'oxyde blanc de zinc, qui lui avait été indiqué par Courtois, manufacturier à Dijon; il fut arrêté, d'un côté, par l'imperfection de ses procédés de fabrication qui, jointe aux prix relativement élevés du zinc à cette époque, ne lui permirent pas de livrer le blanc de zinc au commerce à des prix assez bas pour faire renoncer à l'emploi de la céruse; d'un autre côté, parce qu'il n'était pas initié à l'art de la peinture, et que, ne connaissant pas la routine du métier, il était à chaque instant exposé à faire fausse route dans la pratique, ce qui arrive presque toujours quand la science ne s'associe pas aux praticiens pour appliquer et développer ses découvertes; et enfin par l'absence d'un siccatif non plombueux inaltérable qui vint donner à l'oxyde de zinc le degré de siccité qu'il ne possède pas par lui-même.

En effet, la plupart des couleurs à l'huile exigent, pour sécher, que la substance oléagineuse ait été préparée avec un siccatif; le siccatif généralement employé est de l'oxyde ou de l'acétate de plomb que l'on fait dissoudre à chaud dans de l'huile de lin; or, à quoi servirait d'avoir exclu le plomb des couleurs qui en renferment, s'il devait y rentrer par l'addition du siccatif? La solution ne pouvait être complète qu'autant que l'on aurait découvert un siccatif inaltérable et inoffensif comme les couleurs elles-mêmes destinées à remplacer celles à base de plomb, cuivre et arsenic, bien que le blanc et les couleurs à base de zinc séchent parfaitement par l'addition d'huile lithargirée.

Dans ces derniers temps et dans le but de supprimer l'emploi des huiles siccatives, on a proposé comme un perfectionnement de rendre les couleurs elles-mêmes siccatives, en les mélangeant avant de les livrer au commerce avec un siccatif sec, fabriqué à peu près comme les huiles siccatives ordinaires, avec cette différence qu'au lieu d'huile on se servait de térébenthine ou de résine. Parmi ces siccatifs, les uns à base de plomb présentent l'inconvénient de rendre altérables des couleurs inaltérables par elles-mêmes, et autant vaudrait avoir recours à l'huile lithargirée qui donne absolument les mêmes résultats et plus simplement; les autres à base de peroxydes métalliques, comme les peroxydes de manganèse, de fer, etc., rentrent évidemment dans les brevets dont nous parlerons plus loin.

Depuis Guyton de Morveau la solution des questions importantes que nous venons d'aborder n'avait fait aucun pas, lorsqu'après plusieurs années de laborieuses recherches un peintre en bâtiments, M. Leclaire, parvint à trouver une solution complète de la question :

1° Par l'invention de procédés de fabrication qui lui permirent de livrer du blanc de zinc aux mêmes prix que la céruse;

2° Par la préparation d'une série de couleurs jaunes et vertes, inoffensives et inaltérables, pouvant remplacer avec avantage toutes les couleurs à base de plomb, cuivre et arsenic;

3° Par la découverte d'un siccatif dans lequel il n'en- tre pas de plomb.

Ces diverses découvertes garanties par des brevets sont actuellement exploitées par une société.

En ayant suivi le développement depuis leur origine jusqu'au moment de la formation de la société, je crois devoir prévenir que les nombreux brevets pris depuis lors sur le même objet rentrent tous dans les brevets primitifs et sont susceptibles d'être poursuivis en contrefaçon. Une seule série de procédés de fabrication se trouvait en dehors de ces brevets. Après avoir hésité longtemps, je me suis décidé à m'en assurer la propriété par un brevet. J'indiquerai en quelques mots, dans le courant de cet article, les principes de ces procédés qui me paraissent destinés à compléter la révo-

lution commencée par M. Leclaire, en réduisant notablement, comme me l'ont démontré des essais faits sur une grande échelle, les frais de la fabrication montée par ce dernier et actuellement entre les mains de la Société anonyme du Blanc de Zinc.

De la fabrication et de l'emploi du blanc de zinc. Jus- qu'ici le blanc de zinc ne se prépare guère qu'avec le métal. Les appareils de fabrication employés par M. Le- claire sont analogues soit aux fours servant à la fabri- cation du zinc métallique (voir ZINC), soit aux fours montés pour la fabrication du gaz d'éclairage (voir ÉCLAIRAGE). Lorsque les mouffes ou cornues placées dans ces fours sont arrivées à une température très élevée, on y charge une certaine quantité de zinc en lingots; le métal fond rapidement, distille, et les va- peurs métalliques qui se dégagent par l'orifice des cor- nues y sont brûlées par le moyen d'un courant d'air, déterminé par l'appel d'une cheminée ou d'un ventila- teur placé à l'extrémité des appareils de récolte.

En général, on adopte une disposition spéciale qui permet d'isoler à volonté les cornues les unes des au- tres, afin que le service de chacune d'elles soit complé- tement indépendant, et qu'on puisse charger le métal, enlever les résidus et crasses, et même remplacer les cornues cassées, sans arrêter le travail dans les autres cornues. A cet effet on place devant l'orifice de chaque cornue ou de chaque groupe de cornues une guérite dont le croquis ci-joint (fig. 4) fera comprendre la dis-

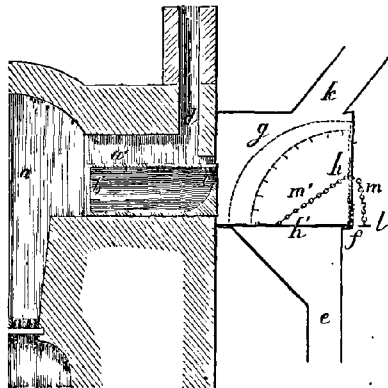


Fig. 4.

position la plus usitée : *a*, four analogue au four silé- sien (voyez ZINC); *a'*, l'une des embrasures de cor- nues; *d*, cheminée de cette embrasure; — lorsqu'il s'échappe des fumées blanches et épaisses par cette cheminée, on est averti que la cornue ou l'une des cor- nues placées dans cette embrasure vient de se casser et qu'il faut immédiatement la remplacer; *b*, *c*, cornue dans laquelle on charge le métal; *g*, guérite placée de- vant l'orifice *c* de la cornue : cette guérite est fermée antérieurement par une porte *l* et son fond est formé également par un tablier *h'f* que l'on peut relever dans la position *h'f*, au moyen de la chaînette *mm'*, sans ouvrir la porte *ll*. Lorsque l'on veut charger la cornue, on enlève le résidu ou la remplacer, on ferme le tablier, en l'amenant dans la position *h'f*, puis on ouvre la porte *ll* et on peut entrer dans la guérite, si ses di- mensions le permettent, ou au moins pénétrer jusqu'à la cornue; l'opération terminée on ferme la porte *ll* et on relève le tablier dans la position *h'f*.

Les vapeurs métalliques sont brûlées à leur arrivée dans la guérite par de l'air qui y est amené par l'appel des chambres de récolte.

BLANC DE ZINC.

Il se manifeste ici un phénomène analogue à celui que l'on observe dans la fabrication du zinc métallique. Dans les usines à zinc, en effet, le métal se condense déjà à l'état liquide avant d'être sorti du massif du fourneau, et se rassemble à la jonction de la cornue et de l'allonge (*fours belges*); ici une partie du métal qui distille se condense également à l'orifice des cornues qu'il finirait par obstruer, si on ne prenait le soin de nettoyer très fréquemment cet orifice, soit à la main, soit à l'aide de grattoirs mécaniques. Les crasses et résidus tombent et se rendent dans la trémie *a* d'où on les enlève de temps à autre.

Le courant d'air chargé de blanc de zinc est conduit par le tuyau *k* dans d'immenses chambres en maçonnerie où le blanc se dépose. Pour diminuer le nombre des chambres nécessaires pour opérer la précipitation du blanc, on y place ordinairement des châssis garnis de toile qu'il faut secouer de temps à autre pour prévenir leur obstruction. Chacune de ces toiles arrête non-seulement une partie des flocons de blanc entraînés par le courant d'air, mais encore elle tend à faciliter le dépôt des particules qui la traversent, en détruisant les effets fâcheux produits par les étranglements qui servent de communication d'une chambre à l'autre. Ce dernier effet, auquel on n'a jusqu'ici attribué aucune importance, peut être obtenu sans toiles et devrait même conduire à disposer celles-ci d'une manière toute différente de ce qui se fait actuellement.

On enlève le blanc déposé dans les chambres de récolte, sans arrêter la fabrication, au moyen de trémies placées à leur partie inférieure.

Nous venons de parler de la fabrication du blanc de zinc au moyen du zinc métallique. Dans certains cas il peut y avoir avantage à le tirer directement des minerais et matières zincifères; il suffit pour cela d'opérer comme s'il s'agissait d'en retirer du zinc métallique (voyez ZINC), à cela près qu'au lieu de condenser les vapeurs métalliques, on les brûlerait par un courant d'air, comme nous l'avons dit plus haut.

Lorsque l'on essaye de fabriquer le blanc de zinc, en laissant le bain métallique directement exposé à la flamme d'un foyer, d'une part, les fumées et les cendres entraînées altèrent la blancheur du produit, en diminuant le prix, et peuvent même le rendre invendable; et, d'autre part, le blanc formé s'accumule en majeure partie dans l'appareil de fabrication, s'oppose en l'obstruant à l'oxydation complète des vapeurs métalliques, et arrête bientôt l'opération. Nous avons rendu ce procédé industriellement applicable en employant des gaz combustibles qui brûlent complètement sans résidus, cendres ou fumées, et qui chassés, ainsi que l'air qui sert à les brûler, par une machine soufflante, font sortir de l'appareil de fabrication la totalité du blanc de zinc qui s'est formé dans son intérieur. Un seul appareil de ce genre, de faibles dimensions, peut suffire à une production considérable et très économique de blanc de zinc.

Dans quelques cas nous avons employé la vapeur d'eau à une haute température pour agir sur le zinc en vapeur ou ses sels; enfin, nous avons également utilisé l'action combinée du chlorure de sodium ou sel marin et de l'air ou de la vapeur d'eau, sur les sulfates et sulfures de zinc, pour obtenir, d'une part, du sulfate de soude, et, de l'autre, de l'oxyde de zinc; dans ce dernier procédé, on peut disposer les appareils de manière à recueillir le chlore ou l'acide hydrochlorique qui se dégage des appareils. Lorsque l'opération est conduite de manière à obtenir un dégagement de chlore, il convient d'utiliser ce gaz pour la fabrication du chlorure de chaux.

Le blanc de zinc à l'état floconneux présente souvent une teinte un peu jaunâtre ou un peu verdâtre suivant la qualité des zincs qui ont servi à le fabriquer.

BLANC DE ZINC.

Ainsi les vieux zincs renferment toujours de la soudure, et beaucoup de zincs du commerce proviennent de minerais cadmifères, et par suite le blanc obtenu peut renfermer quelques traces d'oxydes métalliques colorés tels que l'oxyde de fer et surtout l'oxyde de cadmium; du reste cette proportion est tellement faible que le mélange avec un corps liquide la fait disparaître; ainsi tel échantillon très sensiblement coloré, mouillé avec de l'eau pure, puis moulé en pain et séché, n'offre plus la moindre teinte.

Eu résumé, on trouve actuellement dans le commerce deux qualités de blanc de zinc; l'une dite *blanc de neige*, préparée avec les zincs les plus purs, remplace le *blanc d'argent*; l'autre dite *blanc de zinc* remplace les céruses de première qualité.

Nous avons déjà dit que le blanc de zinc et les couleurs qui en dérivent s'emploient à l'huile pure et mélangée d'essence, à la colle, au vernis à l'esprit de vin, au vernis à l'essence et au vernis gras, etc., soit pour la peinture artistique, soit dans la peinture en bâtiments. On s'en sert également :

Dans la fabrication des papiers peints;

En parfumerie, pour préparer un blanc de fard coloré par du carmin, tout à fait inoffensif et qui au moins n'expose pas au ridicule les personnes qui, en faisant usage, vont visiter des établissements d'eaux minérales sulfureuses;

Pour préparer soit seul, soit mélangé avec un peu de gris de zinc, le mastic dont on se sert pour faire les joints des chaudières et machines à vapeur;

Pour la fabrication des papiers lissés et des cartes dites *de porcelaine*, préparées autrefois au blanc de plomb; il est vrai que l'on a déjà remplacé le blanc de plomb par le carbonate de baryte qui n'offre pas les mêmes inconvénients; mais ce dernier foisonnant beaucoup moins que le blanc de zinc, celui-ci est encore d'un emploi plus économique.

Enfin tout le monde a pu admirer à la dernière exposition les magnifiques cristaux à base de zinc fabriqués à la cristallerie de Clichy. Si ces essais ne sont pas encore passés à l'état de fabrication courante, cela ne tient qu'au prix encore relativement trop élevé du blanc de zinc, et si, comme me l'a affirmé M. Maës, l'habile directeur de cette cristallerie, les qualités inférieures de blanc de zinc, que l'on peut avoir au prix de 55 francs les 100 kilogrammes, lui donnent encore de plus beaux cristaux que le minium, ce que la pureté relative des deux oxydes vient confirmer, nul doute que, dans un avenir très prochain, la fabrication des cristaux n'offre un immense débouché aux fabriques de blanc de zinc.

Il est à remarquer ici que l'oxyde de zinc étant infusible se combine avec beaucoup de difficulté avec la silice et qu'il fournit un silicate très peu fusible; pour obtenir un cristal assez fusible pour être travaillé, on est obligé d'ajouter une certaine proportion d'acide borique, qui facilite en même temps la combinaison; le cristal obtenu est alors non plus un silicate, mais un boro-silicate, et est beaucoup plus dur et plus brillant que les cristaux à base de plomb.

Avant de quitter le blanc de zinc, nous croyons utile de donner quelques indications sur la manière de l'employer dans la peinture à l'huile en bâtiments. La peinture prête à être employée se prépare ordinairement avec parties égales en poids de blanc de zinc d'une part, et d'un mélange d'huile de lin ou d'huile blanche, d'essence et de siccatif d'autre part; toutefois, lorsque la surface à recouvrir est très absorbante, comme le plâtre neuf, on augmente la proportion du mélange oléagineux jusqu'à arriver dans le cas précité à obtenir quatre kilogrammes de peinture avec un kilogramme de blanc de zinc.

La proportion d'essence qui, dans les premières cou-

chez, est portée jusqu'à la moitié du mélange, n'est plus admise que pour un quart dans les dernières, sauf dans les peintures sur bois où elle va au contraire en augmentant jusqu'à en former à la fin les deux tiers.

La proportion de siccatif à employer est toujours plus forte pour les premières couches, moindre en été qu'en hiver, plus faible avec les huiles anciennes qu'avec celles nouvellement fabriquées et dépasse rarement 5 à 6 p. 100 du poids de l'huile employée.

En général le blanc de zinc se délaye très facilement dans le mélange d'huile et d'essence; cependant quelquefois au lieu de le délayer à l'état sec, on le réduit préalablement en pâte ferme en y incorporant 25 p. 400 environ d'huile soit au rouleau, soit au moyen de machines analogues à celles employées pour broyer les couleurs (voyez *BROYAGE*).

On a prétendu et beaucoup de personnes croient encore que le blanc de zinc couvre moins que la céruse: c'est un fait inexact; toutefois il est à remarquer que le blanc de zinc couvre d'une manière très différente suivant la manière dont il a été préparé. Ainsi le blanc de zinc floconneux dit *blanc de trémie*, qu'il ait ou non été pressé à sec, se délaye facilement dans l'huile sans broyage préalable, et en revanche couvre moins que toutes les autres variétés de blanc de zinc. Le blanc de zinc lavé, ou le blanc obtenu en mouillant le blanc de trémie, le moulant en pains et le faisant sécher à l'étuve, est plus long à broyer, mais aussi couvre beaucoup mieux. En outre le mouillage fait disparaître la teinte jaunâtre ou verdâtre du blanc ordinaire, et lui donne l'aspect mat des pains de céruse. Ce mode de livraison au commerce avait donc, outre l'avantage de fournir un produit couvrant mieux, celui de ne pas changer les habitudes reçues; c'était là un point capital, et nous regrettons que la Société du Blanc de Zinc ait suivi une voie toute contraire.

Enfin, le blanc de zinc fortement calciné couvre encore plus que le blanc lavé; mais cette calcination ne peut se faire économiquement que dans les appareils que nous avons brevetés, où elle est facultative selon les exigences de la fabrication. Par contre, son broyage est aussi plus long.

En résumé, on peut, soit par l'action de l'eau, soit par celle de la chaleur, condenser le blanc de zinc, de manière à augmenter très notablement la faculté qu'il a de couvrir et à obtenir par exemple à deux couches, avec le blanc ainsi préparé, les mêmes résultats qui exigent trois couches avec le blanc de trémie.

Gris de zinc. La couleur connue sous le nom de gris de zinc ne fait point l'objet d'une fabrication spéciale; ce n'est autre chose que le zinc imparfaitement oxydé qui se dépose à l'état pulvérulent dans les allonges des cornues des usines à zinc. On pourrait la fabriquer directement; mais l'emploi de cette couleur est un erreur dont on reviendra en peinture, vu que l'on peut obtenir un produit similaire couvrant beaucoup plus, bien plus économique à l'emploi, quoique paraissant un peu plus coûteux, et de qualité bien supérieure, par des mélanges de blanc de zinc et de noir de fumée ou d'autres couleurs. Tout au plus convient-il de l'employer comme peinture galvanique pour préserver le fer et la fonte de la rouille, et encore cette supériorité ne nous paraît pas démontrée.

Jaunes de zinc. En prenant une solution de bi-chromate de potasse et la faisant bouillir avec 50 p. 400 environ de son poids d'oxyde de zinc, le sel acide se décompose; on obtient un précipité d'un chromate de zinc d'une couleur bouton d'or et il reste dans la dissolution du chromate de potasse, lequel, à son tour, mélangé, après décantation, avec du sulfate de zinc, donne un précipité un nouveau chromate de zinc, nuance citron.

Avec les jaunes ci-dessus, le blanc de zinc et le sulfure rouge-orangé d'antimoine préparé par voie humide, on prépare par des mélanges convenables toutes les nuances désirables de jaune.

Verts de zinc. Les verts de zinc sont de deux espèces: les uns s'obtiennent par un mélange mécanique des jaunes à base de zinc précités et de bleu de Prusse; les autres sont obtenus par la combinaison par voie sèche des oxydes de zinc et de cobalt. La teinte varie suivant la proportion de l'oxyde de cobalt. Pour que la teinte du composé soit bien uniforme, il faut que le mélange préalable à la calcination soit bien complet, et à cet effet que l'un au moins des deux oxydes métalliques soit à l'état de sel soluble. Ordinairement on le fait en délayant l'oxyde de zinc dans une solution de sulfate de cobalt.

Siccatif non plombé. Le siccatif se prépare en faisant cuire pendant quatre à huit heures ensemble de l'huile de lin, déjà épurée et cuite, avec 5 p. 400 de son poids de peroxyde de manganèse du commerce concassé, en ayant soin d'agiter le mélange; on suspend ensuite le feu, on laisse refroidir et on tire au clair. Cette huile, mêlée dans la proportion de 3 à 5 p. 400 dans les couleurs à base de zinc ou autres non siccatives par elles-mêmes, les fait parfaitement sécher. Il est à remarquer que le manganèse, qui est resté à l'air après avoir servi, a une propriété siccative beaucoup plus prononcée que le manganèse neuf, de sorte que la con sommation en est très peu considérable.

On peut solidifier ce siccatif mauganésé en le saponifiant incomplètement avec de la chaux, procédé du reste également breveté par M. Leclair.

P. DEBETTE.

BLANCHIMENT (*angl.* bleaching, *all.* bleichen). Le blanchiment consiste à enlever aux diverses matières textiles, telles que le COTON, le CHANVRE, le LIN, la LAINE et la SOIE, brutes ou tissées, les substances étrangères qui les colorent ou qui pourraient avoir une influence préjudiciable dans les opérations ultérieures qu'on leur fait subir. Les substances textiles sont d'origine végétale ou d'origine animale; ces dernières ont beaucoup plus d'affinité que les premières pour les matières colorantes, aussi leur blanchiment offre-t-il beaucoup plus de difficultés; en outre, quelle que soit la matière à blanchir, la série des manipulations qu'on lui fait subir, varie avec sa destination ultérieure tout comme avec sa nature; aussi diviserons-nous cet article en autant de paragraphes qu'il y a de matières textiles différentes, et dans chacun de ces paragraphes nous les considérerons successivement eu égard à leur élaboration ultérieure. Avant d'entrer dans ces détails il est convenable de dire quelques mots sur le blanchiment en général. Parlons d'abord des tissus d'origine végétale. Le procédé de blanchiment le plus ancien consiste à étendre les tissus sur un pré, exposé au soleil, et dont l'herbe soit assez longue pour que l'air puisse circuler librement sur les deux faces des tissus que l'on a soin d'arroser de temps en temps de manière à les tenir constamment humides. Sous l'action simultanée de l'air humide et des rayons solaires, la matière colorante qui imprégnait le tissu absorbe une partie de l'oxygène de l'air, et se change en une résine que l'on dissout en faisant digérer le tissu dans une dissolution alcaline bouillante et très étendue. On parvient ainsi par plusieurs expositions sur le pré, alternant avec autant de lessives alcalines à blanchir suffisamment le tissu. On peut remplacer avec avantage, sous le rapport de la durée de l'opération, l'exposition sur le pré par l'action du CHLORE en dissolution très étendue, soit à l'état libre soit à l'état de CHLORURE DE CHAUX. Le chlore agit comme un oxydant très énergique, et on doit l'employer avec beaucoup de précaution, car en excès ou trop concentré, il finirait par attaquer le tissu lui-même. Les tissus d'o

rigine animale sont imprégnées de matières grasses (laine) ou créreuses (soie) et colorantes, que l'on enlève en les faisant digérer, à plusieurs reprises, à une température plus ou moins élevée, avec des dissolutions alcalines qui les saponifient, et lavant à chaque fois à grande eau. On achève de blanchir complètement les tissus d'origine végétale ou animale en les souffrant, opération qui consiste à les exposer à l'action de l'acide sulfureux, qui détruit le peu de matières colorantes qui peuvent être restées dans le tissu, mais ce dernier s'imprègne toujours, dans cette opération, d'une certaine quantité d'acide sulfureux ou sulfurique que l'on ne peut enlever entièrement par le lavage, et qui empêche que dans la plupart des cas on puisse teindre les tissus souffrés; aussi ne soufre-t-on guère que les tissus qui ne doivent pas passer à la teinture, et dont la blancheur est une des principales qualités.

BLANCHIMENT DES TISSUS DE COTON. Les étoffes de coton, en sortant des ateliers de tissage sont imprégnées :

1° D'une matière résineuse inhérente aux filaments du coton ;

2° De la matière colorante propre à ce végétal ;

3° Du *parement* ou *parou* du tissand ;

4° D'une matière grasse ;

5° D'un savon cuivreux ;

6° De saletés provenant des mains des ouvriers.

7° D'oxyde de fer, de quelques substances terreuses et de poussières.

La matière résineuse est soluble dans l'alcool, les dissolutions alcalines et acides, et même dans une grande quantité d'eau bouillante. Autrefois on commençait toujours le blanchiment en enlevant cette matière par une lessive alcaline; ce procédé est aujourd'hui presque entièrement abandonné.

La matière colorante est peu ou point soluble dans les alcalis, mais elle le devient complètement après avoir été exposée pendant un certain temps sur le pré à l'action simultanée de l'air humide et des rayons solaires, ou après avoir été soumise à l'action d'une dissolution de chlore.

Le *parement* ou *parou* est composé de matières farineuses, qu'on laisse ordinairement fermenter avant de les employer; il peut renfermer de la colle, de l'amidon et du gluten; ce dernier est très soluble dans l'eau de chanx. Lorsque le *parou* s'est desséché, le tissand assouplit quelquefois les fils de la chaîne en les frottant avec une graisse quelconque à bas prix. L'étoffe qui n'a pas été d'abord complètement débarrassée de cette matière grasse, ne s'imbibé pas complètement d'eau dans les opérations subséquentes du blanchiment, et plus tard, il en résulte, lors de la teinture, des taches qu'il est presque impossible de faire disparaître. Chaque acide agit d'une manière différente sur les matières grasses, ce qui donne lieu à des anomalies remarquables dans l'opération du blanchiment. Ainsi, les huiles ne donnent lieu, avec les acides acétique et hydrochlorique ou le chlore en dissolution, à aucun dégagement gazeux, comme c'est le cas avec les acides sulfurique et nitrique, mais elles se transforment en un composé insoluble même dans une dissolution concentrée et bouillante de soude caustique. D'un autre côté, par l'exposition à l'air, pendant un temps suffisant, les matières huileuses s'emparent d'une partie de l'oxygène qu'il renferme, deviennent facilement saponifiables, et par suite très solubles dans les alcalis.

Lorsque la graisse employée par le tissand pour assouplir les fils de la chaîne, reste seulement en contact pendant l'espace d'une nuit avec les dents en cuivre du peigne, il se forme une sorte de savon cuivreux, dont il est quelquefois très difficile de débarrasser le tissu. Il est insoluble dans l'eau de chaux; mais l'acide sulfurique très étendu, dissout l'oxyde de cuivre, et met

en liberté les acides gras que l'on peut ensuite enlever aisément par une lessive alcaline.

Lorsque l'on fait bouillir un tissu imprégné de graisse avec de l'eau de chaux, il se forme un savon calcaire, soluble dans un grand excès d'eau de chaux, et beaucoup plus dans une dissolution de soude caustique. Mais l'expérience semble avoir fait voir, du moins selon le docteur Ure, que toutes les matières grasses ou huileuses cessent d'être solubles dans les lessives alcalines, lorsqu'il s'est écoulé un espace de temps assez considérable depuis leur application sur les tissus, ou lorsqu'elles ont été en contact prolongé avec les acides acétique, carbonique et hydrochlorique.

Les saletés qui proviennent des mains des ouvriers s'enlèvent aisément par un lavage à l'eau bouillante. Il en est de même des matières ferrugineuses et des poussières qui s'attachent aux tissus.

Cela posé, nous pouvons passer à la description des manipulations successives que l'on fait subir aux tissus de coton pour les blanchir.

1° On commence par faire digérer les tissus dans de l'eau bouillante, afin d'enlever toutes les substances solubles dans ce liquide.

2° On lave ensuite le tissu dans la *roue à laver* (*angl. wash-wheel*), dont nous donnerons la description dans le courant de cet article. Ce lavage est d'une grande importance pour la réussite des opérations subséquentes du blanchiment et doit être répété à plusieurs reprises; d'autant plus qu'en hiver, lorsque l'eau de la roue à laver est froide, le blanchiment devient plus long et plus difficile.

Dans ces deux premières opérations, les tissus de coton perdent environ 40 p. 400 de leur poids, tandis que dans le reste du blanchiment, ils n'en perdent en tout que 0,4 p. 400.

3° Au sortir de la roue à laver on fait bouillir les calicots avec un lait de chaux qui dissout le *parou*, et forme avec les matières grasses un savon calcaire qui reste pour la plus grande partie fixé au tissu. Autrefois on se débarrassait du *parou* par une véritable fermentation, mais ce procédé, qui est encore suivi dans nombre d'établissements, présente beaucoup d'inconvénients; d'une part, la fermentation peut altérer les tissus, surtout si on les a empilés en tas un peu considérable sans les avoir préalablement lavés, et de l'autre, les matières grasses et les savons insolubles qui salissent par places les tissus deviennent très difficilement solubles dans les alcalis caustiques et donnent lieu à des taches presque indélébiles; effet dû, suivant le docteur Ure, à la réaction sur ces matières, des acides acétique et carbonique qui se dégagent durant la fermentation; aussi, est-ce avec raison que plusieurs praticiens expérimentés ajoutent, dans les cuves à fermenter, une petite quantité de lessive alcaline, dans le but de neutraliser les acides ci-dessus. Si ce n'était la présence des matières grasses, la fermentation, conduite avec soin, pourrait être un excellent moyen d'enlever le *parou*, et on peut l'employer, par conséquent, pour les tissus faits à la mécanique, qui ne sont pas salis par des matières grasses ou huileuses.

4° Le *parou* enlevé, on traite, à plusieurs reprises, les tissus par une lessive de soude caustique, qui dissout les savons calcaires et cuivreux, ainsi qu'une portion de la matière colorante qui s'est résiniée dans les opérations précédentes.

5° On expose ensuite les tissus sur le pré, ou bien on les traite par une dissolution de chlorure de chaux, que l'on maintient tiède, en y faisant arriver un courant de vapeur. Lorsqu'ils sont restés un temps suffisant dans ce bain, on les en retire, et après les avoir égouttés on les jette dans une cuve voisine remplie d'acide sulfurique ou hydrochlorique; il se forme du sulfate de chaux ou du chlorure de calcium, et il se dégage du

BLANCHIMENT.

chlore libre qui réagit sur les matières colorantes du tissu ; on a ainsi l'avantage de ne pas employer un excès de chlore qui pourrait attaquer le tissu lui-même et d'en économiser la quantité, qui se trouve réduite à celle strictement nécessaire, à tel point qu'il ne se dégage pas de la cuve d'acide une quantité de chlore sensible à l'odorat.

6° On traite de nouveau les tissus par une lessive alcaline, afin de dissoudre la portion de la matière colorante qui a été résiniée par l'action du chlore, ou par celle de l'air et des rayons solaires sur le pré. Il va sans dire que les opérations 5 et 6 doivent être répétées à plusieurs reprises pour enlever complètement la matière colorante, d'autant plus, que l'on courrait risque d'altérer les tissus, en les soumettant à l'action d'un excès de chlore, si on voulait détruire en une seule fois leur matière colorante.

7° Enfin, on donne le dernier degré de blancheur au tissu, dans de l'acide sulfurique tiède et très étendu, qui dissout les matières ferrugineuses ou calcaires, accidentellement restées sur le tissu ; on doit ensuite le laver aussitôt après, avec le plus grand soin, dans l'eau courante ou dans la roue à laver, car si on le laissait sécher au sortir du bain acide, celui-ci en se concentrant altérerait infailliblement le tissu ; la même chose pourrait arriver si on laissait le tissu non lavé et imprégné de la dissolution acide exposé à la gelée, par suite de la concentration qui en résulterait.

Lorsque les tissus doivent passer à la teinture on peut terminer, sans aucun inconvénient, le blanchiment par une lessive alcaline, quoiqu'ils retiennent à la suite de cette opération une teinte jaunâtre ; mais lorsque ces tissus doivent seulement subir l'apprêt, on doit terminer en les passant dans un bain de chlore, afin de rendre leur blancheur aussi parfaite que possible ; l'immersion dans l'acide sulfurique très étendu produit à peu près le même effet.

Il résulte de ce que nous venons de dire, que pour blanchir des tissus sans taches graisseuses, comme c'est généralement le cas des meilleures espèces de mouselines, ou même des tissus imprégnés de matières grasses, destinés seulement à recevoir l'apprêt, il suffira de les soumettre à la série des manipulations suivantes :

1° Digestion dans l'eau bouillante.

2° Lavage à la roue à laver.

3° Exposition sur le pré, ou immersion dans un bain de chlore.

5° Lessivage au lait de chaux. (Ces deux dernières opérations se répètent alternativement plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que toute la matière colorante soit enlevée).

6° Traitement par l'acide sulfurique étendu, suivi d'un lavage à grande eau.

Le blanchiment des tissus qui ne sont pas exposés sur le pré, et qui ne sont pas séchés entre deux opérations, peut être terminé dans l'espace d'une couple de jours, et on économise la dépense que cause l'emploi des lessives de soude ou de potasse.

Des expériences très soignées ont fait voir : 1° que, sous la pression atmosphérique, une ébullition continue de deux heures avec un lait de chaux, n'altère aucunement les tissus, pourvu qu'ils demeurent constamment recouverts d'une couche de liquide en ébullition, et qu'on les lave immédiatement après à grande eau ; 2° que les tissus n'éprouvent aucune altération par la digestion dans de l'eau pure, bouillante, sous une pression de 40 atmosphères ; 3° que l'on peut faire digérer les tissus sous une pression de 40 atmosphères, sans les altérer, dans une lessive bouillante de soude caustique dont la densité primitive serait de 1,015, jusqu'à ce que la vaporisation de l'eau ait amené cette lessive à un état de concentration double ; 4° que, sous la pression atmo-

BLANCHIMENT.

sphérique, les tissus ne s'altèrent pas, par l'ébullition avec une lessive de soude ayant une densité de 1,070 ; 5° qu'il en est de même par une immersion de 8 heures dans un bain de chlorure de chaux, susceptible de décolorer le triple de son volume de la solution d'essai d'indigo (voyez *СНЛОРОМЕТРИЕ*), et le traitement subséquent des tissus par un bain acide d'une densité de 1,067 ; enfin 6° que les tissus ne s'altèrent pas lorsqu'on les laisse digérer, pendant l'espace de 8 heures, dans de l'acide sulfurique ou hydrochlorique étendu d'eau d'une densité de 1,035 et dégourdi.

Dans nombre de bons établissements, on pratique ainsi : 1° enlèvement du parou ou parement par une digestion de 42 heures dans l'eau froide, suivie d'un lavage à la roue à laver ; 2° ébullition avec un lait de chaux de force convenable, ou mieux, deux ébullitions très courtes avec le lait de chaux, avec lavage à l'eau intermédiaire ; 3° et 4° deux ébullitions successives, de 40 à 42 heures, avec une lessive de soude renfermant 4^e de carbonate de soude cristallisé par 56^e de tissus à traiter ; 5° exposition de 7 à 8 jours sur le pré, ou immersion, d'abord dans un bain de chlorure de chaux, puis dans de l'acide sulfurique étendu, comme il est décrit plus haut ; 6° traitement par une lessive alcaline caustique, renfermant autant et même moins de soude que les lessives 3 et 4 ; 7° exposition sur le pré, ou immersion dans un bain de chlorure de chaux, puis dans l'acide sulfurique étendu, comme le n° 5 ; 8° lessive de soude caustique, comme le n° 6 ; 9° immersion dans un bain de chlorure de chaux, puis dans l'acide sulfurique étendu ; 10° rinçage dans de l'eau chaude, ou lavage à la roue à laver.

Lorsque le nombre des cuves à chauffer à la fois dépasse 4 ou 5, il y a économie dans le chauffage par un courant de vapeur ; lorsqu'il est moindre, il est plus économique d'appliquer directement le feu sous les chaudières dans lesquelles s'opère le lessivage ou le rebouillage. L'emploi de la vapeur diminue le danger que l'on court, dans le chauffage à feu nu, d'attaquer les tissus ; mais d'un autre côté, la vapeur en se condensant, étend les dissolutions que l'on emploie, et qui deviennent alors incapables de servir au blanchiment d'une nouvelle quantité de tissus, tandis qu'au contraire ces dissolutions se concentrent par l'application directe du feu sous les chaudières ; toutefois, il est à remarquer que cette dilution n'offre aucun inconvénient dans le cas du lait de chaux. Lorsque celui-ci contient trop de chaux, ainsi que lorsqu'on le verse bouillant sur les tissus, on court risque de les endommager ; aussi est-il préférable de l'introduire, par le bas, dans la cuve à lessiver. Pour une raison analogue, il faut avoir soin, à la suite d'une lessive de soude caustique, si les tissus ne peuvent être portés immédiatement à la roue à laver, de les transvaser dans une cuve remplie d'eau qui les recouvre complètement.

Lorsque le bain de chlorure de chaux est trop concentré, il se forme quelquefois dans le calicot, principalement sur les bords ou les parties les plus épaisses de la pièce, de petits trous ronds très nets, analogues à ceux qu'y produiraient des gouttes d'acide sulfurique concentré. Cela tient à ce qu'il se dégage de la dissolution concentrée de chlorure de chaux, par la moindre élévation de température ou par toute autre cause, des bulles de chlore gazeux qui s'attachent aux parois des tissus, et y restent fixées pendant un espace de temps suffisant pour corroder et détruire les parties avec lesquelles elles se trouvent en contact ; ce sont évidemment les parties les plus compactes du tissu, qui retiennent les bulles gazeuses avec le plus de force, et empêchent le plus longtemps sa dissolution dans la masse liquide. On prévient cet accident en employant des dissolutions de chlorure de chaux plus étendues, et en y agitant fréquemment les tissus.

BLANCHIMENT.

Lorsque les matières grasses qui imprégnent le tissu n'ont pas été complètement enlevées dans les premières opérations du blanchiment, elles restent comme nous l'avons dit, et se reconnaissent dans les étoffes blanches, parce qu'il en résulte des parties qui n'absorbent pas l'humidité atmosphérique comme le reste, ce qui détruit l'uniformité de la teinte, et surtout lors de la teinture, parce qu'il se forme des taches plus fortement colorées que le reste de la pièce, par suite de l'affinité qui existe entre les matières grasses et les matières colorantes. Aussi devrait-on défendre aux tisserands d'employer de la graisse pour assouplir les fils de leur chaîne, et le cas échéant, nettoyer les tissus aussi promptement que possible, et avant de les mettre en magasin, pour prévenir l'altération, par le contact prolongé de l'air, des matières grasses, dont il devient alors impossible de se débarrasser complètement. Il est aussi très essentiel que la graisse soit entièrement enlevée avant de traiter le tissu par le chlore. Les blanchisseurs ne devraient également jamais garantir les tissus qu'ils livrent à l'impression avant de s'être assuré sur quelques pièces, en les humectant avec de l'eau, qu'elles ne renferment aucune tache graisseuse.

Nous terminerons cette analyse générale des principes du blanchiment, en indiquant quelques règles à suivre, résultats de l'expérience : pour les tissus imprégnés de matières grasses, il convient d'éviter l'emploi du lait de chaux pour une première lessive; on les traite d'abord par une ou plusieurs lessives de soude, vient ensuite le lait de chaux, et enfin on termine par une ou deux lessives de soude. On ne doit, dans ce cas, employer l'immersion dans le chlorure de chaux, qu'à la fin du blanchissage; on fera digérer le tissu après chaque lessive, dans un bain d'acide sulfurique, pour décomposer les savons insolubles formés, et rendre les acides gras qu'ils renferment, solubles dans les lessives de soude subséquentes.

Il nous reste maintenant à entrer dans quelques détails sur la conduite des opérations et la nature des appareils employés.

La première chose que doit faire le blanchisseur est de marquer les tissus qu'il reçoit, aux initiales de leur propriétaire, avec du goudron, si ce sont des tissus de coton, et avec du nitrate d'argent, s'il s'agit de toiles de lin.

Les tissus de coton destinés à l'impression sont généralement flambés, avant d'être envoyés au blanchisseur, pour enlever les filaments qui recouvrent leur surface, et qui rendraient impossible une impression nette et délicate; cette opération, dont nous donnerons les détails au mot GRILLAGE DES TISSUS, s'exécute en les passant avec une grande rapidité sur un demi-cylindre en fonte porté au rouge, ou d'après l'ingénieur procédé de M. Hall, au-dessus d'un courant de gaz enflammés. On plie et on enroule ensuite l'étoffe, suivant sa longueur, de manière à en former un paquet que l'on lie avec une corde, que l'on met tremper dans une cuve pleine d'eau, et qu'on porte ensuite à la roue à laver. Après le lavage, on porte le tissu dans la caisse à lessiver, où on le traite par un lait de chaux; lorsqu'on emploie la vapeur pour chauffer la lessive, on se sert d'une cuve analogue à celle que nous décrirons plus loin, et qui n'en diffère qu'en ce que la chaudière inférieure de celle-ci est remplacée par un fond en tôle, au milieu duquel la vapeur arrive par un grand nombre de petites ouvertures et se répand dans le liquide à échauffer. Le lait de chaux se prépare en prenant 1 kilogr. de chaux par 30 à 40 kilogr. de tissus à lessiver, le délayant dans un peu d'eau, passant dans un tamis très fin, le diluant avec une quantité d'eau suffisante, puis l'ajoutant alternativement avec les tissus dans la cuve à lessiver; on achève ensuite de remplir celle-ci avec de l'eau, et on introduit la vapeur qui amène bientôt le liquide à l'é-

BLANCHIMENT.

bullition. Aussitôt après cette lessive à la chaux, on doit laver les tissus dans la roue à laver.

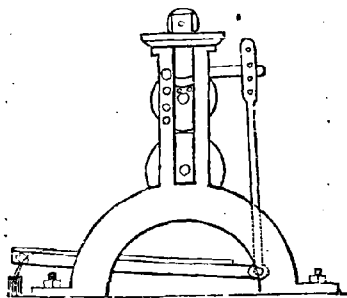
Pour ce qui concerne le blanchiment au chlore, on emploie $1/2$ kilogr. de bon chlorure de chaux par kil. de tissu à blanchir, et on le dissout dans environ 30 litres d'eau.

Le procédé de Berthollet, pour reconnaître la teneur en chlorure du chlorure de chaux, au moyen d'une dissolution d'indigo, est peu exact, par suite de la facilité avec laquelle s'altère la dissolution titrée d'indigo, qui est du reste difficile à préparer. Nous donnerons le procédé de dosage par une dissolution d'acide arsénieux, dû à M. Gay-Lussac, à l'article CHLOROMÉTRIE. Un procédé facile à exécuter, dû au docteur Dalton, et perfectionné par M. Crum, blanchisseur renommé de Thorniebank, près Glasgow, consiste à dissoudre un poids constant de protosulfate de fer (*vitriol vert*) cristallisé dans de l'eau chaude, et à y ajouter la dissolution de chlorure de chaux, par petites quantités à la fois, jusqu'à ce que le fer soit entièrement peroxydé, ce qu'on reconnaît à la décoloration complète de la liqueur et au dégagement de chlore qui se manifeste aussitôt que l'on a atteint ce point. La force de la dissolution de chlorure de chaux sera en raison inverse de la quantité qu'il faudra en ajouter pour arriver à ce résultat.

L'immersion dans un bain acide (*angl. souring*) consiste à immerger les tissus pendant 3 ou 4 heures dans de l'acide sulfurique étendu de 20 à 30 fois son volume d'eau, c'est-à-dire qui renferme en poids 6 $1/2$ à 7 p. 100 d'acide sulfurique concentré (huile de vitriol), et à une densité de 1,047 à 1,040.

Au sortir de ce bain, on lave les tissus à l'eau dans la roue à laver, puis on les fait bouillir pendant 8 à 10 heures dans une lessive alcaline, contenant 2 p. 100 de son poids de carbonate de soude cristallisé, ou l'équivalent en cendres de varec ou en potasse; on rend préalablement cette lessive caustique, en saturant l'acide carbonique par de la chaux vive, qui forme du carbonate de chaux insoluble, et décantant. Vient ensuite un lavage à l'eau dans la roue à laver, puis une immersion pendant 5 heures dans un bain de chlorure de chaux d'une force qui soit les $2/3$ du premier bain, et ensuite une digestion, dans un bain d'acide sulfurique étendu, de 2 à 4 heures, selon la couleur et la qualité du tissu; enfin, l'on termine par un lavage à l'eau claire très soigné.

Avant de livrer en vente les pièces de coton ainsi blanchies, il est encore nécessaire de leur faire subir quelques préparations que nous allons décrire: on commence par enlever les plis contractés par le mouvement dans la roue à laver, ainsi que la plus grande quantité de l'eau dont elles sont imprégnées entre des rouleaux de compression (*angl. squeezers*), représentés fig. 236

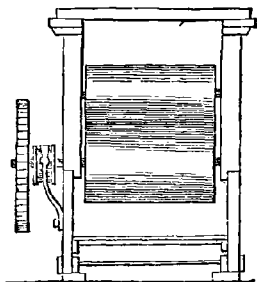


236.

et 237, entre lesquels on les passe par deux à la fois, dans le sens de leur longueur. Ces rouleaux sont ordi-

nairement en bois de bouleau; le rouleau inférieur reçoit seul le mouvement d'une machine à vapeur ou d'une roue hydraulique, et un embrayage visible dans la fig. 237, permet de le mettre en activité et de l'arrê-

sur des boulons *g*, fixés au châssis *f*, qui permettent de la soulever ou de l'abaisser, suivant que l'on veut que le rouleau inférieur *d* plonge plus ou moins dans l'apprêt; enfin un rouleau de laiton *t* force le cali-



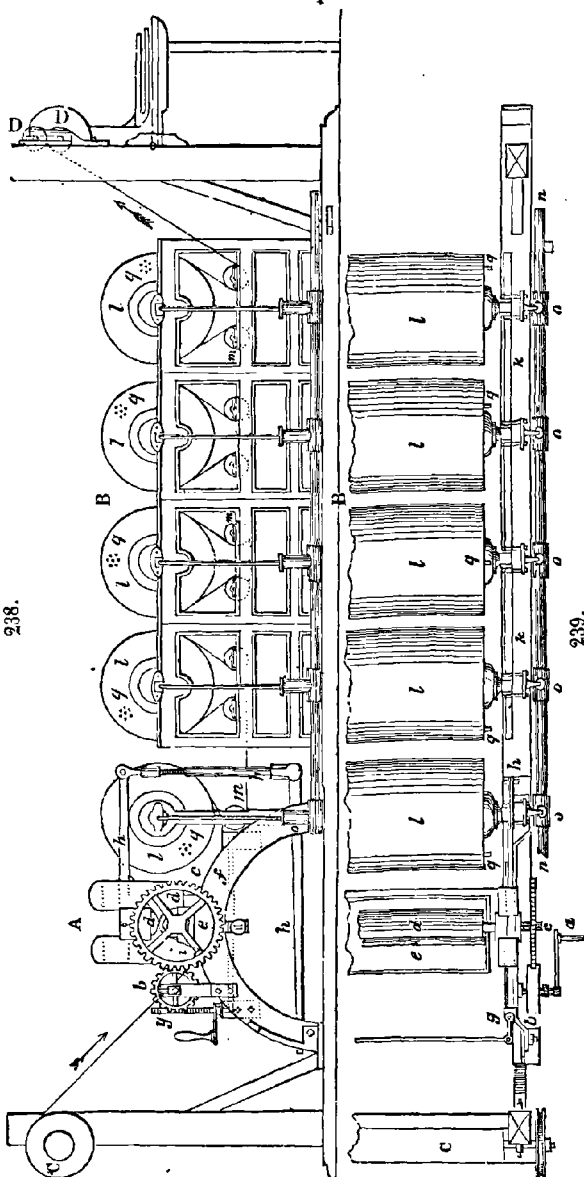
237.

ter à volonté; un système de leviers pressant d'une part les coussinets du rouleau supérieur, porte à son autre extrémité un contrepois (fig. 236), dont la pesantur règle la pression qui s'exerce au contact des deux rouleaux. Le rouleau inférieur fait environ 25 tours par minute, et pendant ce temps, on peut passer sous les rouleaux trois pièces de toile cousues bout à bout, et formant en tout une longueur de 75 à 80 mètres.

Au sortir des rouleaux de compression, on porte les pièces de coton, cousues bout à bout, sur une brouette dont le fond est percé à jour, à la machine à calandrer ou CALANDRE (voyez ce mot), qui est destinée à les lisser et à les étendre.

L'empois d'amidon serait trop coûteux pour l'apprêt des calicots communs pour chemises, on le remplace par un empois que l'on prépare ainsi qu'il suit: on délaie 4 kilog. de farine dans 40 litres d'eau, et on laisse exposé pendant 24 heures dans un endroit chaud; il se développe alors une fermentation acide qui détermine la dissolution du gluten; au bout de ce temps, on lave par décantation avec un peu d'eau l'amidon qui a gagné le fond du vase, on le passe à travers un tamis très fin, et on obtient une bouillie claire et laiteuse qui, soumise à l'ébullition, donne un empois très convenable pour l'apprêt, et qui, sans être tout à fait aussi blanc que l'empois fait avec l'amidon du commerce, ne communique aucune teinte grisâtre aux tissus. Avant de s'en servir, on le délaie avec une quantité d'eau suffisante, et on y ajoute une petite quantité de dissolution d'indigo pour lui donner une légère teinte bleuâtre.

On empèse le calicot au moyen de la machine à empeser, représentée en plan fig. 239 et en élévation fig. 238, qui se compose ordinairement de deux parties: la machine à empeser A, et la machine à sécher B. Le mouvement a lieu, soit à bras d'hommes, soit au moyen de toute autre force motrice, agissant sur la manivelle *a*, dont l'axe porte un pignon *b* qui engrène avec la roue dentée *c*, montée sur l'arbre du rouleau inférieur *d*; *h*, *h*, *h*, leviers articulés entre eux, portant à leur extrémité inférieure un contre-poids servant à régler la pression qui s'exerce au contact des deux rouleaux en laiton *d*, *d*; *e* cuve à apprêt, portée



238.

239.

cot, venant du rouleau C, à plonger dans la cuve *e*. Au sortir de la machine à empeser, le calicot passe successivement sur les 5 tambours sécheurs creux en cuivre *l*, *l*,... chauffés à la vapeur, montés sur le bâti en fonte *kk*, et sur les 40 rouleaux en cuivre plein *m*, *m*...; puis vient passer entre deux rouleaux de pression D, en tout semblables aux rouleaux *d*, *d*, et dont l'inférieur reçoit le mouvement de la manivelle *a*, par le moyen d'un système de poulies et de courroies; ces deux cylindres déterminent la circulation du calicot

sur les cylindres sécheurs, et le déposent ensuite sur une table ou sur le plancher. La vapeur arrivant par le tuyau *nn*, s'introduit dans les cylindres sécheurs (suivant leurs axes, qui sont creux et tournent dans des boîtes à étoupes (*angl.* *stiffen-box*), par les tubes latéraux *o, o...*, et s'échappe de l'autre côté par un système de tuyaux tout à fait analogues; *q, q*, sont des soupapes s'ouvrant du dehors en dedans, qui servent à admettre l'air dans l'intérieur des cylindres sécheurs lorsque l'on cesse d'y faire arriver un courant de vapeur, ou même seulement lorsque la quantité de celle-ci diminue, afin de prévenir la déformation qui résulterait de la pression atmosphérique extérieure qui ne se trouverait plus équilibrée.

Quelquefois, au lieu d'employer l'appareil sécheur que nous venons de décrire, on sèche les calicots, à leur sortie de la machine à empeser, dans une étuve sèche, dont on élève graduellement la température jusqu'à 43° centigr. Enfin on termine par un nouveau calandrage, qui leur donne le lustre et le lissage nécessaires; dans cette opération, on place en avant des cylindres une brosse cylindrique, animée d'un mouvement rapide de rotation, qui plonge en partie dans une cuve pleine d'eau, qu'elle entraîne en tournant, et projette en pluie fine sur le calicot, de manière à l'humecter légèrement avant son passage entre les cylindres. Il ne reste plus qu'à plier avec soin les pièces, y appliquer la marque du fabricant, et les comprimer à la presse hydraulique, en interposant entre chaque pièce une feuille de carton satiné et de distance en distance une plaque de fer pour assurer l'uniformité de la pression, avant de les renvoyer aux fabricants dans un état propre à la vente.

Quoique l'ensemble du blanchiment et de l'apprêt des tissus de coton ne réclame pas moins de 25 opérations successives, dont plusieurs exigent l'emploi de machines coûteuses, le blanchisseur ne reçoit que 4 fr. environ par pièce de 22 mètres.

Nous donnerons encore ici le système suivi il y a quelques années par un des blanchisseurs les plus renommés de Glasgow :

On laisse fermenter les mousselines pendant 36 heures dans la lessive à la température de 35 à 65° C., suivant la saison. Le lessivage subséquent, de 54 kilog. = 412 pièces de mousseline, se fait avec 3 kilog. de potasse perlasse et 4 kilog. de savon mou dissous dans 4,635 litres d'eau, et dure 6 heures; on lave à l'eau froide, on fait subir un second lessivage de 3 heures, on lave derechef, puis on fait une immersion de 6 à 12 heures dans un bain de chlorure de chaux d'une densité de 4,025. On lave à l'eau froide, et on laisse digérer pendant une heure dans un bain d'acide sulfurique étendu, ayant une densité de 4,0475. On lave à l'eau avec soin, on donne un lessivage d'une demi-heure avec 4,42 de potasse et 0,90 de savon mou, on lave à l'eau pure, on fait une immersion de 6 heures dans un bain de chlorure de chaux d'une densité de 4,045, on lave à l'eau, on passe dans un bain d'acide sulfurique étendu d'une densité de 4,045, et enfin on termine par un lavage à l'eau très soigné. Pour les tissus plus épais, on doit leur faire subir en sus un troisième lessivage, suivi d'une immersion dans le bain de chlore, puis dans l'acide sulfurique étendu.

Lorsque dans le lessivage qui suit la fermentation on remplace la potasse par de la chaux, le remplacement se fait poids pour poids, seulement l'opération ne dure qu'un quart d'heure, parce qu'un plus long séjour dans le lait de chaux altérerait le tissu.

On a adopté tout dernièrement dans l'établissement ci-dessus le procédé suivant, qui fournit les blancs les plus parfaits qui arrivent sur la place de Londres :

La chaux est rarement employée dans le blanchiment des mousselines de première qualité, parce qu'on a

remarqué qu'elle altérerait leur tissu, et que plus tard les couleurs ne se fixaient pas d'une manière solide sur les mousselines blanchies à la chaux. On la remplace par une lessive caustique formée en faisant bouillir, pendant une heure, dans de l'eau, des poids égaux de soude du commerce et de chaux, et décantant; on n'ajoute pas de savon à la soude, comme cela a lieu pour la potasse.

Les jaconas et les mousselines sont lavés à la fin du blanchiment dans de l'eau de source, contenant un peu de bleu d'azur, qui leur donne une teinte agréable à l'œil. Si ce sont des tissus communs, on y ajoute un peu d'empois dissous dans de l'eau bouillante. Ils sont ensuite tordus ou pressés, passés à la machine à étendre que nous avons décrite, puis enroulés sur un cylindre d'étain chauffé à la vapeur qui les sèche complètement dans l'espace d'un quart d'heure. Il ne reste plus qu'à les dérouler, à les plier et à les comprimer à la presse hydraulique, pour qu'elles soient propres à la vente. Les frais de blanchiment et d'apprêt sont payés à raison de 0,60° à 0,90° par pièce de 44 mètres de longueur.

L'organdi est tordu ou pressé après le dernier lavage, porté au séchoir, puis empesé avec un apprêt que l'on prépare en faisant bouillir 1,20 d'amidon avec 20 litres d'eau, et y ajoutant ensuite 500 grammes de bleu d'azur. On le tord, on le porte quelque temps dans un étuve chauffée à 43°, où on le travaille jusqu'à ce que l'apprêt l'ait bien également pénétré; on l'étend ensuite dans une chambre froide, et on le porte enfin au séchoir, où on l'étire pendant le séchage dans le sens de la largeur, ce qui lui donne une sorte d'élasticité. Le blanchiment et l'apprêt réunis d'une pièce de 44 mètres d'organdi se payent de 0,90° à 4,50°.

Lorsque l'étoffe est en partie tissée avec des fils préalablement teints en rouge d'Andrinople, ou en bleu par l'indigo, le blanchiment, ou plutôt le blanchissage, en exige beaucoup de soin. On commence par la faire dégorger dans de l'eau de source; on fait bouillir avec précaution dans de l'eau de savon, et, après un nouveau lavage à l'eau fraîche, on les immerge dans une dissolution convenablement étendue de chlorure de potasse (voyez CHLORURES DÉCOLORANTS); on répète ces opérations jusqu'à ce que l'on ait obtenu un blanchissage suffisant; enfin on passe l'étoffe dans un bain d'acide sulfurique étendu qui, si l'on a opéré avec soin, avive les couleurs, et on termine par un lavage à grande eau.

Les guingamps qui sont tissés avec des fils préalablement blanchis, sont simplement débarrassés du parement ou parou par un lavage à grande eau, bouillis pendant peu de temps avec de l'eau de savon, rincés à l'eau, passés dans un bain d'acide sulfurique étendu et lavés à grande eau.

Outre les procédés de blanchiment que nous venons de décrire, on a imaginé d'imprégner les tissus d'une dissolution alcaline caustique d'une densité de 4,02, puis, après les avoir laissés égoutter, de les placer sur le double fond à jour d'une chaudière, à travers lequel on fait arriver de la vapeur d'eau, après avoir assujéti, au moyen de vis et d'écrous, la couvercle supérieur qui se ferme hermétiquement. Ce procédé a été depuis entièrement abandonné en Angleterre.

Il nous reste à parler des taches graisseuses que l'on trouve souvent sur les tissus de coton, taches qu'il est très difficile de faire disparaître dans l'opération du blanchiment, et qui produisent un effet très désagréable, surtout dans les étoffes teintes en rouge par la garance ou en bleu par l'indigo. Les fils de la chaîne sont souvent de mauvaise qualité, ou tellement fins, qu'ils peuvent à peine supporter la traction des lisses ou le frottement de la navette, surtout lorsque le parou en séchant est devenu roide et cassant; le tisserand cherche alors à

abrégé et à faciliter le travail, en les enduisant avec une matière grasse à bas prix, telle que le beurre rance ou le suif; ce dernier est surtout employé comme étant le plus économique. Le tisserand fait tomber, à l'aide d'une tige de fer rougie au feu, le suif en gouttes sur la chaîne, et l'étend ensuite à l'aide d'une brosse. On conçoit aisément qu'il est impossible de le répartir ainsi d'une manière tout à fait uniforme, ce qui donne lieu à la production de ces taches qu'il est si difficile de faire disparaître complètement dans le blanchiment, et qui se manifestent d'une manière si fâcheuse dans la teinture.

Les principaux blanchisseurs d'Ecosse emploient, pour enlever ces taches, le procédé suivant qui donne de très bons résultats : on commence par flamber les tissus, on les fait ensuite dégorger dans de l'eau de source, et on les passe sous une paire de cylindres de pression pour enlever l'eau et les impuretés dissoutes pendant le dégorgeage. Comme le flambage augmente l'adhésion des matières qui salissent les tissus, il est avantageux de faire dégorger les tissus pendant 30 à 40 heures, de les presser et de les sécher à l'étuve ou à l'air libre avant de les soumettre à cette opération. Après le dégorgeage, on donne quatre lessives, chacune de 40 à 42 heures, dans une dissolution alcaline caustique ayant une densité de 4,0127 à 4,0156, et on lave avec soin à l'eau froide entre chaque lessive. On passe ensuite les tissus, pendant 8 à 12 heures, dans un bain de chlorure de potasse, obtenu en étendant une dissolution d'une densité de 4,0625 de vingt-quatre fois son volume d'eau.

Quelques blanchisseurs ont l'habitude d'exposer les tissus sur le pré, pendant quelques jours, au sortir du bain de chlorure alcalin, et les passent ensuite dans un bain d'acide sulfurique étendu ayant une densité de 4,0254 et une température de 43° C. Pour les tissus communs, le bain acide a une densité qui varie de 4,0446 à 4,0238, et on les y laisse 5 à 6 heures. On les lave ensuite avec soin à l'eau dans la roue à laver. On donne de nouveau 4 lessives caustiques comme ci-dessus, en lavant à l'eau entre chacune. La dernière lessive se fait souvent avec de la potasse perlasse, parce que le sulfure que renferme la potasse ordinaire du commerce empêche d'obtenir un blanc aussi pur. On passe ensuite comme ci-dessus dans le bain de chlorure de potasse, on lave à l'eau, on passe au bain acide, on lave avec soin dans de l'eau de source ou de l'eau courante, et on fait sécher à l'air libre et à l'ombre.

Ce procédé est long et compliqué, mais c'est celui qui donne les résultats les meilleurs et les plus certains dans toutes les circonstances et dans toutes les saisons de l'année.

Le procédé de blanchiment ordinaire au chlorure de chaux n'est pas à recommander pour les tissus qui doivent être ultérieurement soumis à la teinture, parce qu'il se forme toujours une certaine quantité de sulfate de chaux qui se fixe aux fibres du tissu, et qui altère plus ou moins certaines couleurs, surtout celles de garance; aussi tout fabricant d'indiennes, soigneux de sa réputation, doit-il hésiter à employer de pareils tissus.

DES LESSIVES. Le lessivage est une des opérations les plus importantes du blanchiment; il s'exécute par un grand nombre de procédés qui se groupent autour des deux types que nous allons décrire.

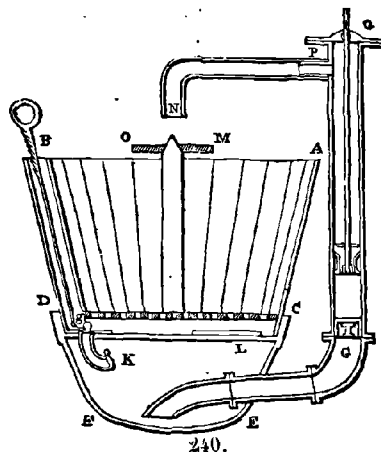
1° *Ancien procédé.* On fait tremper les tissus dans une lessive alcaline, on les lave, puis on les empile régulièrement dans un grand cuvier en bois. On porte la lessive alcaline caustique à la température de 40° environ, dans une chaudière d'une capacité suffisante, puis on la laisse couler, par un robinet, dans le cuvier, jusqu'à ce que les tissus en soient entièrement recouverts; on laisse reposer pendant quelque temps, puis on soutire par une bonde inférieure la lessive dans un chau-

dron en fonte placé au-dessous, d'où on l'élève au moyen d'une pompe dans la chaudière supérieure. On élève la température dans celle-ci, on fait couler la lessive sur le linge, etc., et on continue ainsi à répéter cette série d'opérations, en augmentant à chaque fois la température de la lessive, jusqu'à ce que celle-ci soit entièrement saturée de matières grasses ou colorantes qu'elle enlève aux tissus, ce que l'on reconnaît, à ce qu'elle a perdu en grande partie sa causticité et pris une odeur extrêmement nauséabonde.

Il convient d'élever ainsi graduellement la température des lessives pour obtenir de bons résultats; en versant tout d'abord sur les tissus une lessive bouillante, on augmenterait l'adhérence des matières colorantes au lieu de les enlever. C'est sur ce principe que se base le cuisinier qui veut conserver, par exemple, aux petits pois verts, leur couleur naturelle lors de leur cuisson, et qui à cet effet, les plonge dans de l'eau bouillante, tandis que s'il les mettait d'abord dans de l'eau froide qu'il ferait ensuite chauffer, ils se décolorent presque complètement.

Lorsque la lessive s'est saturée des matières qui salissaient les tissus, on la fait écouler au dehors comme impropre à un nouveau lessivage, ou bien, chez quelques blanchisseurs, on l'ajoute en partie dans la fermentation du parou. Si l'on portait le linge encore chaud, au sortir du cuvier, à la roue à laver, une partie de la matière colorante dissoute dans la lessive dont il est imprégné, se précipiterait de nouveau sur les fibres du coton et s'y fixerait; aussi faut-il après l'écoulement de la lessive faire arriver à plusieurs reprises de l'eau chaude sur le linge, laisser reposer à chaque fois pendant quelque temps avant de soutirer, jusqu'à ce que l'eau sorte claire et presque incolore; c'est alors seulement qu'on retire le linge du cuvier et qu'on le lave soit au battoir à main soit dans la roue à laver.

2° *Nouveau procédé.* Ce procédé, dû à John Laurie de Glasgow, et que l'on peut modifier de beaucoup de manières, consiste en principe, en ce que la lessive tombe continuellement du cuvier dans une chaudière placée au-dessous, d'où elle s'élève de nouveau et vient se déverser à la surface du linge soit au moyen d'une pompe, soit par la pression même de la vapeur qui se développe dans la chaudière; ce qui donne lieu à une circulation continue.



240.

La fig. 240 représente la coupe de l'un de ces appareils : ABCD, cuvier en bois dans lequel on empile le linge et dont le fond est à jour. Il s'emboîte dans la chaudière en fonte CDEF, qui reçoit directement l'action du feu. La lessive tombe du cuvier sur le fond

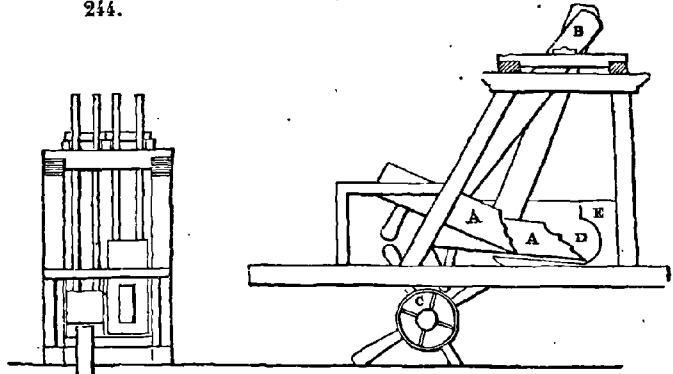
plein L, et de là dans la chaudière par le tuyau g K, portant en g un registre que l'on manœuvre à l'aide du levier g B, et qui sert à régler la vitesse d'écoulement de la lessive, du cuvier dans la chaudière; ce tuyau est en outre muni en K d'une soupape s'ouvrant du cuvier dans la chaudière, qui permet la descente de la lessive, mais qui s'oppose au passage de la vapeur en sens contraire; on élève la lessive de la chaudière, à l'aide d'une pompe G G, qui la verse par le tuyau NP sur la plaque métallique M O, qui sert à la répartir uniformément sur la surface du linge. Lorsque la température de la lessive est suffisamment élevée dans la chaudière on cesse de faire aller la pompe, et la pression de la vapeur qui occupe la partie supérieure de la chaudière suffit pour faire monter la lessive dans le tuyau G, soulever les clapets de la pompe, qui est devenue immobile, et enfin pour déterminer une circulation continue.

Cet appareil fonctionne avec une efficacité et une régularité remarquables, il n'exige presque aucune main d'œuvre, et l'expérience a prouvé qu'il réalise une économie qui peut s'élever jusqu'à 25 p. 100 de l'alcali employé.

Les fig. 241, 242 et 243 représentent une modification plus récente de l'appareil de Laurie. La fig. 241 en est une coupe verticale et la fig. 242 une coupe ho-

en plan fig. 243, porte le tube d'ascension d (qui devrait dans la fig. 244 descendre presque jusqu'au fond de la chaudière b) par lequel la lessive s'élève de la chaudière b, par la pression de la vapeur et s'épanouit sur une cuvette en tôle renversée, d'où elle tombe en plein sur la surface du linge. e, grille circulaire en fonte; f, murs en briques dans l'un desquels est encastré le tuyau qui sert à faire écouler la lessive; g, g, rampants conduisant la flamme dans les carneaux h, h, qui circulent autour de la chaudière b, et de là dans la cheminée par deux conduits qui ne sont pas figurés. Les ouvreaux i, i, ordinairement fermés par des plaques de fonte, servent à nettoyer au besoin les carneaux h, h. On enve-

244.



245.

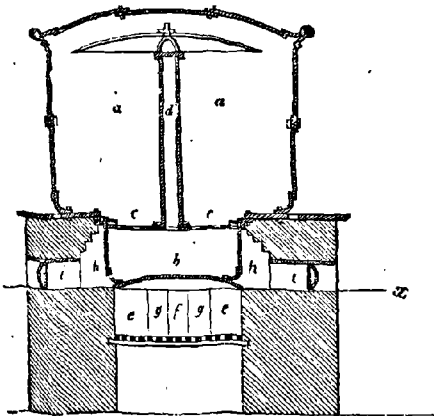
loppe souvent le cuvier a, a, d'une chemise en bois, et dans l'entre-deux on tasse de la sciure de bois, afin d'éviter autant que possible toute déperdition de chaleur.

Le lavage mécanique des tissus se fait, soit à l'aide de marteaux, soit dans la roue à laver.

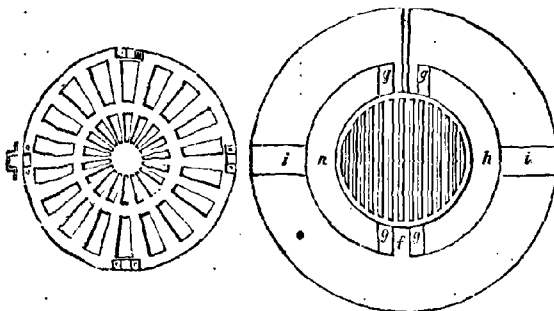
Les fig. 244 et 245 donnent le dessin des marteaux à laver, ordinairement employés en Ecosse ou en Irlande: A, A, sont les marteaux portés sur des tourillons en fer B et soulevés par l'arbre à cames C, 24 à 30 fois par minute; ils viennent battre le linge placé dans l'auge D, où l'on fait arriver un courant d'eau continu.

La roue à laver (angl. wash-ou dash-wheel), maintenant employée dans tous les bons ateliers de blanchissage, est représentée en élévation antérieure et postérieure fig. 246 et en plan fig. 247: a, a, roue à laver, divisée par des cloisons en 4 compartiments isolés, et montée sur l'axe b, b, tournant dans les coussinets c, c, qui reposent sur les poteaux en fonte d, d, fixés sur de fortes semelles e, e, reliées entre elles par des poutres transversales assemblées à tenon et mortaise; f, f, ouvertures circulaires correspondant à chaque compartiment, pratiques sur la joue postérieure de la roue; g, g, grille annulaire en laiton placée sur la joue antérieure à travers laquelle l'eau est introduite en jets dans l'intérieur de la roue; h, h, orifices circulaires par lesquels l'eau qui a servi au lavage s'écoule hors de la roue lorsque le compartiment correspondant passe au point le plus bas de sa course; i, tuyau par lequel l'eau est projetée dans la roue, et qui est muni d'un robinet que l'on manœuvre à l'aide d'un système de leviers k qui font en même temps embrayer ou débrayer la roue à laver au moyen d'une fourchette qui fait avancer ou reculer la griffe ou manchon d'embrayage l; m, roue d'engrenage établissant la communication avec le moteur hydraulique ou à vapeur.

n, n, montants en bois qui supportent les cloisons o, o, qui servent à empêcher l'eau de rejaillir au-



241.



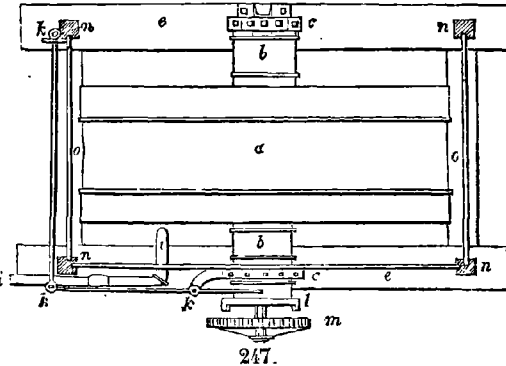
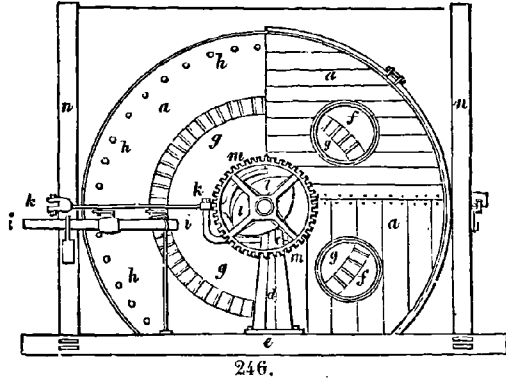
243.

242.

rizante suivant la ligne x de la fig. 241: aa, cuvier en tôle rivée ou en bois dont le fond en fonte cc, représenté

BLANCHIMENT.

dessus de la roue, par l'effet de la force centrifuge. Les roues à laver ont ordinairement 1^m,75 à 2^m,00 de diamètre intérieur, sur 0^m,75 de largeur, et il faut une force de deux chevaux pour les mettre en mouvement.



On peut laver deux pièces de calicot de 44 mètres de long chacune à la fois, dans chaque compartiment, en 8 ou 10 minutes, ce qui fait 600 pièces environ, par roue et par journée de 13 heures de travail.

Au sortir de la roue à laver, l'eau est exprimée entre les cylindres comprimeurs (*angl.* squeezers) décrits plus haut.

BLANCHIMENT DU LIN ET DU CHANVRE. Le lin renferme beaucoup plus de matière colorante que le coton, et perd presque $\frac{1}{3}$ de son poids par le blanchiment, tandis que les fils de coton en perdent au plus $\frac{1}{10}$. Sa couleur naturelle est d'un gris blond pâle, mais elle se fouce pendant le rouissage, opération destinée à faciliter la séparation entre les filaments textiles et la partie ligneuse du lin; aussi le lin préparé sans rouissage est-il beaucoup plus pâle que le lin roui, et en le lavant à l'eau de savon seulement on peut le blanchir presque complètement.

La substance qui colore le lin roui en gris verdâtre est insoluble dans l'eau bouillante, les acides et les alcalis; mais elle devient soluble dans les lessives alcalines ordinaires ou caustiques, après une longue exposition à l'air qui la résinifie. Le chanvre est sous ce rapport tout à fait analogue au lin. On peut remplacer l'exposition sur le pré par l'immersion dans un bain de chlore, qui agit comme oxydant beaucoup plus énergique, et abrège considérablement le travail. Il faut toujours pour obtenir un blancheur suffisante soumettre les tissus de lin ou de chanvre à un nombre assez grand

BLANCHIMENT.

de lessives, entre chacune desquelles on les soumet à une exposition sur le pré ou à une immersion dans un bain de chlore.

Les détails dans lesquels nous sommes entrés à l'article **BLANCHIMENT DES TISSUS DE COTON**, nous permettront d'être brefs, et nous nous contenterons d'indiquer la série des opérations suivies dans une des meilleures blanchisseries de toiles de lin, en faisant remarquer une fois pour toutes que les lavages à l'eau s'y font avec beaucoup de soin au moyen des appareils que nous avons décrits, et que l'exposition sur le pré dure de 4 à 8 jours suivant les circonstances.

Si l'on suppose 360 pièces de toiles de 32 mètres de longueur chacune, primitivement dégoûtées dans l'eau, mises en digestion avec de la lessive alcaline ayant déjà servi, lavées de nouveau, et pesant chacune 4^k,60, en tout 4656^k, on devra :

- 1° lessiver avec 27^k de potasse, laver et expos. s. le pré
- 2° — 36^k — — — — —
- 3° — 40^k,50 — — — — —
- 4° — 36^k — — — — —
- 5° — 36^k — — — — —
- 6° — 22^k,50 — — — — —
- 7° — 34^k,50 — — — — —
- 8° — 34^k,50 — — — — —

- 9° Immerger pendant 42 heures dans un bain d'acide sulfurique étendu, et laver.
- 10° Lessiver avec 22^k,50 de potasse perlasse, laver, et exposer sur le pré.
- 11° Immerger pendant 42 heures dans un bain de chlorure de potasse de chaux et laver.
- 12° Lessiver avec 43^k,50 de potasse perlasse, laver, et exposer sur le pré.
- 13° Lessiver avec 43^k,50 de potasse perlasse, laver, et exposer sur le pré.
- 14° Passer dans un bain d'acide sulfurique étendu, et laver.
- 15° Passer au savon noir, lavage.
- 16° Apprêt.
- 17° Séchage.

Les pièces qui ne sont pas suffisamment blanchies sont traitées de nouveau par une série de bains de chlorures décolorants et d'acide sulfurique étendu, jusqu'à ce qu'elles aient acquis une blancheur suffisante.

On consomme en tout 340^k,50 de potasse, ce qui fait au plus 0^k,90 par pièce de 32 mètres de longueur.

BLANCHIMENT DE LA SOIE. La soie brute ou écrue, telle qu'elle vient du cocon, est blanche ou jaune, et recouverte d'un vernis qui lui donne de la roideur et une sorte d'élasticité; la plupart des usages auxquels on la destine exigent qu'on la dépouille de cet enduit naturel, que l'on a longtemps regardé comme une sorte de gomme; opération qui porte le nom de *décreusage* (*angl.* scouring, *all.* entschälen).

On a proposé un grand nombre de procédés divers pour opérer le *décreusage*; mais aucun d'eux n'a pu remplacer avec avantage le procédé le plus ancien, qui consiste à traiter la soie par une eau de savon chaude, comme le constatent les intéressantes recherches de M. Roard. Le vernis qui recouvre la soie se dissout aisément dans les alcalis caustiques ou carbonatés, et même à la longue dans l'eau bouillante, mais aucun procédé ne conserve mieux le brillant et la souplesse de la soie qu'une ébullition courte et rapide dans de l'eau de savon.

La méthode la plus anciennement connue pour blanchir la soie se subdivise en trois opérations.

- 1° Le *dégommage*, qui consiste à préparer une dissolution bouillante de 30 p. de savon dans 400 p. d'eau de source, puis à abaisser un peu la température en ajoutant un peu d'eau froide et en retirant le feu, ou

au moins en fermant toutes les issues du fourneau; par ce moyen, le bain est tenu très chaud, sans cependant atteindre à l'ébullition, ce qui est un point essentiel, car on s'exposerait à attaquer la soie, et non seulement en dissoudre une portion, mais encore la priver de son lustre; on y plonge alors les écheveaux de soie enfilés sur des perches ou *lissoirs* disposés horizontalement au-dessus de la chaudière; la partie immergée dans le bain se dégorge peu à peu, le vernis et la matière colorante se dissolvent, et la soie prend la blancheur et la souplesse qui lui sont naturelles. Lorsqu'on est arrivé à ce point, on tourne les écheveaux sur les *lissoirs*, de manière à ce que la partie primitivement hors du bain y soit trempée à son tour; des que le tout est parfaitement dégommé, on retire les écheveaux du bain; on les tord à la cheville, on les presse, et on procède à l'opération suivante:

2° *Cuite*. On a des sacs en canevas grossiers appelés *poches*, dans chacun desquels on renferme environ 42 à 45 kilog. de soie dégommée, et on les place dans un bain semblable au précédent, mais qui renferme une moindre quantité de savon, de sorte que l'on peut sans inconvénient le porter à l'ébullition. On la soutient pendant une heure et demie, en ayant soin de remuer souvent les sacs, dans la crainte que ceux qu'on laisserait séjourner sur le fond de la chaudière ne subissent une trop forte chaleur.

La soie perd dans ces deux opérations environ 25 p. 400 de son poids.

3° Enfin la troisième et dernière opération du décreusage a pour but de donner à la soie une légère teinte qui en rende le blanc plus agréable et mieux approprié à l'usage que l'on en veut faire. Ainsi l'on distingue le blanc de Chine, qui a un léger reflet rougeâtre, le blanc azuré et le blanc de fil. Pour produire ces diverses nuances, on commence par préparer une eau de savon assez concentrée pour qu'elle devienne mousseuse par l'agitation; on y ajoute ensuite, pour le blanc de Chine, un peu de rocou que l'on mélange avec soin dans la liqueur, et on y passe la soie à plusieurs reprises, s'il est nécessaire, jusqu'à ce qu'elle ait acquis la nuance désirée; les autres blancs s'obtiennent en azurant plus ou moins la soie par l'addition d'une certaine quantité d'indigo fin, dans le bain de savon. Dans tous les cas, il faut, au sortir du bain, tordre la soie et l'étendre sur des perches pour la faire sécher; on la porte ensuite au soufroid, si elle est destinée à rester blanche.

A Lyon, on ne se sert pas de savon pour la troisième opération: après la *cuite*, on lave la soie, on la soufre, et on l'azure dans de l'eau de source convenablement chargée de bleu.

Quant aux soies destinées à la fabrication des blondes et des gazes, on ne peut les soumettre au décreusage ordinaire, parce qu'il est essentiel qu'elles conservent leur roideur naturelle. On choisit à cet effet les soies écruës de Chine, qui sont d'un très beau blanc, ou les plus blanches que fournissent les autres pays; on fait tremper, on les rince dans de l'eau claire ou dans une très légère dissolution de savon; puis on les tord, on les soufre et on les azure. Quelquefois on réitère une seconde fois toute cette série d'opérations.

M. Board a observé que la soie complètement décreusée, perd son moelleux et son lustre lorsqu'on la plonge de nouveau pendant quelque temps dans un bain de savon, ou même seulement dans l'eau bouillante; c'est pour cela qu'on ne peut alouer la soie décreusée à chaud, et qu'elle perd même son lustre lorsqu'on la teint en brun, couleux qui réclame l'emploi d'un bain d'eau bouillante. Pour prévenir cet accident, il faut, lorsque les soies doivent plus tard être teintes, employer d'autant moins de savon pour le décreusage que la teinte qu'elles doivent recevoir sera plus foncée.

Selon M. Board, il faut employer 8 litres d'eau et la quantité correspondante de savon pour décreuser complètement 4 kilogr. de soie. Les soies écruës dans lesquelles le vernis qui les recouvre a déjà éprouvé quelque altération, n'acquièrent jamais une blancheur complète que par l'action de l'acide sulfureux; l'exposition sur le pré donne aussi de bons résultats, et on dit que les Chinois emploient avec avantage ce procédé.

On a essayé de remplacer le savon par le carbonate de soude, qui agit il est vrai plus activement, mais ne produit jamais un blanc aussi parfait. On a aussi essayé de blanchir la soie à la vapeur, et on a pris à ce sujet, en Angleterre, un brevet dont nous rendrons compte à l'article SOIE.

Il paraît que les Chinois n'emploient pas de savon pour obtenir ces belles soies blanches qui sont importées en Europe. Michel de Grubbens, qui a résidé longtemps à Canton, a vu et pratiqué lui-même leur méthode, dont il a publié la description dans les Mémoires de l'Académie de Stockholm pour 1803; elle consiste à décreuser la soie dans un bain composé de: 25 parties d'eau de source, 6 p. de farine de blé, 5 p. de sel marin et 5 p. d'une espèce particulière de fèves blanches, plus petites encore que les fèves turques, et préalablement lavées.

Baumé a indiqué un procédé qui consiste à faire macérer pendant 48 heures la soie écruë dans un mélange d'alcool à 36° B. (ayant une densité de 0,837), et $\frac{1}{32}$ d'acide hydrochlorique pur; au bout de ce temps elle est aussi blanche que possible, et possède un éclat et un moelleux remarquables. La perte en poids dans cette opération n'est que de $\frac{1}{40}$, ce qui prouve que la matière colorante seule a été attaquée et dissoute. Ce procédé paraît n'être pas passé dans la pratique en grand à cause de la dépense qu'il occasionne; on pourrait recouvrer une partie de l'alcool en saturant dans l'eau mère l'acide hydrochlorique avec de la craie, et soumettant ensuite à la distillation. Voy. TEINTURE SUR SOIE.

BLANCHIMENT DE LA LAINE. La laine est recouverte, comme la soie, d'un enduit particulier qui porte le nom de *suint* (*angl. yolk*); c'est une matière grasse, onctueuse, d'une odeur forte, dont il faut probablement rechercher l'origine dans la transpiration cutanée des moutons, mais qui a dû subir, par l'action des agents extérieurs, une série de modifications qui ont altéré sa constitution. Il résulte des expériences de Vauquelin, que le suint se compose de plusieurs substances, savoir: 1° d'un savon à base de potasse, qui en constitue la majeure partie; 2° d'une quantité notable d'acétate de potasse; 3° d'une petite quantité de carbonate de potasse et d'une trace de chlorure de potassium; 4° d'un peu de chaux à l'état de combinaison non déterminée; 5° d'un acide gras particulier; et enfin 6° d'une substance animale à laquelle il doit son odeur. Outre ces éléments constitutifs du suint, on rencontre aussi accidentellement dans la laine brute, diverses autres matières, telles que des poussières, etc.

La proportion de suint est variable, suivant la nature de la laine; mais en général elle est plus abondante dans la plus belle. La perte, dans le désuintage, est de 45 p. 400 en poids pour les laines les plus fines, et seulement de 36 p. 400 pour les laines grossières.

Le suint, en raison de sa nature savonneuse, se dissout promptement dans l'eau, à l'exception d'un peu de matière graisseuse qui est libre, mais qui se détache également et reste en suspension dans la liqueur. Il semblerait, d'après cela, suffisant de soumettre les laines à un simple lavage à l'eau courante; mais l'expérience a démontré que cette méthode ne réussit jamais aussi bien que celle généralement adoptée, et qui consiste à laisser les laines dégorger pendant quelque temps dans une petite quantité d'eau tiède ordinaire, ou mêlée

BLANCHISSAGE.

d'un quart d'urine putréfiée; 15 à 20 minutes suffisent dans ce dernier cas, si l'on a eu soin de chauffer le bain à une chaleur telle que la main puisse à peine la supporter; on agite fréquemment les laines avec une perche, on les enlève au bout du temps indiqué, on les fait égoutter, et on les place ensuite dans de grandes corbeilles, afin de pouvoir les rincer complètement dans l'eau courante.

On admet généralement que l'urine putréfiée agit sur le suint par l'ammoniaque qu'elle renferme, et qui sert à saponifier l'excès de matière grasseuse qui n'est pas combinée avec la potasse. L'urine fraîche ne peut être employée parce qu'elle contient un acide libre qui en décomposant le savon que renferme le suint contrarie-rait l'opération du désuintage.

Si les laines sont mieux désuintées dans une petite quantité d'eau que dans l'eau courante, comme le démontre l'expérience, cela tient à la nature même du suint qui, en dissolution concentrée, agit comme un véritable savon, et contribue ainsi à enlever les particules grasseuses qui adhèrent aux filaments. On doit aussi remarquer qu'un trop long séjour de la laine dans un bain qui s'est chargé de suint, et qui renferme de l'urine putréfiée, altère sa qualité en faisant gonfler et même fendre ses filaments; on dit alors que la laine a perdu son nerf. Une chose également essentielle à observer, c'est de ne jamais travailler la laine dans le bain au point d'en déterminer le feutrage, ce qui rendrait extrêmement difficiles le cardage et le filage subséquents; à cet effet, il faut se borner à faire tourner lentement la laine dans le bain, ou à la fouler modérément sous les pieds.

L'eau bouillante pouvant altérer la laine, il est de toute nécessité de ne jamais amener la température du bain de désuintage à un point voisin de l'ébullition, ni même en réalité, au-dessus de 60° centigrades.

Quelques auteurs recommandent d'employer pour le désuintage, des bains de savon ou des lessives alcalines; mais jusqu'ici on a toujours préféré suivre l'ancienne méthode, qui est la plus économique et qui donne des résultats satisfaisants.

Lorsque le lavage est opéré, les laines qui doivent rester blanches sont traitées par l'acide sulfureux, li- quide ou gazeux, comme nous l'indiquerons au mot **SOUFRAGE**. L'exposition sur le pré peut aussi contribuer très efficacement au blanchiment de la laine. Quelques personnes, excitées par la cupidité, trempent les laines dans du lait de beurre ou dans de l'eau de craie avant de les livrer au commerce; par cette fraude blâmable, elles en accroissent la blancheur et en augmentent considérablement le poids.

On blanchit la laine tantôt en toison, tantôt lorsqu'elle a déjà été filée; cette dernière est toujours d'un plus beau blanc. On a remarqué que la laine de certaines parties de la toison, et particulièrement celles des aines se blanchissait beaucoup plus difficilement que le reste.

Après le soufrage la laine est roide et dure au toucher; on lui rend sa douceur et sa souplesse primitives par un très léger bain de savon.

BLANCHISSAGE: Les opérations du blanchissage sont tout à fait semblables à celles du lessivage des tissus destinés au blanchiment. Nous les rapporterons cependant avec quelques détails, ce qui nous fournira l'occasion de décrire les appareils dits à circulation de M. René Duvoir, les plus parfaits qui aient été imaginés, et qui sont un notable progrès sur ceux décrits ci-dessus. Nous emprunterons cette description à l'intéressante notice que cet ingénieux inventeur a dernièrement insérée dans la *Revue de l'Architecture et des Travaux publics*.

Le blanchissage, comme on sait, consiste en neuf opérations principales :

BLANCHISSAGE.

1° Le *triage*, opération qui a pour but de distribuer le linge à blanchir en plusieurs tas, suivant son degré de finesse et de saleté;

2° Le *trempage*, ou première imbibition d'eau froide que l'on fait ordinairement subir au linge dans des baquets;

3° L'*essangeage*, ou lavage du linge aussi dans l'eau froide, pour enlever le plus gros de la malpropreté. Cette opération, faite presque toujours d'une manière brutale au moyen de battes en bois, est souvent nuisible au linge;

4° Le *coulage*, qui consiste à faire passer à travers le linge une dissolution alcaline de soude ou de potasse; les cendres de bois servent aussi à cet usage. (Cette dissolution doit être presque à l'état d'ébullition pour que son effet soit complet). C'est là l'opération capitale du blanchissage;

5° Le *savonnage*, dont le but est d'enlever complètement les taches qui auraient résisté aux opérations précédentes;

6° Le *rinçage*, complément du savonnage pour enlever l'eau de savon;

7° L'*égouttage*, dont le nom indique assez l'objet;

8° Le *séchage*, qui doit compléter l'évaporation de l'eau contenue dans le linge;

9° Enfin le *pliage* et le *repassage*, auquel se rattache le raccommodage des accrocs faits au linge.

La plus importante de ces opérations est la quatrième; c'est l'appareil destiné à la faire que nous allons décrire en détail. Les autres, sauf la huitième, étant faites manuellement, par suite de leur nature même, on ne peut rendre le travail le plus productif possible que par une bonne disposition des appareils, et en les faisant se succéder dans l'ordre des opérations afin d'éviter tout transport inutile.

Quant à l'opération du séchage, elle se fait soit à l'air libre, soit au moyen du **SÉCHOIR** (voir ce mot).

Nouvel appareil de lessivage par circulation. — Le coulage des lessives, tel qu'il est fait ordinairement, présente de graves inconvénients : dans ce système, on fait chauffer la lessive dans une chaudière en fonte, en tôle ou en cuivre, placée dans un massif de maçonnerie au-dessus d'un foyer alimenté par du bois ou du charbon; un robinet adapté à la partie inférieure de la chaudière sert à faire couler la lessive, arrivée à l'état d'ébullition, dans des seaux que l'on vide ensuite dans le cuvier où se trouve le linge déjà trempé. Ce cuvier, tout à fait indépendant de la chaudière, placé à un niveau supérieur, est recouvert d'une toile grossière ou *charrier* sur laquelle on place de la cendre de bois.

L'eau chaude, versée sur la cendre, s'empare peu à peu des sels solubles que celle-ci renferme et forme une dissolution alcaline qu'on nomme *lessive*, et qui n'agit comme moyen de blanchiment, que par le carbonate de potasse qu'elle contient. On forme souvent et avec avantage la lessive, en mettant avec l'eau dans la chaudière une quantité déterminée de sel de soude ou de potasse pour donner à l'eau le même degré alcalimétrique. La lessive filtre à travers la toile et tombe sur le linge, qu'elle traverse avant d'arriver au fond du cuvier. Un robinet placé en bas du cuvier lui donne issue sur un conduit en bois ou en tôle qui la verse dans la chaudière, où elle entre de nouveau en ébullition pour être reversée ensuite dans le cuvier. Quelquefois la chaudière n'est pas même munie d'un robinet, et il faut puiser la lessive à la main.

Ce système grossier présente les inconvénients suivants :

La vapeur qui se dégage de la lessive pendant la transvasement emplit la pièce destinée à ce service, obscurcit l'air, se condense sur les plafonds et sur les murs, qu'elle détériore, et occasionne une perte de chaleur, et par suite de combustible, qui devient con-

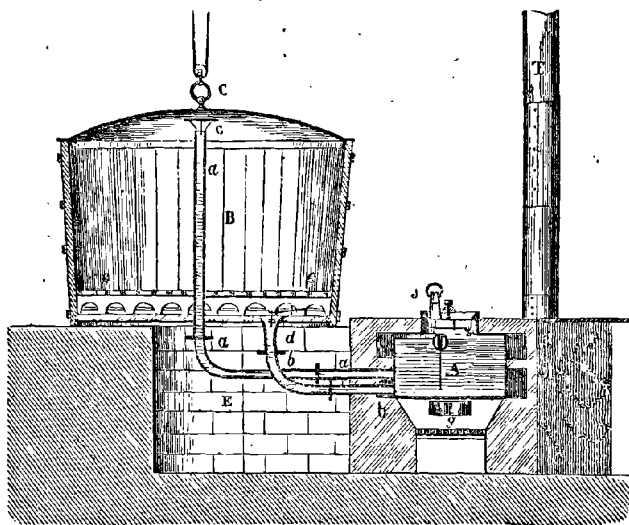
sidérable quand on opère sur une grande échelle.

Le transport et le transvasement rendent le service pénible, occupent des bras, sont l'occasion d'un écoulement d'eau qui salit le sol; nouvelle perte de chaleur.

Ensuite, quelque soin qu'apportent à leur besogne les hommes chargés du transvasement, ils versent la lessive dans le cuvier à des températures inégales, et trop souvent ils sont victimes d'accidents contre lesquels la prudence ne les défend pas toujours.

Enfin un coulage fait par ce procédé n'exige guère moins de dix à douze heures de travail.

Dans l'appareil que nous allons décrire, ces inconvénients disparaissent, comme nous le verrons plus loin.



248.

La fig. 248 présente une coupe longitudinale d'un appareil à lessiver établi par M. Duvour, ainsi que de la chaudière qui l'alimente, et est disposée de manière à montrer le mode de circulation de la lessive.

Les buanderies ordinaires renferment généralement deux de ces appareils placés l'un près de l'autre et alimentés par la même chaudière.

A est une chaudière cylindrique en cuivre dont le couvercle est maintenu exactement fermé au moyen d'une vis de pression; sur ce couvercle est disposée une soupape à flotteur, qui ne s'ouvre que quand le niveau du liquide est descendu à une certaine limite.

B est un cuvier dont les douves en bois de chêne épais sont maintenues par des cercles de fer. A une petite distance du fond de ce cuvier se trouve une grille en bois supportée par des morceaux de bois découpés en arcade, afin de ménager à la lessive un espace libre où elle puisse se réunir. C'est sur cette grille qu'on entasse le linge sale après le trempage. Un couvercle en cuivre C, est attaché à une corde qui passe sur des poulies fixées au plafond, et vient s'enrouler sur l'arbre d'un treuil qui sert à élever ou à descendre le couvercle.

aa et bb sont les tuyaux de circulation de la lessive, le premier aa, traverse le fond du cuvier, s'élève au centre jusqu'à la partie supérieure, et se termine par un champignon c, qui projette le liquide chaud dans toutes les directions. Le second tuyau b, ramène la lessive

dans la chaudière. Dans ce tuyau on a placé une petite soupape d, qui ne s'ouvre que quand une assez grande quantité de liquide s'est réunie au fond du cuvier. E est un espace vide, de dimensions suffisantes, ménagé dans la maçonnerie, pour la pose des tuyaux et les réparations.

F est le fourneau en briques. La construction de son foyer et des carneaux est appropriée à la nature du combustible qu'on doit brûler sur la grille. Les produits de la combustion circulent deux fois autour de la chaudière, et se rendent dans la cheminée T.

Voici quelle est la marche des opérations dans cet appareil. On met le sel de soude ou de potasse au fond du cuvier, et on y verse de l'eau jusqu'à ce que la chaudière soit remplie, et que le niveau du liquide

soit arrivé à la hauteur de la grille supportant le linge. On place le linge d'une manière régulière sur la grille en bois sans trop le tasser, et on abaisse le couvercle du cuvier. On fait du feu dans le foyer et on porte le liquide à l'ébullition. La pression de la vapeur fait monter la lessive dans le tuyau aa et la projette contre le champignon c, qui la répartit uniformément sur toute la surface du linge. La lessive traverse toute la masse et se réunit à la partie inférieure du cuvier; le niveau du liquide s'abaisse dans la chaudière A et ouvre la soupape s, en même temps que la pression du liquide sur le fond ouvre la soupape d; alors la lessive revient à la chaudière pour se chauffer de nouveau et retourner dans le cuvier. Cette circulation de la lessive bouillante s'effectue d'elle-même, et produit un lessivage prompt et parfait de toute la masse du linge.

Dans ce système, on le voit, les inconvénients que nous avons signalés n'existent plus. Une fois le linge placé dans le cuvier, on ferme le couvercle. Il n'y a plus qu'à faire du feu; la lessive se verse d'elle-même sur le linge aussitôt qu'elle a acquis la température nécessaire, et retourne ensuite à la chaudière. Cette circulation, ainsi rendue intermittente, empêche l'écoulement de s'établir par une seule voie, ainsi qu'il arrive presque toujours avec les appareils à jet continu. La personne qui était occupée au coulage devient inutile, puisqu'il suffit seulement d'alimenter le foyer de temps en temps. Ce coulage, fait dans des vases clos qui conservent toute la chaleur du liquide, n'exige que de quatre à six heures pour un cuvier de 2 mètres de diamètre.

Il résulte de l'emploi de ce système de l'économie sur la main-d'œuvre, sur le combustible, et, comme le linge, mieux chauffé, s'y nettoie beaucoup plus facilement, il en résulte encore de l'économie sur le savon employé et sur le temps des lavesses (1).

Après des expériences comparatives avec d'autres systèmes, il a été adopté par les hôpitaux civils et militaires de Paris; l'emploi journalier auquel il a été

(1) A l'hospice de la Salpêtrière, le coulage de 1,500 draps coûte :

Sel de soude, 40 kilogr., à 50 c.	20 fr.	»	»
2 hectolitres de charbon, à 3 fr. 50 c.	6	60	
Total.	26 fr.	60 c.	

BLEU DE PRUSSE.

soumis a constaté qu'il remplit toutes les conditions désirables.

Voici sur cet appareil l'opinion de M. Payen, rapporteur du jury central de l'exposition de 1839 :

« L'ingénieux appareil de lessivage de M. René Duvoir, récemment amélioré, facilite le chargement et le déchargement alternatifs de deux cuiviers servis par une seule chaudière.

« Une disposition convenable opère, avec l'échauffement graduel des lessives, des aspersions et des circulations intermittentes qui excluent les inconvénients des fausses voies de filtrage.

« Le système de lessivage de M. Duvoir est employé avec succès dans plusieurs établissements publics et blanchisseries particulières. »

BLLENDE, voyez ZINC.

BLÉ, voyez AMIDON, GLUTEN et PAIN.

BLEU D'AZUR, BLEU DE COBALT, BLEU THÉNARD, voyez COBALT.

BLEU DE MONTAGNE, voyez CENDRES BLEUES.

BLEU DE PRUSSE (*angl.* prussian-blue, *all.* berliner blau), et PRUSSATE DE POTASSE (*angl.* prussiate of potasch, *all.* blutlaugensalz). La liaison intime qui existe entre ces deux importants produits manufacturiers, nous engage à les réunir ici.

Le *prussiate jaune de potasse* se produit toutes les fois que l'on chauffe au rouge un mélange de matières organiques azotées, de potasse et de fer. Ainsi en chauffant au rouge dans une chaudière en fonte ou en fer du sang desséché, de la corne, des poils, des rognures de peau, ou d'autres matières d'une nature analogue, avec de la potasse, on obtient une masse gris foncé, qui lessivée avec de l'eau bouillante, fournit une dissolution appelée en allemand *blutlaug*, laquelle suffisamment concentrée par évaporation fournit par le refroidissement des cristaux jaunes de prussiate jaune de potasse, en tables rectangulaires.

Le prussiate jaune de potasse cristallisé se compose de :

Sesqui-cyanure de potassium.	61,93
Cyanure de fer.	25,22
Eau.	12,85
	400,00

BLEU DE PRUSSE.

Les cristaux sont presque transparents, très tendres et se dissolvent dans 4 parties d'eau froide et dans leur poids d'eau bouillante.

Ils ne se décomposent pas à l'air à la température ordinaire; mais à une faible chaleur, ils perdent leur eau de cristallisation sans changer de forme, acquièrent une couleur blanchâtre et deviennent très fragiles.

Lorsque l'on fait passer un courant de chlore à travers une dissolution de prussiate jaune de potasse, jusqu'à ce qu'un essai pris dans la liqueur ne donne plus de précipité dans une dissolution d'un sel de peroxyde de fer, qu'on filtre ensuite et qu'on évapore la liqueur, ce qui se fait pour le mieux dans le vide au moyen de l'acide sulfurique, on obtient des cristaux aciculaires, rouge grenat, de *prussiate rouge de potasse*; en les purifiant par plusieurs cristallisations successives, on peut obtenir le prussiate rouge en gros cristaux, transparents, d'un rouge rubis, jouissant d'un éclat presque métallique.

Ces cristaux sont anhydres et se composent de :

Sesqui-cyanure de potassium.	59,60
Sesqui-cyanure de fer.	40,40
	400,00

Les deux prussiates donnent lieu dans la plupart des dissolutions métalliques à des précipités de couleur caractéristique, ce qui leur donne une grande importance dans la chimie analytique pour l'analyse qualitative; dans ce cas, le métal en dissolution se substitue à la place du potassium et il se forme un sel soluble de potasse, et un cyanure double de fer et du métal ci-dessus, ordinairement insoluble, qui se précipite. Seulement les dissolutions sur lesquelles on opère doivent être suffisamment étendues, parce que les prussiates jaune et rouge pourraient être en partie décomposés par les acides concentrés, et donner lieu à des précipités qui induiraient en erreur.

Voici le tableau de la manière dont ils se comportent avec les principales dissolutions métalliques.

SELS DE	PRUSSATE JAUNE.	PRUSSATE ROUGE.
Antimoine.	Précipité blanc.	Pas de précipité.
Argent.	Précipité blanc.	Précipité jaune orangé.
Bismuth.	Précipité blanc insoluble dans l'acide hydrochlorique.	Précipité jaune brun soluble dans l'acide hydrochlorique.
Cadmium.	Précipité blanc soluble dans l'acide hydrochlorique.	Précipité jaune soluble dans l'acide hydrochlorique.
Cérium.	Précipité blanc laiteux soluble dans l'acide nitrique.	Pas de précipité.
Chrome.	Id.	"
Cobalt.	Précipité gris verdâtre.	Précipité rouge brun foncé.
Protoxyde de cuivre.	Précipité blanc.	Précipité brun.
Deutoxyde de cuivre.	Précipité brun rougeâtre.	Précipité jaune verdâtre sale.
Étain.	Précipité blanc.	Précipité blanc.
Protoxyde de fer.	Précipité blanc qui bleuit presque instantanément à l'air.	Précipité bleu foncé.
Peroxyde de fer.	Précipité bleu foncé.	Pas de précipité.
Iridium.	Pas de précipité.	Id.
Manganèse.	Précipité blanc prenant toutefois une teinte rougeâtre.	Précipité gris brunâtre.
Mercur.	Précipité blanc.	Précipité jaune.
Molybdène.	Précipité brun rouge.	Précipité brun rouge.
Nickel.	Précipité jaune verdâtre.	Précipité brun jaunâtre.
Or.	Pas de précipité	"
Osmium.	Id.	"
Palladium.	Précipité gélatineux brun jaunâtre.	"

SELS DE	PRUSSIATE JAUNE.	PRUSSIATE ROUGE.
Platine.	Pas de précipité.	Précipité brun jaune.
Plomb.	Précipité blanc.	Pas de précipité.
Rhodium.	Pas de précipité.	Id.
Tantale.	Précipité jaune.	»
Titane.	Précipité jaune cannelle qui verdit à l'air pour peu que le titane contienne du fer.	Précipité jaune brunâtre.
Tungstène.	Pas de précipité dans les dissolutions neutres.	»
Urane.	Précipité rouge brunâtre.	Précipité rouge brunâtre.
Vanadium.	Précipité jaune citron verdissant à l'air.	»
Zinc.	Précipité blanc.	Précipité jaune orangé.

Les sels d'alumine donnent avec le prussiate un précipité blanc qui ne se manifeste qu'au bout d'un certain temps; les sels de zirconie un précipité blanc, et les sels formés par les autres terres et les alcalis ne donnent lieu à aucun précipité.

De tous ces précipités celui produit par le mélange des dissolutions de peroxyde de fer et du prussiate jaune de potasse est le plus important, et est connu sous le nom de *bleu de Prusse*. Il se compose de :

Cyanure de fer.	46,07
Sesqui-cyanure de fer.	53,93
	<hr/> 100,00

Dans le procédé que l'on suit d'ordinaire pour la fabrication du bleu de Prusse, celui que l'on obtient a toujours une composition un peu différente de celle que nous avons indiquée, parce qu'au lieu d'employer du peroxyde de fer pur, on se sert de vitriol vert (sulfate de peroxyde), seulement en partie transformé en sulfate de peroxyde, et qui retient une quantité plus ou moins grande de sel de protoxyde. Ce dernier donne par le prussiate jaune un précipité blanc qui bleuit à l'air, en absorbant l'oxygène, et forme un sel basique qui se distingue du bleu de Prusse véritable en ce qu'il se dissout dans de l'eau pure, en lui donnant une belle couleur bleue. On ne doit pas confondre ce sel basique avec un autre bleu, que l'on obtient en versant lentement du nitrate de peroxyde de fer dans une dissolution de prussiate de potasse que l'on agite constamment. Le précipité qui se produit alors, est en partie soluble dans l'eau pure qu'il colore en un beau bleu foncé; si on évapore à sec la dissolution, on obtient un résidu brillant qui a l'apparence d'un vernis, est presque complètement soluble dans l'eau, et est formé d'une combinaison de bleu de Prusse neutre avec du prussiate jaune.

Le bleu de Prusse insoluble se présente en masses plus ou moins compactes dont la cassure est terne, d'un bleu foncé présentant un reflet rougeâtre, mais qui prennent par le frottement un bel éclat métallique bronzé, et qui dans leur ensemble ont beaucoup d'analogie avec l'indigo. Il est complètement insoluble dans l'eau et l'alcool, et n'est pas attaqué par les acides étendus. L'acide sulfurique concentré le transforme à froid en une masse pâteuse blanchâtre, qui, lorsqu'on l'étend d'eau, se décompose et laisse un précipité de bleu de Prusse. Chauffé avec les acides sulfurique ou nitrique concentrés, il se décompose complètement, et l'addition subséquente de l'eau ne donne plus lieu à un précipité bleu. La potasse, la soude et leurs carbonates, la baryte, la strontiane et la chaux caustiques, en décomposent le sesqui-cyanure de manière à en précipiter le fer à l'état de peroxyde, et à former un cyanure alcalin ou terreux qui se combine avec le cyanure de fer, pour former un sel double soluble; si par exemple on emploie de la potasse, on reproduira du prussiate jaune; c'est même le meilleur procédé pour obtenir ce sel à l'état de pureté. Lorsqu'on fait digérer le bleu de Prusse avec de l'oxyde

rouge de mercure et de l'eau, la couleur bleue disparaît, il se forme du cyanure de mercure qui se dissout, et il reste un précipité brun clair formé de cyanure et de peroxyde de fer.

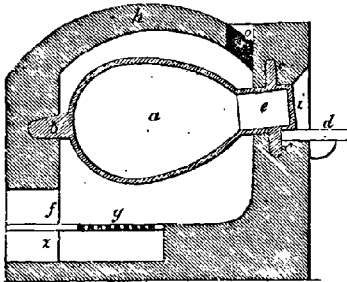
Fabrication du prussiate jaune de potasse. Elle consiste, comme nous l'avons dit, à chauffer au rouge des matières animales azotées brutes, ou déjà calcinées avec du carbonate de potasse et du fer. Ce dernier procédé a prévalu et est généralement employé, parce qu'il permet de retirer par une distillation préalable des matières animales, une quantité considérable de carbonate d'ammoniac, que l'on peut transformer soit en sel ammoniac, soit immédiatement en ammoniacque caustique (voyez AMMONIAQUE et CHLORURES), produits qui ont une assez grande valeur, à tel point que la fabrication du bleu de Prusse n'est la plupart du temps qu'un produit secondaire des fabriques de sels ammoniacaux.

Tous les résidus de la calcination ou de la distillation des matières animales sont propres à la fabrication du prussiate de potasse, à l'exception du noir animal qui, par suite de la grande quantité de phosphate de chaux qu'il renferme, donnerait lieu par la calcination avec du carbonate de potasse, à une quantité correspondante de phosphate de potasse au lieu de bleu de Prusse. Les matières animales que l'on emploie surtout sont les sabots, rognures de cornes, sang desséché, etc.; elles rendent environ : les sabots et rognures de cornes, 12 à 13 p. 100 de charbon animal; le sang desséché, 40 p. 100.

Ce charbon est finement pulvérisé et mélangé très intimement avec de la potasse perlasse de bonne qualité, aussi exempte que possible de sulfate, dans les proportions de 1 1/2 à 2 p. de charbon pour 1 p. de potasse; on peut dissoudre la potasse dans la moindre quantité d'eau possible, ce qui offre l'avantage de séparer les sels étrangers, et surtout le sulfate, qui sont insolubles dans une dissolution très concentrée de potasse, en faire une pâte avec le charbon en poudre, puis faire sécher le tout; de cette manière, la potasse s'introduit dans les moindres pores du charbon, et le mélange est bien plus intime que celui qu'il est possible d'obtenir par un procédé mécanique.

On chauffe ensuite le mélange dans une espèce de cornue en fonte, jusqu'à ce qu'il arrive à l'état de fusion pâteuse où on le maintient. La cornue dont on se sert est en fonte, très épaisse, de forme variable, mais qui, dans tous les cas, doit avoir une ouverture ou col assez étroit et que l'on puisse fermer aisément, la forme la plus généralement adoptée est représentée dans la fig. 249. *a*, est la cornue en fonte de forme ovoïde, soutenue à sa partie postérieure par un tourillon *b*, et dont le col cylindrique *c*, soutenu par deux appendices *c*, *c*, se ferme au moyen d'une plaque *i*; au devant de cette ouverture se trouve la plaque de travail en fonte *d*; *g*, est la grille sur laquelle on charge le combustible par la porte de chargement *f*; *z*, le cendrier;

n, la voûte qui recouvre le fourneau; et *o*, le rampant qui conduit les produits de la combustion dans la cheminée.



249.

On remplit environ à moitié la cornue avec le mélange ci-dessus, et on commence à la chauffer graduellement en chargeant du combustible sur la grille. Aussitôt que la cornue est arrivée au rouge, on en ferme le col avec la plaque *i*, et on entretient seulement le feu de manière à maintenir cette température; de quart d'heure en quart d'heure, on enlève un instant la plaque *i*, pour brasser rapidement la masse pâteuse avec un ringard en fer. Pendant l'opération, il se dégage des gaz combustibles, qui viennent s'enflammer à la bouche de la cornue chaque fois qu'on l'ouvre. La quantité de ces gaz diminue à mesure que l'opération avance, et l'on peut regarder celle-ci comme terminée lorsque toute flamme a disparu. La première opération dure en tout environ 12 heures, y compris le temps nécessaire pour l'échauffement du fourneau et de la moufle; les opérations suivantes, dans lesquelles on introduit le mélange dans la cornue déjà portée au rouge, ne durent que 8 heures. Un inconvénient qu'on n'a pu surmonter jusqu'ici, et qui augmente considérablement le prix du prussiate de potasse, tient à ce que le fer nécessaire à sa préparation doit être fourni par les parois mêmes de la cornue; la fonte se dissout surtout dans la partie inférieure de la cornue et d'une manière souvent inégale, et bientôt la paroi se trouve percée d'ouïtre en ouïtre en certains points. On est donc obligé de donner aux parois de la cornue une épaisseur considérable, de 3 à 5 centim., et par suite, pour produire à l'intérieur une température convenable, de chauffer le fourneau au rouge vif, ce qui détériore et brûle rapidement la paroi extérieure de la cornue. On a essayé d'ajouter directement au mélange de charbon animal et de potasse, du fer très divisé en limaille ou en tournures, mais les résultats ne paraissent pas avoir répondu d'une manière satisfaisante à ce qu'on espérait. Lorsqu'il se manifeste un trou à la partie inférieure de la cornue, on lui fait faire une demi-révolution sur son axe, on bouche le trou avec un morceau de tôle que l'on lute avec du mastic de fer, et ainsi réparée, la cornue peut servir encore à une nouvelle série de fontes.

L'opération terminée, on puise la matière avec une cuillère en fer, et on la verse dans une caisse en tôle que l'on ferme ensuite, et où on la laisse refroidir; lorsque la masse est suffisamment refroidie, on la lave à l'eau bouillante jusqu'à épuisement. Les eaux de lavage sont filtrées dans une chausse en laine, et la dissolution jaune et claire qui passe au travers du filtre est, soit employée immédiatement pour la fabrication du bleu de Prusse, soit concentrée à un degré convenable dans des chaudières en tôle, puis versée dans des cristallisoirs en bois. Le prussiate jaune que l'on obtient ainsi doit encore être purifié par une ou deux cristallisations subséquentes avant d'être livré au com-

merce. Par suite de la grande solubilité du prussiate de potasse, les eaux-mères en renferment encore une quantité très notable, et en outre des carbonate, phosphate et sulfate de potasse, et des chlorure, sulfure et sulfo-cyanure de potassium; on les emploie immédiatement à la préparation d'une qualité inférieure de bleu de Prusse, ou bien, on les concentre par évaporation pour en retirer du prussiate de potasse impur.

Voici la théorie de cette fabrication :

Le charbon animal consiste essentiellement en carbone, et renferme en outre une quantité assez faible d'azote; lorsqu'on le chauffe seul, il n'éprouve aucune altération; mais lorsqu'on le mélange avec de la potasse et qu'on chauffe le tout au rouge, l'affinité de l'alcali pour le cyanogène détermine la formation de celui-ci au moyen de l'azote et d'une partie du carbone renfermés dans le charbon animal. Lorsque, outre la potasse, il entre du fer dans le mélange, il se forme également du cyanure de fer qui, ayant une très grande affinité pour le cyanure de potassium, se combine avec lui pour former un cyanure double qui est le prussiate de potasse. Presque toujours, surtout si l'on a arrêté l'opération un peu trop tôt, il ne se forme pas une quantité de cyanure de fer suffisante pour saturer tout le cyanure de potassium qui se trouve alors en excès dans la masse, et passe dans les eaux de lavage. Pour transformer le cyanure de potassium en excès, en cyano-ferrure de potassium ou prussiate jaune, avant de faire cristalliser la dissolution, on y verse du sulfate de protoxyde de fer (vitriol vert) en dissolution, jusqu'à ce qu'il commence à se former un précipité blanc ou bleuâtre et persistant; dans cette réaction, une partie du cyanure de potassium est décomposée, il se forme du sulfate de potasse d'une part, et de l'autre du cyanure de fer, qui se combine avec le cyanure de potassium non décomposé, pour former une nouvelle quantité de prussiate jaune.

Préparation du bleu de Prusse. Nous avons déjà donné plus haut la théorie de fabrication du bleu de Prusse; il ne nous reste qu'à entrer à ce sujet dans quelques détails pratiques.

On distingue les bleus purs ou *bleus de Paris*, et les bleus mélangés d'alumine ou *bleus de Berlin*. Le choix des matières premières de la fabrication dépend naturellement de la beauté et du prix des objets que l'on veut fabriquer; pour les sortes les plus fines, on emploie du prussiate de potasse, purifié par une ou plusieurs cristallisations successives; pour les bleus communs, on se sert presque toujours de la dissolution brute de prussiate de potasse; enfin, pour les variétés inférieures, on emploie même les eaux-mères de la fabrication du prussiate cristallisé.

Le sel de fer, presque exclusivement employé, est le sulfate de protoxyde de fer; il ne doit pas contenir de cuivre, lequel donnerait lieu à un précipité brun rougeâtre qui altérerait sensiblement la couleur du bleu de Prusse; on reconnaît la présence du cuivre en dissolvant un peu du sulfate à essayer dans de l'eau, acidulant la liqueur avec de l'acide sulfurique et y plongeant une lame de fer bien décapée; s'il y a du cuivre dans le sulfate, il sera réduit, et viendra former un enduit rouge et métallique sur la surface de la lame de fer. On peut bien purifier le sulfate cuprifère et en précipiter tout le cuivre, en le dissolvant dans l'eau et le faisant bouillir pendant quelque temps avec un peu d'acide sulfurique et de la tournure de fer ou de la vieille ferraille; mais ce procédé ne laisse pas que d'entraîner dans des frais assez coûteux, et il vaut mieux dans tous les cas se procurer dans le commerce du sulfate de fer exempt de cuivre, ce qui n'offre pas beaucoup de difficultés. Avant d'employer ce sulfate, on le laisse exposé à l'air jusqu'à ce qu'il ait pris extérieurement une couleur brun jaunâtre. Il conviendrait peut-être

même d'employer, pour la préparation des bleus les plus fins, du nitrate de peroxyde de fer, qui fournit un bleu d'une beauté telle, que les frais qu'entraînerait son emploi seraient compensés et au-delà par la qualité du produit obtenu.

La dissolution brute de prussiate de potasse, et même le prussiate purifié par une seule cristallisation, renferment encore, comme nous l'avons fait remarquer, plus ou moins de carbonate de potasse, de sorte, qu'outre le bleu de Prusse, il se précipite en même temps de l'oxyde jaune de fer qui en altère la teinte; pour prévenir cet inconvénient, on neutralise le carbonate de potasse par de l'acide sulfurique que l'on ajoute, soit à la dissolution de prussiate de potasse, soit à celle de sulfate de fer. Dans la fabrication des bleus de Berlin communs, on neutralise le carbonate de potasse par de l'alun; il en résulte un précipité d'alumine qui se mélange intimement avec le bleu de Prusse, et en augmente beaucoup le poids sans en diminuer notablement la teinte, lorsque la quantité n'en est pas très considérable. A cet effet, on dissout la quantité d'alun nécessaire, préalablement déterminée par expérience, dans la dissolution de sulfate de fer, puis on verse le tout peu à peu, et en ayant soin d'agiter continuellement, dans la dissolution de prussiate de potasse, ce qui donne lieu à la formation d'un précipité d'un bleu plus ou moins foncé qui ne tarde pas à se déposer. On décante le liquide surnageant, on le remplace par de l'eau pure, on agite pour mettre de nouveau le précipité en suspension, on laisse déposer de nouveau, on décante, et on continue ainsi à laver pendant longtemps par décantation, afin d'enlever les matières solubles et de foncer la couleur du bleu, comme nous l'avons expliqué au commencement de cet article, par l'absorption de l'oxygène dissous dans l'eau; on jette ensuite le résidu du lavage sur des chasses en toile où on le laisse égoutter, on le comprime modérément, et on le divise en petits pains que l'on laisse sécher à l'ombre.

Comme le bleu de Prusse une fois desséché est difficile à réduire de nouveau à l'état d'extrême division qu'il posséderait étant humide, il est souvent vendu et employé en pâte (c'est-à-dire non desséché), surtout pour les fabriques de papiers peints, etc.

Nous avons donné plus haut les caractères du bleu de Prusse pur; les bleus qui contiennent l'alumine présentent par le frottement d'autant moins d'éclat cuivré qu'ils en renferment en une plus grande quantité.

Le bleu de Prusse est employé dans la peinture à l'aquarelle, mais non dans la peinture à l'huile. Pour son emploi dans la TEINTURE, voyez les articles IMPRESSION SUR ÉTOFFES et TEINTURE.

MM. Stéphen et Nax de Londres ont pris en Angleterre un brevet (en 1837), pour un procédé qui leur permet de dissoudre le bleu de Prusse, de sorte que l'on peut non plus seulement l'appliquer par impression, mais encore l'employer en dissolution comme la plupart des autres matières colorantes, ce qui en étend considérablement l'application.

Ce procédé consiste d'abord à faire digérer le bleu de Prusse du commerce, pendant 24 à 48 heures, avec de l'acide hydrochlorique concentré ou de l'acide sulfurique au maximum de concentration que l'on doit étendre, après le mélange, de son poids d'eau; on lave ensuite soigneusement, avec de l'eau pure, par décantation, afin d'enlever tout l'acide, on jette sur un filtre où on termine le lavage, on dessèche le résidu, on le broie avec de l'acide oxalique, et le mélange est soluble dans l'eau.

L'insuffisance de la description du procédé dans la patente, ainsi que le manque de détails sur les quantités de matières à employer, et les précautions à suivre dans la manipulation, ont déterminé dernièrement

M. Karmarsch à faire à ce sujet une série d'expériences dont voici les résultats principaux.

1° Le traitement préalable du bleu de Prusse, par les acides hydrochlorique ou sulfurique, offre l'avantage:

a. Qu'il est nécessaire d'employer, pour rendre le bleu soluble, une beaucoup moindre quantité d'acide oxalique;

b. Que la dissolution de bleu de Prusse peut se conserver longtemps sans déposer aucun précipité, ce qui arrive infailliblement lorsqu'on ne fait pas subir au bleu ce traitement préalable;

c. Enfin, qu'il faut une moindre quantité d'eau pour dissoudre le bleu, ce qui permet d'obtenir une dissolution plus concentrée.

2° La quantité d'acide oxalique nécessaire pour déterminer la dissolution du bleu de Prusse est faible: un excès de cet acide, loin d'augmenter la solubilité du bleu dans l'eau, la diminue.

3° La combinaison de bleu de Prusse et d'acide oxalique n'est pas soluble en toutes proportions dans l'eau, et lorsqu'il n'y a pas assez d'eau, une partie reste, sans se dissoudre, sous la forme de boue d'un bleu foncé.

4° Les proportions les plus convenables pour obtenir un bleu soluble en dissolution concentrée, susceptible d'être filtrée sans résidu et de se conserver longtemps sans donner lieu à aucun dépôt, sont: 8 parties de bleu de Prusse traité par l'acide sulfurique, puis bien broyé avec 4 p. d'acide oxalique, et dissous dans 256 p. d'eau. Voyez PRUSSIALE.

BLEU DE TOURNESOL. Voyez TOURNESOL.

BLEU D'INDIGO. Voyez INDIGO.

BLEU D'OUTREMER. Voyez OUTREMER.

BLEU RAIMOND. Voyez TEINTURE.

BLUTEAU ou BLUTOIR. Voyez MOULINS.

BOCARD. Voyez MÉTALLURGIE.

BOIS (*angl.* wood, *all.* holz). On désigne sous ce nom la partie ligneuse des arbres. Le bois est essentiellement composé de ligneux, mais il renferme en outre diverses substances que la sève tient, pour la plus grande partie, en suspension ou en dissolution. Ce sont surtout des matières gommeuses ou résineuses, l'extractif, et des principes colorants. Le bois se conserve indéfiniment dans l'air sec ainsi que lorsqu'il est tenu plongé dans l'eau; mais lorsqu'il est exposé à l'influence alternative ou simultanée de l'air, de l'eau et de la lumière, il s'altère peu à peu en absorbant de l'oxygène et en produisant de l'acide carbonique; il perd de sa cohésion et finit par se convertir en une poudre grise ou brunâtre. Le chlore blanchit le bois sans le dissoudre. L'acide nitrique bouillant et concentré le jaunit, détruit sa cohérence, et finit par le convertir en acide oxalique. L'acide hydrochlorique le noircit sans le rendre soluble. L'acide sulfurique concentré et bouillant le carbonise également; à froid cet acide concentré et en excès le transforme en gomme, puis en étendant d'eau et faisant bouillir, la gomme se change en sucre de raisin. A chaud, une dissolution concentrée de potasse dissout le bois en formant une liqueur brune, qui renferme des acides oxalique, acétique et ulmique.

On admet en général que les bois verts renferment de 0,37 à 0,48 de liquides, suivant qu'ils sont plus ou moins compacts, et qu'après un an de coupe, ils en retiennent encore 0,20 à 0,25. Le bois est très hygroscopique; on ne peut le dessécher complètement qu'en le réduisant en copeaux minces, puis l'exposant pendant 24 heures au moins, et jusqu'à ce qu'il commence à brunir, dans une étuve sèche, à la température de 120 à 130° centigr. Tous les bois, quels qu'ils soient, parfaitement desséchés et conservés dans une chambre sans feu pendant un an, absorbent 0,08 à 0,10 d'eau.

La plupart des bois sont plus légers que l'eau, mais

leur densité est très variable, selon leur essence et selon leur état de dessiccation. Cependant la matière ligneuse elle-même, indépendamment des cavités dont elle est criblée, est plus pesante que l'eau, et a une densité à peu près constante, quelle que soit la nature du bois, qui varie de 1,46 à 1,53, d'après Rumfort.

Pour trouver la pesanteur spécifique d'un bois, on en pèse un morceau sec, on le plonge ensuite dans l'eau, et lorsqu'il en est entièrement saturé, on le pèse de nouveau à l'air; enfin on le pèse plongé sous l'eau; la différence entre la deuxième et la troisième pesée est le poids de l'eau déplacée, et en divisant le résultat de la première pesée par cette différence, on aura la pesanteur spécifique cherchée. M. Marcus Bull a remarqué que ce procédé est inexact, parce que le bois se gonfle promptement dans l'eau; il préfère empêcher l'eau de le pénétrer, en enduisant les morceaux, après les avoir pesés à l'air, d'un vernis qui a exactement la même densité que l'eau, et qu'il obtient en mélangeant de la résine dont la densité est 1,079 et de la cire dont la densité est de 0,967. M. Le Play a imaginé de faire tailler les échantillons de bois, dont il voulait trouver les poids spécifiques à divers états de dessiccation, sous la forme de cylindres pesant environ 1 kilogr., qu'il desséchait très graduellement à l'étuve, en les pesant de temps en temps, et notant à chaque fois leurs dimensions, ce qui lui permettait d'en déterminer très approximativement le volume et, par suite, la densité.

L'Annuaire du bureau des longitudes adopte, pour pesanteur spécifique, du :

Chêne.	885	Tilleul.	604
Hêtre.	852	Cyprés.	598
Frêne.	845	Cèdre.	561
If.	807	Peuplier blanc.	529
Orme.	800	Sassafras.	482
Pommier.	733	Peuplier ordinaire.	383
Sapin jaune.	657	Liège.	240

Celle de l'eau étant 1.000.

Le poids du bois cordé dépend de la pesanteur spécifique, de la grosseur des morceaux, de leur forme, et surtout du soin plus ou moins grand avec lequel ils sont rangés; toutes choses égales d'ailleurs, plus les morceaux sont gros et plus le poids de la mesure est considérable. M. Marcus Bull a reconnu, par un grand nombre d'expériences, que le plus ordinairement il y a 0,56 de plein et 0,44 de vide dans le bois cordé, ce qui, à l'aide du tableau ci-dessus des pesanteurs spécifiques, permet de calculer le poids du stère des différentes essences de bois séchés à l'air. Comme le bois d'un an de coupe retient encore environ 25 p. 400 d'eau, il faudrait prendre les trois quarts des nombres obtenus pour avoir le poids du bois parfaitement sec.

Sous le rapport de leur emploi, nous distinguerons les bois en :

BOIS DE FEU ou DE CHAUFFAGE. Voyez CARBONISATION et CHAUFFAGE.

BOIS D'ŒUVRE, qui se subdivise suivant les différents arts où on l'emploie et au nom desquels nous renverrons, pour ce qui regarde les divers bois de construction et leur mise en œuvre.

Bois d'éclisses pour tamis, seaux, cribles, etc. Ce sont des bois de chêne, de frêne ou de hêtre, qu'on débite dans les forêts en petites planches pour faire des seaux, ou qu'on plie en cercles pour faire des tamis, des tambours, des jouets d'enfants, et autres ouvrages de bois-sellerie.

Bois odorants. Cette variété comprend le bois d'aloès, de cail-cedrat, de citronnier, de cèdre, de girofle, de cannelle-giroflée, de gayac, de rose, de sassafras, de santal-citrin, etc.

Les ébénistes, les tourneurs et les tabletiers emploient plusieurs de ces bois pour faire des meubles en mar-

quetrie, des étuis, des boîtes à compartiments et autres ouvrages semblables. Voyez ÉBÉNISTERIE, TABLETERIE.

Le cèdre est employé généralement dans la fabrication des crayons de mine de plomb.

Bois merrain. Petites planches de chêne minces, plus longues que larges. Il y en a de deux sortes : le *merrain à panneaux*, qui sert à la menuiserie, et le *merrain à douves*, dont on fait des *barriques* et *tonneaux*.

Bois de travail ou d'ébénisterie, qui comprend : les bois indigènes les plus employés, tels que le bois de chêne, le noyer, le frêne, le hêtre, le merisier, l'orme, le châtaignier, le sapin, etc.; 2° les bois exotiques, comme l'acajou, l'ébène, le citronnier, le palissandre, le gayac, le bois de Férole ou de Féroë, de Cayenne, etc. Voyez ÉBÉNISTERIE.

BOIS DE TAN. Voyez TANNAGE.

BOIS DE TEINTURE. Résineux ou non résineux, en bûches ou en éclisses. On ne considère comme bois de teinture que ceux dont l'infusion, riche en couleur, colore suffisamment les étoffes et d'autres substances. Les écorces et racines de certains arbres, les feuilles, branches et tiges de plantes ou d'arbrisseaux colorants, séchées et pulvérisées sont connues sous la dénomination de *teintures*. Voyez EXTRAITS, TEINTURES.

On appelle *bois en éclisses* les bûches ou madriers débités en minces copeaux pour en extraire plus parfaitement et plus économiquement la matière colorante. Voyez EXTRAITS. On donne aussi, dans le commerce de droguerie, le nom de *bois de teinture moulus* aux minces copeaux qui tombent en poussière par le moindre effort, ainsi qu'à ceux qui sont réduits en poudre par la division mécanique. Voyez BROYAGE.

Les bois de teinture les plus connus sont ceux du Brésil, de campêche, le santal, qui sont employés pour la teinture en rouge, et le *bois jaune*. Les plus estimés proviennent des possessions étrangères du Brésil, des Indes orientales, de la Jamaïque, de la Chine, de Siam, de Manille et des autres Philippines, de Gaban, d'Afrique, etc.; aussi les désigne-t-on généralement dans le commerce sous le nom des pays d'où on les tire :

Bois de Fernambouc ou de Brésil, des Indes ou de Sapan, de Bahama, de Nicaragua ou Sainte-Marthe, de Campêche, etc.

Celui de *Fernambouc* (Amérique), provenant de lieux secs et rocailleux, enferme la plus belle et la plus grande quantité de matière colorante : l'extérieur du tronc est gris ou blanchâtre, l'intérieur en est rouge ou jaune; le premier est ordinairement enlevé, et le second est connu dans le commerce sous le nom de bois de Brésil; le meilleur vient du gouvernement de Paraïbo.

Celui du *Brésil*, pour la qualité de la matière colorante, est presque égal à celui de Fernambouc; mais, d'après Bancroft, il ne contient que la moitié de la quantité de la matière colorante du bois de Fernambouc; il est d'une couleur rouge foncé, avec des veines jaunâtres très espacées. Plus il est vieux, plus il renferme de matière colorante; on estime alors principalement celui qui est en gros morceaux. La matière colorante propre à la teinture étant déposée par la végétation et ne se développant qu'avec le temps, la teinte des jeunes troncs est tout à fait blanche; plus tard, ils passent successivement au rouge et au rouge brun.

Le bois de *Sapan* a été employé dans l'Inde orientale pour teindre en rouge dès les temps les plus reculés; il venait en Europe quelque temps avant la découverte de l'Amérique. Le meilleur est le *Sapan de Siam*; après lui viennent ceux de Lima, de Java, le bois de Sapan de Chine, l'un et l'autre de qualité moyenne; ceux de Manille et des autres Philippines, le bois de Saint-Martin et celui de Padangs sont les plus mauvais.

Le bois du *Brasiliensis cœsalpini* porte le nom de bois rouge de la Jamaïque, de Brasillet ou Bresillet de la Jamaïque, mais il est moins estimé que le bois de Brésil proprement dit. Ce bois vient principalement des îles de *Bahama*; il est pour cela souvent nommé d'après cette origine. Il nous arrive en bâtons, dépouillés d'écorce; son aubier est blanchâtre, l'intérieur d'un rouge brun parsemé de veines transversales plus foncées.

Le *Nicaragua* ou *Sainte-Marthe* est presque aussi lourd que le *Fernambouc*, mais il ne renferme ordinairement que $\frac{1}{3}$ autant d'une matière colorante qui n'est ni si belle ni si durable. Cependant sa qualité est très variable; certaines variétés ne renfermant que $\frac{1}{6}$ de la quantité de matière colorante du *Fernambouc*, tandis que d'autres en renferment jusqu'à $\frac{1}{2}$. Ce bois se vend dans le commerce en bâtons foncés, gros comme le bras, très tortueux, et rempli de trous d'un rouge pâle beaucoup plus foncé au centre qu'à la surface.

Le *Campêche* arrive en bûches, il est d'un rouge foncé qui devient noir quand on le coupe; on en fait usage pour teindre en rouge, en violet, en noir. Ce bois trempé dans l'eau donne une teinture si foncée qu'on peut s'en servir pour écrire. Voyez ENCRE.

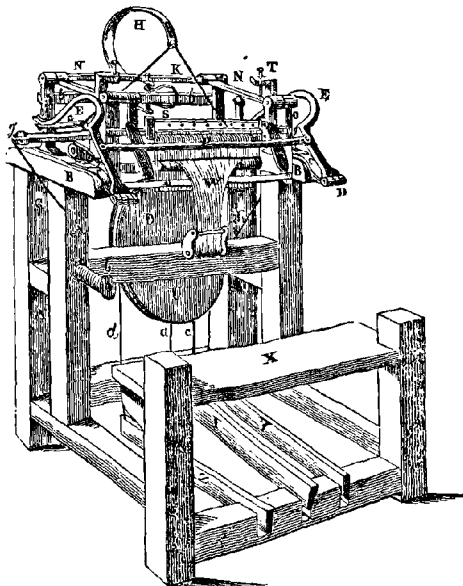
Le bois de *Santal* est d'un beau rouge, moins foncé que le *Fernambouc*; il est dur et sec, mais s'éclatant facilement.

BOLAIRE (terre). Nom donné à des argiles colorées par de l'oxyde de fer. Voyez ARGILE.

BOMBES. Voyez PROJECTILES.

BONNETERIE (*angl.* hosiery, *all.* strumpweberei).

La bonneterie, considérée sous son point de vue spécial, comprend tous les tissus dits *tricotés*, tels que *bas*, *bonnets de coton*, *maillots*, *caleçons*, *gilets de laine*, *jupons*, *mitaines* et *gants tricotés*, etc. Tous ces tissus sont fabriqués au moyen d'un seul et même métier, dit *métier à tricoter*, dont la figure 250 représente une vue en perspective.



250.

Autrefois, et cela est encore assez commun aujourd'hui, les tricots se faisaient à la main au moyen de deux aiguilles; chaque mouvement faisait une *maille*. Dans le métier à tricoter, on fait autant de mailles d'un

seul coup qu'il y en a de réparties sur une même ligne droite; le seul inconvénient que présente ce genre de travail, par rapport au premier, c'est qu'il ne peut donner que des surfaces planes, qu'on est ensuite obligé de relier par des coutures plus ou moins solides pour obtenir des vêtements fermés, tandis que le tricot à la main permet d'obtenir immédiatement toute espèce de forme.

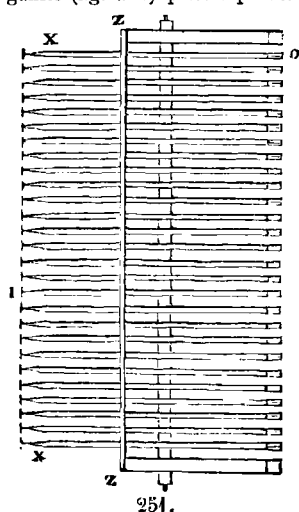
Mais cet inconvénient est largement compensé par la promptitude d'exécution du métier qui, s'il ne donne pas des produits aussi estimés, quant à la qualité, en donne d'incomparablement moins coûteux par suite du bas prix de la main-d'œuvre.

On est arrivé sous ce rapport à des résultats tellement remarquables, qu'il est des localités, en Angleterre, où il est presque aussi économique d'acheter une paire de chaussettes neuves que de faire blanchir celle qui est sale.

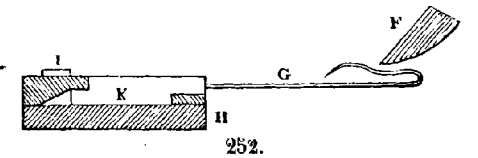
Le métier à bas ordinaire consiste en une série d'aiguilles (fig. 251) placées parallèlement les unes aux

autres, dans un même plan horizontal, et suffisamment distancées, selon la finesse et le serré du tricot que l'on veut obtenir. Ces aiguilles sont maintenues dans cette position par une de leurs extrémités, qui est noyée dans un bâti composé d'une série de petites plaques en étain contenant chacune deux aiguilles. L'assemblage des aiguilles avec ces plaques, appelées *plombs*, s'effectue de la manière suivante :

On a un moule en fer dans lequel sont ménagées bien exactement les places des deux aiguilles; quand ces dernières sont en place dans le moule, on coule l'étain fondu et on laisse refroidir avant de retirer. Par ce moyen on obtient une distance constante entre les aiguilles accouplées, et si, par suite de la juxtaposition des plaques, on n'obtient pas la même distance entre deux aiguilles consécutives appartenant à deux plaques contiguës, rien n'est plus simple que de rogner dans l'étain, ou d'ajouter un petit morceau de carton ou tôle intermédiaire. L'autre extrémité des aiguilles, celle qui fait le travail du métier, est recourbée comme le représente la fig. 252 ci-contre. La partie recourbée est as-



251.

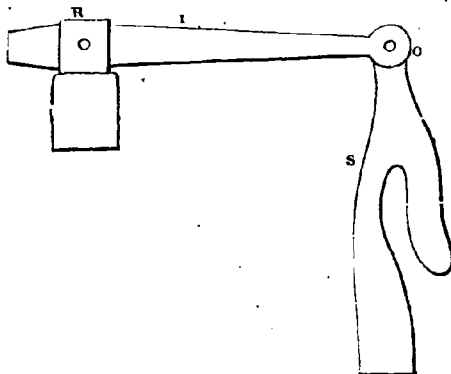


252.

sez élastique pour que son extrémité vienne s'appliquer sur le corps de l'aiguille, à l'aide d'une faible pression en ce point où le contact a lieu dans ce cas, se trouve une rainure capable de loger cette pointe, et la mettre ainsi dans l'impossibilité de retenir les fils sortants, comme nous verrons plus loin.

Entre les aiguilles sont intercalées des pièces de bois

verticales (fig. 253) appelées *platinas*. Ces pièces, qui sont destinées à abaisser le fil entre les aiguilles pour l'opération du métier, portent chacune, à cet effet, un



253.

crochet agissant de haut en bas. Sans connaître la théorie de l'opération, on comprend immédiatement que si on abat suffisamment la série des platinas sur un fil placé droit au dessous des crochets *r*, on imprime à ce fil la forme ondulée *SS*, représentée dans la figure 254. On distingue deux espèces de platinas :

Les platinas fixes.

Les platinas abaisseuses.

Ces deux espèces de platinas ont exactement la même forme, quant à la partie qui travaille; elles ne diffèrent entre elles que par la manière dont elles sont mises en mouvement.

Les platinas abaisseuses *L'* (fig. 255) reçoivent leur mouvement des pièces horizontales *M*, appelées *ondes*, avec lesquelles elles sont assemblées à charnière.

Les platinas fixes *L* reçoivent leur mouvement d'un bâti *P*, avec lequel elles sont aussi assemblées à charnière.

Les platinas abaisseuses sont intercalées entre les platinas fixes, de manière à présenter suc-

cessivement une platine fixe et une platine abaisseuse.

Le but des deux systèmes de platinas est le suivant :

Si on abat sur le fil tendu toutes les platinas à la fois, il en résulterait pour le fil une traction et un frottement sur les aiguilles et sous les crochets des platinas, qui ne manqueraient pas de le faire rompre ou allonger au détriment de sa ténacité. Si au contraire on abat successivement les deux espèces de platinas, les premières descendant d'une quantité double, afin que les

autres puissent prendre chacune à leur voisine la longueur de fil qu'il leur faut pour produire l'ondulation nécessaire, le fil ne subit qu'une traction moitié de celle définie plus haut, et est moins exposé à s'allonger. Néanmoins cette méthode n'a pas paru encore suffisamment sûre, car les platinas abaisseuses sont abattues, non pas simultanément, mais successivement. On peut demander alors pourquoi les platinas sont divisées en deux groupes, du moment où les abaisseuses sont abattues successivement, car il devient par là aussi facile d'opérer sans rompre le fil, en les abattant toutes les unes après les autres qu'en les abattant en deux fois, dont l'une successivement. Pour expliquer cette anomalie apparente, il suffit de remarquer que l'abatage successif des platinas abaisseuses est plus long que l'abatage simultané des platinas fixes: de plus, le fil est toujours moins tirailé par des platinas espacées que par des platinas rapprochées.

L'abatage des platinas abaisseuses s'effectue de la manière suivante :

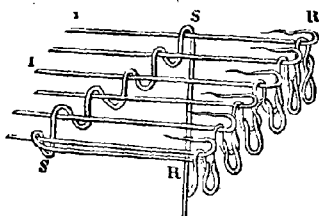
En *V* (fig. 255) est un curseur métallique mis en mouvement par la corde *ge*, représentée en *g, f, e, g*, dans la fig. 250. Cette corde fait un tour complet sur la gorge de la poulie *U*, qui met en mouvement les pédales *Y* et *Z*. *n, n*, sont des pièces faisant ressort sur les extrémités, de manière à les maintenir en place quand les platinas abaisseuses sont levées. Comme l'indique facilement la figure, quand le curseur *V* avance, soit de droite à gauche, soit de gauche à droite de l'ouvrier, il soulève successivement les extrémités des ondes et abat les platinas abaisseuses, qui restent dans cet état jusqu'au moment où un taquet, venant frapper sur l'extrémité *q* du levier *N*, fait baisser la barre *pp*, et avec elle les ondes *M* qui soulèvent les platinas abaisseuses.

Cet exposé bien compris, nous allons donner la théorie de l'opération.

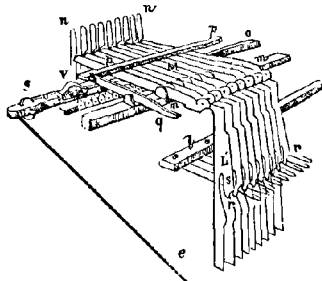
Théorie du métier à tricoter. Supposons un tricot commencé, et suspendu par conséquent aux aiguilles par une série de mailles. Soit ce tricot appliqué tangentiellement à la surface, formée par la série des parties rentrantes des platinas; soit *SS*, un fil droit qu'abaissent successivement les platinas abaisseuses et fixes, de la manière que nous avons décrite plus haut. Faisant avancer les aiguilles en arrière jusqu'à tant que ce fil ondulé se trouve dans les crochets (voyez fig. 254, dans laquelle nous supposons une disposition inverse du tricot *RR* et du fil *SS*). A ce moment opérons une pression sur la totalité des crochets au moyen de la presse *F* (fig. 252), puis continuons à faire avancer en arrière les aiguilles, ainsi fermées, jusqu'à tant que les crochets se trouvent passés dans les mailles du tricot déjà fait. Tirons ce tricot hors des aiguilles et nous aurons une nouvelle série de mailles. En effet, lorsque nous faisons passer les crochets des aiguilles dans les mailles du tricot, il y a à l'extrémité de ces crochets un fil ondulé qui, s'il était droit, empêcherait les mailles de sortir de ces aiguilles, mais qui ondulé pénètre dans ces mailles, qu'il laisse couler et retient près des crochets par de nouvelles mailles qu'il vient lui-même apporter.

La presse *F* (fig. 250) est abattue au moyen de la pédale *I*, placée entre les deux pédales *Y* et *Z*; la corde *a* attachée à cette pédale correspond à la barre *G*, qui par l'intermédiaire des leviers à charnière *E, E*, dits *cages en fer*, communique le mouvement à la presse *F*. Le ressort *H*, communiquant par une corde aux deux pièces *P* et *G*, a pour but de les maintenir alternativement levées; c'est-à-dire que quand la pédale *I* est baissée, la pièce *G* est baissée et le bâti *P* des platinas fixes est levé; tandis que, quand la pédale *I* est levée, la pièce *G* est levée et le bâti des platinas fixes est baissé.

Ainsi quand les platinas fixes sont abattues, les crochets sont ouverts, et quand les platinas fixes sont le-



254.

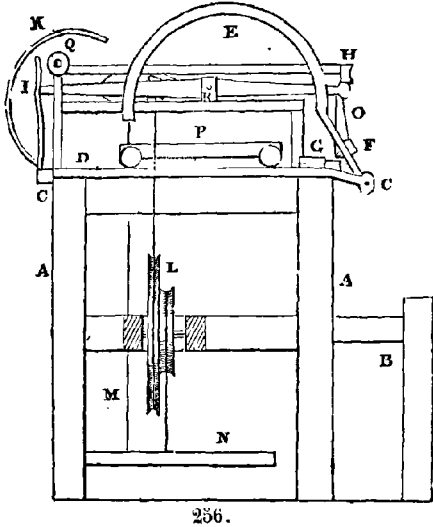


255.

vées, les crochets sont fermés; ce sont deux opérations distinctes que l'on est parvenu à faire avec une seule pédale.

L'avancement et le reculement des aiguilles se fait à la main au moyen des deux battants R, R.

La fig. 256 représente une vue de côté dans un



256.

métier de ce genre. Le bâti se compose de quatre forts montants en bois de chêne ou de frêne, reliés entre eux par des traverses S, S. En B est le siège de l'ouvrier bonnetier; P, représente le charriot des aiguilles mobiles sur un petit chemin de fer D; E, C, est la cage en fer et la presse.

Le métier à bas ordinaire que nous venons de décrire est considéré en Angleterre comme ayant été inventé par William Lee, qui, le premier, établit une manufacture de bas mécanique à Calverton près Nottingham; mais il en est de cette prétention comme de beaucoup de ce pays pour les inventions françaises. Le métier à bas fut inventé sous Louis XIV par un serrurier bas-normand, qui, le premier, offrit au roi une paire de bas fabriqués à la mécanique; malheureusement, à cette époque, les inventeurs n'avaient pas les moyens de se produire qu'ils ont aujourd'hui, et le malheureux serrurier fut repoussé avec dédain par le corps des bonnetiers qui, à cette époque si féconde en grands génies, était très puissant.

Le métier à bas diffère des autres métiers en ce qu'il donne toujours la même grosseur, et le même nombre de mailles; il n'y a de variation possible que par le changement d'épaisseur du fil, qui fait le tissu plus serré ou plus clair. Il résulte de là que chaque métier a sa spécialité, et peut manquer comme regorger d'ouvrage suivant la mode des bonneteries du moment, ou suivant les commandes qu'on peut lui faire.

Le nombre des mailles d'un tricot, contenues dans une largeur donnée, varie beaucoup. Les tricots grossiers contiennent deux mailles par centimètre de large; les tricots fins, les plus en usage, en contiennent depuis six jusqu'à dix.

Les aiguilles sont en fer et très faciles à fabriquer; néanmoins il faut encore bien connaître cette partie pour acquérir toute l'habileté nécessaire à leur confection, si on veut les obtenir bonnes et les vendre à bénéfice.

Pour faire les aiguilles on s'y prend de la manière suivante :

On a du fil de fer fort, fin et de qualité supérieure,

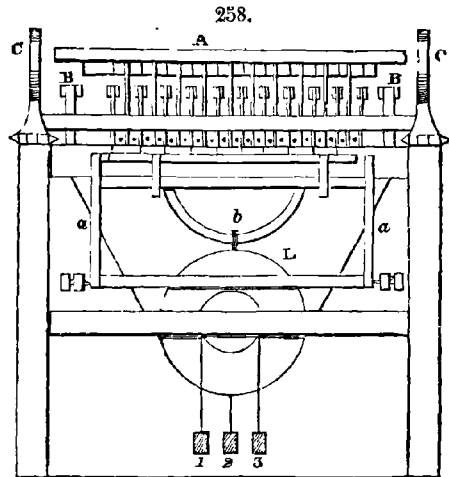
incapable de fendre ou de s'écailler par la torsion; on le coupe en parties d'égaux longueurs et en nombre suffisant, les longueurs et la finesse des aiguilles dépendant complètement de la finesse du tricot qu'elles sont destinées à faire.

On place les aiguilles ainsi préparées dans une boîte en fer-blanc, puis on remplit les interstices avec du charbon de bois; on donne une chaude qui trempe légèrement la surface et rend le fer plus élastique. Pour rendre la trempe encore plus douce, on a soin de faire refroidir la boîte dans un bain de cendres. Cela fait, on pratique une rainure sur une partie de la longueur de chaque aiguille pour recevoir la pointe pendant l'a-battage; cette rainure se fait au moyen d'une machine

représentée dans la fig. 257. Cette machine consiste en deux pièces de fer, A et C, assemblées à charnière au point B; la partie inférieure C est fixée à une table, et la partie supérieure A est mobile au moyen du ressort G et de la vis E, mise en mouvement par le levier D. En F est le ciseau destiné à faire la rainure dans l'aiguille placée dans un coussinet en acier trempé H. On obtient ainsi sur l'aiguille la rainure représentée dans la fig. 259.

On lime ensuite l'extrémité des aiguilles, qui doit être recourbée, jusqu'à ce qu'elle offre une pointe très aiguë et très saine; ensuite on les courbe et leur donne la forme représentée dans la fig. 252. Enfin, pour terminer, on aplatit au marteau l'autre extrémité des aiguilles, afin qu'elles ne tournent pas dans leurs plombs.

Métier pour bas à côtes. Les tricots à côtes sont pres-



258.



259.

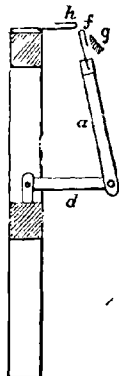
que aussi employés que les tricots ordinaires, sinon pour la totalité des tissus, du moins pour une partie.

ainsi le haut des bas, le bas des caleçons, etc., sont à côtes, parce que ce genre de tricot a l'avantage de se resserrer beaucoup et d'être élastique.

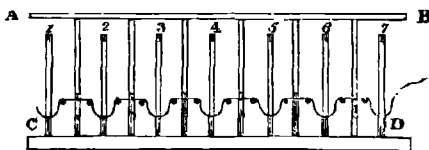
En principe, le tricot à côtes ne diffère du tricot ordinaire que par la disposition des mailles, dont les unes présentent la tête en dehors et les autres en dedans. Le métier à tricots à côtes ne diffère pas beaucoup, par cette raison, du métier ordinaire, comme nous allons le voir.

Il se compose d'un métier ordinaire auquel est ajoutée une machine particulière que nous allons expliquer :

Soit (fig. 258) un métier à tricoter vu de face. A étant le bâti qui supporte les platines fixes, B celui des platines abaissées, et C celui des cages en fer. On ajoute sur le devant le cadre a a, représenté par a d dans la fig. 260. La partie supérieure du cadre a est munie d'aiguilles à tricots, en tout semblables à celles du métier ordinaire; ces aiguilles occupent les positions relatives indiquées dans la figure 261. En g est une petite presse destinée à opérer l'abatage des aiguilles du cadre a. Ces aiguilles sont réparties par groupes de 1, 2, 3, 4, etc., suivant l'épaisseur que l'on veut donner aux côtes et la distance que l'on veut ménager entre elles. Si, par exemple, le côtelage est régulier et composé de quatre mailles d'un côté et quatre mailles de l'autre, il y a quatre aiguilles additionnelles telles que f devant quatre aiguilles de tricot h, puis un vide de quatre aiguilles f devant quatre autres aiguilles h, puis quatre aiguilles f, et ainsi de suite; dans ce cas le nombre des aiguilles f est moitié de celui des aiguilles du tricot.



260.



261.

La manœuvre des aiguilles additionnelles s'effectue de la manière suivante :

Il faut retourner le sens d'un certain nombre de mailles, c'est-à-dire présenter le dos de la maille du côté opposé à celui que lui donne la machine; pour cela, il suffit de changer la position du plan des parties ondulées du fil correspondant aux côtes. A cet effet, les mailles ordinaires et les côtes se font alternativement. Quand les premières sont faites, les aiguilles à faire la côte sont soulevées entre les aiguilles à mailles ordinaires, sans qu'il soit ajouté de nouveau fil; on leur fait prendre ainsi le dernier fil des aiguilles à mailles correspondantes, puis on le fait repasser par la maille inférieure, d'où il sort pour se reporter sur l'aiguille d'où il a été enlevé. Par ce moyen on a simplement changé le sens de l'entrée de la nouvelle maille dans la maille inférieure, et par conséquent présenté le dos de la maille là où le tissu ordinaire présente l'ouverture.

MÉTIER CIRCULAIRE A MAILLES. L'invention de ce métier, bien qu'assez récente, se trouve cependant déjà utilisée pour une importante fabrication; on le comprendra facilement quand nous dirons, qu'en partie au moins, l'invention du *métier circulaire à mailles*, appelé quelquefois *tricoteur continu*, a réalisé pour le métier à bas la transformation à chercher pour toute machine agissant par alternative, et l'a rendu continu. Qu'on se représente

une circonférence de 0^m,70 de diamètre environ, où aboutissent les platines d'un métier à bas, et autour de laquelle tourne une bobine portant un fil qui se déroule par le mouvement d'un axe qui porte plusieurs roues successives servant à déterminer des mouvements analogues à celui des platines abaissées du métier à bas, et à produire des mailles, on aura une idée grossière du *tricoteur continu*. On concevra que cette machine fournit un cylindre continu de tricot qui peut remplacer, après le foulage, le drap et surtout la flanelle, en évitant toutes les façons du métier à tisser. Il est pourtant juste d'observer que le tricot ne peut avoir, dans le sens transversal surtout, la résistance de tissus obtenus avec des fils croisés. Aussi cet ingénieux métier n'a-t-il pas fait de révolution dans l'industrie de la draperie, malgré ce qui avait été annoncé lors de l'invention du métier circulaire. Il est au contraire employé avec succès par la bonneterie pour la production de jupons sans couture, d'étoffes souples pour la ganterie, etc.

BORAX. Le borax, ou borate de soude anhydre, est un composé d'acide borique et d'oxyde de sodium; lorsqu'il est cristallisé il contient en outre 5 ou 10 équivalents d'eau par équivalent de sel, suivant qu'il a été obtenu à l'état de cristaux octaédriques ou de cristaux prismatiques. Voici au reste la composition du sel dans les trois états ci-dessous indiqués :

<i>Borax anhydre.</i>		
4 équivalent d'acide borique. . .	872	ou 69
4 équivalent de soude.	390	— 31
Borax anhydre	1262	pour 1000
<i>Borax octaédrique.</i>		
4 équivalent d'acide borique. . .	872	ou 47,7
4 équivalent de soude.	390	— 21,3
5 équivalents d'eau.	562,5	— 31,0
Borax octaédrique.	1824,5	pour 1000
<i>Borax prismatique.</i>		
4 équivalent d'acide borique. . .	872	ou 36,55
4 équivalent de soude.	390	— 16,35
10 équivalents d'eau.	1425	ou 47,4
Borax prismatique.	2387	pour 1000

Le *borax prismatique* est un sel natif que l'on trouve abondamment dans l'Inde, en Chine, dans la Perse, dans l'île de Ceylan et dans l'Amérique du Sud; on en a même rencontré en Europe, dans le royaume de Saxe. Recueilli sur les bords de petits lacs qui le tiennent en dissolution, il était autrefois importé en grande quantité en Europe, où il était connu sous le nom de tinkal; reçu en petits cristaux, et contenant une certaine proportion de matières étrangères, on le raffinait avant de le livrer au commerce. L'industrie du raffinage, longtemps tenue secrète à Venise, puis concentrée en Hollande, fut enfin importée en France par les frères Lécuyer. Tant que le borax fut obtenu exclusivement avec le tinkal, son prix resta très élevé, il valait encore de 7 à 8 francs le kilogr. en 1815; vers cette époque commença en France la fabrication de ce sel au moyen de l'acide borique de Toscane et du carbonate de soude; ce nouveau procédé, très économique, puisque le borax se vend maintenant 2 fr. le kilogr., est aujourd'hui exclusivement employé en France et même en Angleterre; nous allons en donner la description. Quant à l'ancien procédé, qui n'était qu'une simple épuration, nous le croyons trop peu important pour l'indiquer ici. On le trouvera consigné du reste dans les anciens ouvrages de technologie.

Le *procédé français* consiste, nous le répétons, à traiter l'acide borique de Toscane (voyez l'article *acide borique*) par du carbonate de soude cristallisé, à la température de l'ébullition; le carbonate de soude est décomposé, il se forme du borate de soude, il y a déga-

gement d'acide carbonique, et le borax cristallise par le refroidissement de la liqueur. Au premier abord cette préparation paraît extrêmement simple, cependant elle a rencontré à l'origine des obstacles sérieux, qui provenaient de la difficulté que l'on éprouvait à obtenir des cristaux solides et d'un très gros volume, ainsi que le veut encore les exigences et quelquefois les besoins du commerce. MM. Payen et Cartier écartèrent cet obstacle, et parvinrent à préparer régulièrement le borax en cristaux tenaces et volumineux en opérant la cristallisation sur de grandes masses, et en la rendant aussi lente et aussi régulière que possible. Ce premier obstacle écarté il s'en présente un second auquel on ne s'attendait pas, et que nous signalons parce qu'il montre bien comment les préjugés parviennent souvent à fausser le jugement; en effet le commerce, habitué à trouver dans le borax de Hollande une teinte grisâtre et des cristaux à arêtes brisées par les secousses d'un long transport, ne voulut pas du nouveau produit, il fallut pour renverser ces préjugés imiter le borax de Hollande, et pour cela couronner les arêtes des cristaux en plaçant ceux-ci dans des tonneaux que l'on faisait tourner sur un axe. Aujourd'hui ces précautions ne sont plus nécessaires; voici comment on opère.

Dans une grande cuve en bois, doublée de plomb et chauffée à la vapeur, on fait dissoudre 4200 kilogr. de carbonate de soude cristallisé dans une quantité d'eau telle qu'ajoutée avec celle produite par la condensation de la vapeur, le tout forme 2000 kilogr. Lorsque la dissolution est complète, on élève sa température à peu près à 40° degrés, puis on ajoute au liquide l'acide borique par portions de 4 à 5 kilogr. seulement à la fois; le carbonate de soude est immédiatement décomposé, l'acide carbonique se dégage avec grande effervescence et il reste du borate de soude en dissolution; si l'on mettait trop d'acide borique à la fois, le dégagement d'acide carbonique pourrait être assez violent pour projeter hors de la cuve une partie de la dissolution. Avec l'acide carbonique, il se dégage toujours entre autres gaz un peu d'ammoniacque qui provient de la décomposition de sels étrangers; on pourrait le recueillir en fermant hermétiquement la cuve et en conduisant les gaz dégagés, par un tube de plomb, dans de l'acide sulfurique; il se produirait du sulfate d'ammoniacque qui a une assez grande valeur.

Pour saturer les 4200 kilogr. de carbonate de soude cristallisé, on emploie environ 4000 kilogr. d'acide borique de Toscane, contenant à peu près 40 p. 100 de substances étrangères. Lorsque la saturation est complète, la solution doit marquer environ 21° Baumé; on arrête alors la vapeur, et on laisse déposer le liquide pendant 40 ou 42 heures, puis on soutire la solution claire au moyen d'un robinet placé à 2 ou 3 décimètres du fond, c'est-à-dire au-dessus du dépôt.

La solution de borax est reçue dans des vases doublés de plomb, très peu profonds, 20 à 30 centimètres au plus, dans lesquels elle ne tarde pas à se refroidir et à cristalliser; les cristaux détachés sont mis à l'égouttage sur un plan incliné. Les eaux mères passent dans une nouvelle opération, et les dépôts qui se sont formés dans la cuve de décomposition sont vidangés par une large canelle.

Les cristaux de petite dimension, provenant de cette première cristallisation, doivent être soumis à une nouvelle opération qui consiste à les épurer et à les transformer en cristaux volumineux, tels que le commerce et l'industrie le réclament.

Raffinage du borax. Dans une cuve semblable à la précédente, et d'une grande dimension, on fait dissoudre à la fois 9000 kilogr. de borax brut; cette dissolution s'opère à chaud, et on l'active singulièrement en plaçant le borax dans un panier en tôle élevé par une grue, et que l'on suspend au sein du liquide contenu dans

la cuve. Après dissolution complète, on ajoute à la liqueur quelques centièmes de carbonate de soude. La solution bouillante doit marquer 21° à l'aréomètre de Baumé; après un repos de une heure ou deux, on la soutire dans un grand cristalliseur doublé de plomb épais, et ayant à peu près 4^m,50 de profondeur sur 2 à 3 mètres de côté. Ce cristalliseur est placé dans une pièce isolée, bien fermée, à l'abri des changements brusques de température, des chocs et ébranlements, et de toutes les causes, en un mot, qui pourraient troubler la cristallisation. Le refroidissement de la solution doit être extrêmement lent, et à cet effet, le cristalliseur doit être couvert, et environné de corps mauvais conducteurs de la chaleur. C'est en prenant toutes ces précautions, et surtout en adoptant les grands cristalliseurs que nous avons indiqués, que l'on parvient à obtenir les gros cristaux recherchés pour plusieurs applications. Suivant la température extérieure, la cristallisation doit durer de 25 à 30 jours, elle est terminée lorsque la liqueur ne marque plus que 23 à 30° de température; à ce moment il faut enlever l'eau mère au moyen d'un siphon, puis un homme essuie vivement les arêtes des cristaux au moyen d'une éponge; cela fait, on remplace le couvercle et on laisse refroidir pendant quelques heures, afin que les cristaux surpris par le froid ne deviennent pas friables.

Les cristaux fortement adhérents aux parois du cristalliseur sont détachés au moyen d'un ciseau, et à grands coups de maillet, après leur dessiccation; on les sépare les uns des autres avec une petite hachette, on en élimine les menus cristaux, puis on les emballe dans des caisses imitant les anciens emballages des Hollandais.

Le borax prismatique, obtenu comme nous venons de le dire, contient 47 p. 100 d'eau; il a un goût douceâtre, il affecte les couleurs végétales comme un alcali, il est soluble dans 42 fois son poids d'eau froide et dans 2 parties d'eau bouillante. Exposé à l'air sec, il s'effleurit rapidement et perd sa transparence, il fond à une chaleur au-dessous de 400° et peut perdre toute son eau de cristallisation, il forme alors une masse spongieuse, qui par une plus haute température se fond en une masse transparente comme le cristal; c'est le borax anhydre.

Le borax octaédrique, découvert par M. Payen, offre cela d'avantageux que cristallisé, il contient cependant moitié moins d'eau que le précédent. Il cristallise au sein d'une solution plus concentrée que celle qui produit le borax octaédrique, et dans des limites de température supérieures; l'opération est donc la même que celle que nous venons de décrire, seulement la solution de borax brut doit marquer 30 à 32° à l'aréomètre de Baumé, et à 400° centigrades, lorsqu'on la soutire dans les grands cristalliseurs; la cristallisation commence à 79° de température et le borax octaédrique cesse de se former à 56°, on doit donc à ce moment enlever vivement les eaux mères qui ne donnent plus par le refroidissement que du borax prismatique.

Les cristaux de borax octaédrique adhèrent fortement entre eux, ils forment des plaques peu épaisses, très dures et sonores; à l'opposé du borax prismatique, ils s'effleurissent dans un air très humide, ou même lorsqu'on les plonge dans l'eau, ils tendent dans ces circonstances à absorber une quantité d'eau égale à celle qu'ils renferment déjà, et à passer à la composition du borax prismatique. Du reste les deux borax ont les mêmes propriétés, et agissent de la même manière dans toutes les applications, puisqu'ils commencent toujours par perdre leur eau de cristallisation.

Le borax fondu a la propriété, à une haute température, de dissoudre les oxydes métalliques et de les transformer en verres transparents et colorés, suivant leur nature; c'est ainsi que l'oxyde de chrome le ce-

ACIDE BORIQUE.

lore en vert émeraude; l'oxyde de cobalt, en un bleu intense; l'oxyde de cuivre, en vert pâle; l'oxyde de fer, en vert de bouteille ou en jaune; l'oxyde de manganèse, en violet; l'oxyde de nickel, en vert émeraude pâle. Les oxydes blancs ne le colorent pas.

Cette propriété remarquable, mise à profit dans les essais au chalumeau, est d'ailleurs la base de l'emploi principal que le borax trouve dans l'industrie. Tout le monde sait en effet que ce produit est indispensable dans quelques soudures, et pour les brasures il préserve de l'oxydation les parties que l'on veut réunir.

Depuis quelques années, on fait entrer le borax dans la composition des verres fins et des glaces, dont il facilite la bonne fabrication; d'ailleurs il est employé depuis longtemps comme fondant dans la préparation des couvertes pour porcelaine anglaise.

Dans ces dernières applications le borax, pourvu qu'il soit pur, n'a pas besoin d'être cristallisé, il serait même préférable qu'il fût anhydre; c'est à cette intention, et pour rendre en même temps la fabrication moins coûteuse, que l'on a proposé divers procédés; nous citerons entre autres celui qui consiste à épurer préalablement l'acide borique, puis à le combiner à sec avec la soude, en le mélangeant avec la proportion nécessaire de carbonate de soude cristallisé et en soumettant le mélange intime à une température convenable dans une étuve. Il paraît que dans ces circonstances la réaction se fait aussi bien qu'avec des dissolutions, et qu'on obtient du premier coup du borax spongieux très blanc et privé d'eau. Si l'acide borique arrivait pur de Toscane, nul doute que ce procédé ne fût économique; mais dans l'état actuel des choses il n'en est pas ainsi, en sorte que l'expérience peut seule prononcer pour ou contre ce nouveau mode de travail.

ACIDE BORIQUE. L'acide borique est composé de bore et d'oxygène; il peut se rencontrer ou se produire dans trois états différents. Il est formé de :

4° A l'état anhydre.	Bore.	34,49	
	Oxygène.	68,84	
			400,00

2° Hydraté, mais desséché à la température de 400°.

Acide borique.	{ Bore.	22,5	} 72,4
	{ Oxygène.	49,6	
	Eau.	27,9	
			400,0

3° Cristallisé dans des dissolutions aqueuses, tel du reste qu'il se trouve dans le commerce.

Acide borique.	{ Bore.	47,58	} 56,38
	{ Oxygène.	38,80	
	Eau.	43,62	
			400,00

Lorsque l'acide borique cristallisé est pur, et qu'on vient à le chauffer, il perd d'abord la moitié de son eau de cristallisation à la température de 400°; puis, à la température rouge, le reste de l'eau se dégage, il éprouve la fusion ignée, et il se transforme en un verre transparent et d'une grande limpidité; à cet état il attire fortement l'humidité et ne tarderait pas à perdre sa transparence si on ne le conservait dans des vases hermétiquement fermés.

L'acide borique est peu soluble dans l'eau; à 40°, 100 parties de ce liquide n'en dissolvent que 3 parties, et, à la température de l'ébullition, 8 parties, dont 5 se déposent par le refroidissement en petits cristaux prismatiques.

Découvert en 1702 par Homberg, cet acide s'employait autrefois exclusivement du borate de soude, on tinkal (voyez l'article précédent BORAX), pour les besoins de la médecine; rien n'est plus simple que cette

ACIDE BORIQUE.

préparation; il suffit de dissoudre à chaud le borax et de traiter la dissolution par de l'acide sulfurique concentré; il se forme du sulfate de soude qui reste en dissolution, et l'acide borique très peu soluble se précipite en larges écailles nacrées au fur et à mesure que la liqueur se refroidit. Préparé de cette manière, l'acide borique, connu sous le nom de *sel sédatif de Homberg*, retient toujours, malgré des lavages, un peu d'acide sulfurique.

Aujourd'hui, non seulement l'acide borique ne se prépare plus avec le borax pour les besoins des arts, mais encore les lagoni de Toscane en fournissent naturellement en telle quantité, que la plus grande partie du borax, livré au commerce, se prépare, comme nous l'avons vu dans le précédent article, en combinant directement l'acide borique avec la soude.

Sous le nom de *lagoni* on désigne les localités de la Toscane où se recueille l'acide borique; ce sont de vastes bassins que l'on maintient toujours remplis d'eau, et sous lesquels viennent déboucher des petits cratères ou *saffioni*, qui dégagent continuellement des vapeurs sortant du sein de la terre; ces vapeurs entraînent avec elles une certaine quantité d'acide borique qui se dissout dans l'eau des lacs; lorsque cette dissolution est arrivée à un certain degré de concentration, il suffit, pour en extraire l'acide borique, de concentrer et de faire cristalliser la liqueur.

Dans l'extraction en grand de l'acide borique, on a superposé plusieurs vastes bassins dans lesquels aboutissent le plus grand nombre possible de *saffioni*, et disposés de telle manière qu'on fait arriver de l'eau pure seulement dans le bassin le plus élevé, et qu'on la fait ensuite circuler successivement dans les bassins inférieurs, jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment saturée d'acide borique. Les eaux séjournent à peu près 24 heures dans chaque bassin; elles y sont agitées incessamment par les courants de vapeurs souterraines, dont la force est telle qu'elles lancent souvent l'eau des lagoni à une très grande hauteur.

Lorsque les eaux arrivées dans le bassin le plus bas y ont également séjourné 24 heures, on les soutire dans un réservoir appelé *vasque*, de 6 mètres carrés de superficie sur 4 mètres de profondeur, où la plus grande partie de la vase se dépose pendant un jour et une nuit, c'est-à-dire pendant l'intervalle que l'on met entre deux vidanges des bassins. On a toujours deux *vasques* placées l'une à côté de l'autre; pendant que les dépôts se forment dans l'une, l'autre sert à alimenter les chaudières d'évaporation.

Le liquide clair surnageant dans les *vasques* est décanté directement dans deux batteries de chacune sept chaudières en plomb, ayant 2^m,90 en carré sur 0^m,35 de profondeur, supportées par de forts chevrons en bois au-dessus d'une maçonnerie en gradins. Toutes les chaudières peuvent se vider successivement les unes dans les autres, la plus élevée est celle qui reçoit le liquide des *vasques*.

Pour évaporer la dissolution très étendue d'acide borique, on a profité de la chaleur produite par la vapeur des *saffioni*; cette vapeur, amenée par des galeries en pierre, s'introduit sous la dernière chaudière de chaque batterie, et sèche successivement le fond de toutes les autres.

C'est à M. Larderelle, le créateur de cette industrie perfectionnée, que l'on doit cette heureuse et économique application de la vapeur perdue à l'évaporation. Avant lui, on se servait de combustibles très chers, ce qui augmentait le prix de revient de l'acide de manière à le rendre inabordable.

La solution d'acide borique soutirée claire des *vasques*, marquée ordinairement de 4° à 4°,5 à l'aréomètre de Baumé; on en remplit les quatre premières chaudières de chaque double batterie. Après 24 heures d'évapor-

tion, la solution rapprochée à moitié de son volume primitif est transvasée à l'aide de siphons en plomb dans les deux chaudières suivantes de chaque rangée; elle est remplacée par le produit d'une nouvelle décanation de la vasque. Vingt-quatre heures plus tard, la solution, réduite encore de moitié, c'est-à-dire amenée au quart du volume primitif, est siphonnée dans chacune des dernières chaudières des deux batteries, et on y réunit les eaux-mères provenant d'une cristallisation précédente. C'est dans ces dernières chaudières que se termine la concentration, au bout de 24 heures; la solution marquant 40 à 42° Baumé, à la température de 78 à 85°, est soutirée immédiatement dans des cuiviers en bois, doublés de plomb, ayant à peu près 80 centimètres de diamètre sur une profondeur de 4 mètres.

L'évaporation dure donc en tout 72 heures; par la cristallisation, on obtient de chaque double batterie de 7 chaudières, 90 kilogr. d'acide borique commercial. Lorsque la cristallisation est terminée, on soutire l'eau-mère pour l'ajouter à une nouvelle opération et dans les dernières chaudières évaporatoires. L'acide est placé dans des paniers en osier dans lesquels il s'égoutte, puis on le porte sur le plancher d'un séchoir en briques, chauffé en dessous par la vapeur d'un saffioni, que l'on amène par des canaux en pierre.

Jusqu'à présent la Toscane est le seul pays qui ait fourni au commerce de l'acide borique; il est produit par 9 fabriques, toutes fondées sur le principe que nous venons d'indiquer, par M. Larderelle; voici les noms de ces fabriques et les quantités d'acide borique qu'elles livraient il y a peu de temps encore au commerce :

Sasso	46,000	kilogr. par mois.
Larderello	41,000	
Lervazano	9,000	
Monte-Cerboli	8,500	
Castel Nuovo	7,500	
Monte-Rotondo	7,500	
San-Frederigo	4,000	
Lustignano	3,400	
Lago	2,400	
	<hr/>	
	69,300	kilogr. par mois.

Soit au total, par année, 831,600 kilogr. d'acide borique. Malheureusement cet acide n'est pas très pur, comme on en peut juger par le tableau suivant, que l'on doit à M. Payen, qui a visité avec détail cette curieuse industrie.

Pour 400 kilogr. d'acide borique brut, on a trouvé :	
Acide borique pur et cristallisé	74 à 84
Sulfate d'ammoniaque	} 44 à 8
Id. de magnésie	
Id. de chaux	
Chlorure de fer	} 2,5 à 4,25
Alun	
Argile, sable	} 7 à 5,75
Soufre	
Eau hygroscopique dégagée à 35°	} 2,5 à 4
Matière organique azotée	
Hydrochlorate d'ammoniaque	
Acide hydrochlorique	
Acide hydrosulfurique	} 400 à 400

Comme on le voit, il existe de 46 à 26 p. 400 de matières étrangères dans l'acide borique de Toscane; ces substances augmentent en pure perte les frais de

transports et d'emballage, qui sont déjà assez considérables; on pourrait en réduire la quantité en traitant les eaux-mères à part, au lieu de les remettre avec les nouvelles solutions d'acide borique.

Une autre économie réalisable sur le prix de transport et d'emballage résulterait de la dessiccation de l'acide borique cristallisé, à une température de 400°. Par ce moyen on chasserait, comme nous l'avons déjà dit, la moitié de l'eau de cristallisation, et au lieu d'avoir seulement 56 p. 400 d'acide borique réel, on en aurait 72 p. 400.

L'acide borique sert, comme nous l'avons vu, à préparer le borate de soude, on l'emploie aussi en quantité assez considérable dans la préparation de l'émail de certaines poteries.

BOUCHES A FEU. Les bouches à feu sont les machines employées pour lancer avec une grande vitesse des projectiles d'un poids considérable et capables par suite de renverser les obstacles qu'ils rencontrent à de grandes distances. Elles se divisent en deux sortes principales, les canons destinés à lancer des projectiles pleins, et les obusiers et mortiers destinés à lancer des projectiles creux qui, chargés de poudre, éclatent à l'extrémité de leur course (voyez PROJECTILES).

A l'article AFFUT, nous avons donné le dessin des diverses pièces; nous n'y reviendrons pas ici, et ne nous occuperons dans cet article que de la construction des bouches à feu. Mais d'abord quelques notes sont nécessaires pour analyser ce qui se passe dans le tir d'une bouche à feu, afin d'en déduire les conditions auxquelles doit suffire sa construction.

La première chose à déterminer dans la construction d'une bouche à feu, ce sont les dimensions de l'âme ou intérieur de la pièce d'après la vitesse initiale que l'on veut imprimer au projectile. Le diamètre de celui-ci donne évidemment celui de l'âme, quant à la longueur, plus la bouche à feu sera longue plus la détente des gaz agira longtemps, et par suite plus le travail sera avantageux, au moins dans des limites dont la pratique est bien éloignée.

En effet, une même vitesse initiale peut être donnée à un projectile par plusieurs bouches à feu de longueurs d'âme différentes lorsque la charge varie; la variation de la charge pouvant compenser celle de la longueur; or il existe certaines limites pour les poids, les longueurs et les épaisseurs qu'on ne peut dépasser sans inconvénients; ainsi, pour les très gros calibres on donne proportionnellement moins de longueur que pour les petits, afin de ne pas trop augmenter la quantité de métal et le poids; pour les petits calibres on évite les âmes trop courtes qui ne donnent ni justesse ni égalité de portée et occasionnent une grande consommation de poudre.

La table ci-dessous donne assez exactement, pour une très bonne poudre et une bouche à feu en très bon état, les vitesses initiales du projectile (qui constituent le travail à produire), en raison des variations des divers éléments énumérés ci-dessus.

La charge et la longueur d'une bouche à feu étant déterminées, il reste à régler les épaisseurs du métal, d'après la résistance de celui-ci et les tensions du fluide dans l'âme suivant les diverses positions du projectile. C'est là le travail qu'a su faire un savant officier, M. Piobert, dans un beau mémoire qui lui a ouvert les

Longueurs d'âme des pièces en nombre de longueurs de leurs boulets	} 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20
Vitesses initiales pour des charges de . . . . .		} 4/3 du poids du projectile 4/6 — 4/10 —
	322 ^m | 382 ^m | 422 ^m | 450 ^m | 473 ^m | 492 ^m | 507 ^m | 518 ^m
	243 | 287 | 319 | 344 | 363 | 378 | 389 | 396
	200 | 234 | 259 | 278 | 293 | 304 | 314 | 314

portes de l'Institut. Les formules auxquelles il a été conduit, et pour l'établissement desquelles il est parti, des expériences de Rumford sur la pression des gaz de la poudre faisant explosion dans un cylindre qui en était rempli (la rupture des enveloppes a indiqué, dans ce cas, c'est-à-dire toutes les parois étant fixes, une pression de 25000 à 30000 atmosphères), et d'expériences qui lui sont propres sur la vitesse d'inflammation de la poudre (voyez **POUDRE A CANON**), permettent de calculer les dimensions de bouches à feu quelconques. C'est d'après ces considérations qu'il a pu établir les projets de plusieurs bouches à feu récemment introduites dans l'artillerie française, en même temps que constater l'excellence des dimensions adoptées pour les bouches à feu actuellement en usage, qui n'avaient été admises par Gribeauval qu'après de nombreuses expériences.

Les épaisseurs, à la volée, près de la bouche de la pièce, sont déterminées par la considération des chocs et des ricochets intérieurs que les parois de l'âme sont susceptibles de recevoir de la part du projectile; ces chocs qui varient avec la précision des dimensions du projectile et l'état de l'âme de la pièce ne peuvent être que des résultats d'expérience. La bouche de la pièce porte toujours un renflement de métal appelé *bourrelets* pour préserver cette partie des *éguèlements*, ou arrachements de métal qui peuvent résulter du choc oblique du projectile.

I. — Des métaux propres à la fabrication des bouches à feu; conditions à remplir. Pour qu'une bouche à feu puisse être faite avec un métal, il faut à celui-ci :

1° Une ténacité suffisante, pour que, sans exiger des dimensions énormes il puisse résister aux pressions engendrées par l'expansion des gaz; le poids croissant avec les dimensions aurait bientôt atteint la limite au-delà de laquelle l'arme cesserait d'être transportable, et se trouverait complètement inutile. On se trouve ainsi réduit, en ne tenant pas compte des métaux précieux, que leur prix élevé met en dehors de la question, aux trois métaux ou alliages : FER, BRONZE, FONTE; en les rangeant par ordre de ténacité, pour un même poids.

En effet, la pression nécessaire à la rupture par centimètre carré est en atmosphères, pour les trois métaux ci-dessous :

	Fer.	Bronze.	Fonte.
	420 ^{atm}	2600 ^{atm}	4200 ^{atm} .
sont :	7,78	8,626	7,03.

2° Une dureté assez grande, pour que la pièce ne soit pas promptement détériorée par l'action intérieure des gaz, et surtout les chocs du projectile dans l'âme de la pièce.

La dureté ne suit nullement l'ordre des ténacités, ainsi la fonte a, sous ce rapport, le premier rang, elle n'est douée d'aucune malléabilité, le choc du marteau la brise et ne peut nullement l'écraser; par conséquent les chocs et les pressions qui auront lieu dans l'intérieur de l'âme ne peuvent avoir aucun effet sensible. Cet effet sera un peu plus considérable quoique faible pour le fer, et enfin il sera très notable, et une cause de détérioration rapide dans le cas de l'emploi du bronze. L'ordre des duretés est donc : fonte, fer, bronze.

La différence de ces effets est telle que le logement du boulet (c'est-à-dire l'impression que fait le projectile dans la bouche à feu par suite de l'échappement des gaz par le vide que le projectile laisse nécessairement à la partie supérieure, qu'on appelle le vent) dans une pièce en fonte ne dépasse pas, après un long usage, 4 ou 5 points, ce qui ne produit pas grand inconvénient; tandis qu'il est de 2 à 3 lignes, au bout de 6 à 700 coups dans les meilleures pièces de campagne tirées à boulets roulants (c'est-à-dire sans être garnis de sabots de bois ou de carton, calottes demi-sphériques, qui détrui-

sent le vent), ce qui met celles-ci hors de service, en rendant leur tir trop incertain, outre qu'elles seraient bientôt complètement détruites par les ricochets intérieurs si on continuait à s'en servir.

3° Un mode d'éclater qui ne soit pas dangereux pour les soldats. En effet, si par l'usure, ou l'emploi d'une charge trop forte, une pièce en fer ou en bronze ne peut résister, la ligne suivant laquelle s'exerce la plus grande action ou la partie la plus faible, cède; il se forme une fissure qui commence à l'intérieur, par l'effet de la compression exercée contre les parois de laquelle les gaz agissent avec une très grande force. Elle tend donc à s'accroître, et à cause de la malléabilité des parois, ceux-ci cédaient, la pièce s'ouvre sans donner d'éclats.

Dans une pièce en fonte, au contraire, si se forme une pareille fissure, soit par des causes semblables, soit par une oxydation intérieure ou un défaut du métal en un point, l'action des gaz contre les parois de la fissure, fait éclater le métal, qui ne saurait céder, et il est projeté en éclats, comme cela arrive pour les projectiles creux; nous devons donc considérer le fer et le bronze, comme satisfaisant seuls complètement à cette condition; et l'inconvénient d'employer la fonte ne pourra être diminué qu'en donnant des épaisseurs de métal bien supérieures à celles rigoureusement nécessaires, afin de diminuer les chances d'explosion.

4° Le moindre prix possible.

La valeur que représente l'artillerie d'une nation étant énorme, il y a grand avantage à avoir des pièces qui coûtent le moins possible, ou si l'on veut, à avoir pour la même dépense, la plus nombreuse artillerie possible. L'ordre de valeur est fonte, fer, bronze.

Le bronze est de beaucoup le plus cher, et la différence de son prix pourrait compenser, et au-delà des frais de fabrication un peu compliqués, s'il s'agissait de le remplacer par la fonte et le fer. Du reste, la fonte se coulant comme le bronze, la fabrication ne saurait être bien différente.

5° Un approvisionnement qui puisse croître avec les besoins.

Ici l'avantage est encore au fer et à la fonte, sur le bronze. En effet, le cuivre est un métal rare, si on le compare au fer, et de plus, le bronze ne se produit que dans les fonderies du gouvernement, tandis que le pays est couvert d'usines produisant le fer et la fonte. Enfin, les opérations des fonderies sont délicates et difficiles, de telle sorte qu'en pressant le travail, il peut arriver qu'on n'obtienne que de mauvais produits.

II. — Du métal convenable dans chaque cas. Nous pouvons maintenant déterminer le métal qu'on doit employer dans chaque cas.

Fusils. La condition importante étant celle d'une grande légèreté, et le fer se forgeant aisément à de petites épaisseurs, le canon d'un fusil devra évidemment être en fer.

Canons de côte. Le nombre des canons de côte étant très grand, on ne pourrait les faire en bronze à cause de la dépense, puisqu'ils représenteraient un capital énorme; on sera donc obligé de les faire en fonte. Les inconvénients de la fonte seront ici les moindres possibles, puisque les pièces ne devant pas être transportées peuvent avoir des poids considérables. Les canons de marine sont aussi en fonte, le danger qu'ils n'éclatent pas est plus grand que pour les canons de côte, car on ne peut les faire aussi lourds.

Canons de siège et de campagne. Les canons qui doivent être d'un mouvement facile, surtout ceux de campagne, se font en bronze, qui satisfait bien à toutes les conditions, sauf celle de l'économie ou d'une durée suffisante, car ils peuvent se trouver usés au milieu d'une campagne. La difficulté d'éviter ces inconvénients est énorme; on a proposé à bien des reprises différentes des

canons en fonte; les Suédois, se confiant dans l'excellence de leurs fontes de fer, et contraints par l'économie, les ont adoptés; mais cependant cette idée doit être rejetée à cause de l'augmentation de poids qui en résulte, la mobilité faisant la force de l'artillerie.

Il nous reste à parler de l'emploi du fer, métal qui seul remplit toutes les conditions. On n'est arrêté que par une difficulté de fabrication, que les progrès de l'industrie feront certainement disparaître. La solution de ce problème a déjà été tentée.

On trouve dans Gassendi le nom d'anciennes pièces, pour la plupart construites en barres de fer réunies par des cercles, le tout soudé le mieux possible ensemble et dont la culasse est réunie au cylindre par une vis. Mais ne nous occupons que des essais dus à une industrie plus avancée, et voyons surtout si les progrès inouïs de l'industrie du fer, dans ces dernières années, et les découvertes de la science n'ont pas rendu possible un genre de fabrication qui n'était pas possible autrefois. Ce ne serait là qu'un progrès analogue à ceux qu'on rencontre chaque jour dans l'industrie, et cherchons à nous rendre compte en quoi il consiste, ou, au moins, dans quel sens il doit s'accomplir un jour.

III. — *Canons en fer.* Dans son grand ouvrage sur la fabrication des canons, Monge dit : « Que par sa grande ténacité le fer est sans contredit le métal qui convient le mieux à la fabrication des bouches à feu. » Il cite d'anciens essais qui ont réussi, et rapporte qu'une pièce, laissée fort longtemps sur les remparts, n'était pas oxydée profondément et seulement aux soudures des barres rapportées dont elle était formée.

Monge est tellement partisan des pièces en fer qu'il regrette que le temps ne lui permette pas de tenter une semblable fabrication.

La dernière tentative d'une fabrication de canons en fer date de 1813; une compagnie, dite compagnie Etienne, proposa d'en fabriquer. Voici comment Gassendi en décrit la fabrication.

Sur un tube formé comme un canon de fusil (c'est-à-dire de tôle assez mince, dont les bords sont rapprochés au marteau) on a soudé au marteau successivement des bandes en fer (embrassant le tube) qui donnent au canon la grosseur convenable. Puis on l'a alésé au calibre, et on a placé à ce manchon une culasse en fer à vis, qu'on a soudé à sa place avec de la soudure d'argent considérée comme la meilleure des soudures.

On fit une pièce de 8 qui avait 4 pouce 40 lignes d'épaisseur à la lumière, et 9 lignes à la naissance de la tulipe. Elle ne pesait que 529 kilogr. L'épaisseur était bien supérieure à celle strictement nécessaire.

Elle résista très bien aux épreuves.

Gassendi trouve à ces pièces les inconvénients :

1° De détruire promptement les affûts par la longueur du recul, de gêner les troupes par cette longueur. Le remède est bien simple, il suffit d'augmenter le poids de la pièce; mais dans le procédé décrit ci-dessus le prix, qui doit être déjà considérable, deviendrait trop grand;

2° D'altérer les portées par l'oxydation continuelle de l'âme. Cet effet est probablement beaucoup exagéré, car les canons de fusil servent bien longtemps avant d'être détruits par cette cause. En tous cas ce ne peut être un obstacle bien sérieux dans l'état actuel de la science, car il serait bien aisé d'employer quelque procédé de préservation.

3° D'affaiblir le moral du canonnier parce qu'il craint que ces pièces n'éclatent.

Nous ne comprenons pas comment ces pièces pourraient éclater d'une manière dangereuse comme les pièces en fonte, étant faites avec un métal aussi ductile que l'est le fer de bonne qualité. On voit en effet chaque jour les canons de fusil crever, mais non éclater; il nous semble qu'ici Gassendi a confondu le fer fondu

et le fer forgé. Il ajoute que les soudures (et surtout celle de la culasse) peuvent, pour un léger défaut, faire naître des fissures qui, en s'agrandissant, peuvent retenir le feu et causer des accidents. Aussi ce mode de fabriquer la culasse est-il vicieux; quant au forgeage du tube, il ne nous paraît pas pouvoir entraîner de pareils inconvénients.

IV. — *Moyens de fabrication.* Si aujourd'hui, avec les puissants moyens de fabrication dont dispose l'industrie, on voulait reprendre cette question, il nous paraîtrait possible de faire mieux que l'essai dont nous venons de parler. La soudure de tubes faits en tôles très fortes de 0^m,045 d'épaisseur, s'il était nécessaire, n'offrirait pas de difficultés. Quant à la culasse, au lieu de la souder, il serait certainement possible de l'obtenir en forgeant directement l'extrémité du tube, placé autour d'un mandrin plus court que lui, et terminé par une partie conique. Au moyen d'un puissant marteau ayant un vide aussi conique, on rapprocherait les bords et on les souderait parfaitement.

On arriverait ainsi à former d'une manière très résistante l'âme de la pièce; il suffirait d'aléser cette pièce de fer, et toutes les conditions de résistance intérieure seraient remplies.

En effet, le logement du boulet ne peut pas avoir d'effet destructif bien notable, à cause de la résistance du fer; le mode de destruction de ces pièces ne peut avoir aucun effet dangereux, puisque le fer, étant extrêmement nerveux, peut bien crever, mais ne pourrait éclater. Quant à ce qui est du prix, il ne saurait être très élevé, la fabrication se faisant entièrement à l'aide de puissantes machines.

Mais si l'intérieur se trouve ainsi bien établi, il n'en est pas de même de l'extérieur; car comment réunir la pièce à son affût? Pour obtenir les tourillons, il faudrait essayer quelque manchon à tourillons, dans lequel la pièce viendrait s'encastrier; système qui ne peut avoir aucune chance de succès, mode d'assemblage toujours rapidement désorganisé par le tir de la pièce. De plus, la bouche à feu serait toujours beaucoup trop légère; elle aurait un recul très gênant et aurait bientôt détruit son affût.

Nous croyons qu'on peut remédier à ces inconvénients, en faisant des pièces à la fois en fonte et en fer.

V. — *Canons en fonte et en fer.* On a cherché plusieurs fois à profiter des propriétés du fer, qui le rendent éminemment propre à former l'âme des bouches à feu. Il y a quelques années, on a fait à l'arsenal de Strasbourg des canons qui étaient de véritables canons en fer (nous ne connaissons pas les procédés de fabrication employés), analogues à ceux que nous nous sommes proposé de fabriquer. Ils étaient renfermés dans des canons en bronze portant les tourillons, et ayant les formes extérieures ordinaires.

On voit qu'ainsi la liaison à l'affût est bien établie, et ce n'est réellement que dans des pièces obtenues par fusion qu'on peut espérer d'avoir solidement et simplement des parties en relief, comme les tourillons.

On n'a cependant pas pu employer ces canons, parce que, comme on aurait pu le prévoir, étant formés de deux métaux différents et de dilatations différentes, il s'est bientôt formé une séparation complète entre ceux-ci, de telle sorte que le bronze ne contribuait en rien à la résistance de la pièce, et que bientôt les battements du boulet eurent occasionné des battements de la pièce en fer, qui ôtaient toute exactitude au tir. Ce moyen s'était cependant concilié, *à priori*, grand nombre de suffrages; car si, comme nous venons de le dire, la partie extérieure paraît devoir être de métal fondu, l'âme doit réellement être de métal forgé; ce n'est qu'à cet état qu'un métal peut être dur et avoir du nerf, ce qui empêche qu'il n'é-

clate. Tout métal fondu qui est dur doit être cassant, car il se trouve alors à un état voisin de l'état cristallin, qui exclut toute idée de fibre et de nerf, et on doit toujours craindre qu'il n'éclate. Or, tandis qu'il n'y a nulle analogie entre le fer et le bronze, composé de deux métaux bien différents du fer, et que, par conséquent, la juxtaposition de ces deux métaux ne peut subsister, parce qu'il y a changement brusque en passant de l'un à l'autre; il y a au contraire une foule de composés intermédiaires entre le fer et la fonte; si par conséquent ceux-ci se succèdent d'une manière continue, l'âme pourra être en fer forgé, l'extérieur en fer fondu, en satisfaisant ainsi aux conditions les plus avantageuses sous tous les rapports, sans qu'on puisse rien craindre des effets de la dilatation. En effet il ne pourra jamais y avoir de séparation brusque entre deux couches, qui n'auront que des différences de dilatation infiniment petites. Il y aura continuité dans les différences de dilatation comme dans les variations des substances.

Les produits qui se succèdent ainsi sont : le fer, le fer aciéreux, l'acier, la fonte blanche, la fonte grise. Le fer ne contient pas de charbon, le fer aciéreux en contient des traces, l'acier de 0,60 à 1,50 pour 100, la fonte blanche généralement de 2 à 4 pour 100, la fonte grise de 3 à 7. Il y a là, série continue, du fer forgé au fer fondu. Ainsi la fonte blanche chauffée au contact de l'air, après s'être fondue se solidifie, parce qu'une partie de la masse passe à l'état d'acier par la réduction due à l'oxygène de l'air.

On peut obtenir ces résultats par deux procédés.

Le premier, le plus simple, consisterait à affiner l'âme de la pièce par les procédés que nous donnerons à l'article *Fonte malléable*, mais qui n'amèneraient pourtant pas, il faut le dire, l'âme de la pièce à offrir une résistance comparable à celle du fer forgé.

Voici comment nous comprenons le second.

La pièce en fer étant fabriquée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, nous la remplissons à l'intérieur d'argile, puis nous la plaçons dans une grande caisse en argile réfractaire remplie de poussier de charbon, et nous plaçons le tout dans un four à réverbère. En un mot, nous fabriquerions un véritable acier de cimentation sur la surface extérieure; et on sait qu'il est aisé de cimenter une barre de fer, en y faisant pénétrer le charbon jusqu'à une profondeur voulue. On aura ainsi d'une manière continue du fer à l'intérieur et de l'acier à la surface. De plus, c'est un fait d'expérience qu'en opérant à une très haute température, on peut faire prendre à la surface une plus grande quantité de charbon, sans qu'il pénètre plus profondément à l'intérieur. Or, on sait que plus le fer prend de charbon, plus il est aisé de fondre l'acier qui en résulte.

Si donc on produit une très haute température, on pourra, dans une seconde opération, fondre la surface; car c'est précisément ainsi que se fabrique l'acier fondu. Pour cela, établissons la pièce par deux points d'appui au centre d'une caisse en briques dont la forme se rapproche autant que possible de celle d'un moule de canon, d'une part, au moyen d'une barre de fer enfoncée dans l'argile placée dans l'âme, de l'autre, au moyen d'une petite tige en fer faisant partie de la pièce de fer de la culasse, et ayant les plus petites dimensions possibles. Si on remplit la caisse de corps vitreux parfaitement neutres et qu'on produise une très grande chaleur, la surface en acier très carburé se fondra. Si maintenant on fait couler dans la caisse de la fonte en fusion, obtenue dans un fourneau à réverbère communiquant, la fonte, plus lourde que le bain, descendra à la partie inférieure. Elle entourera la surface en fusion, et il se formera à la surface de jonction un composé intermédiaire entre l'acier et la fonte employée.

Si maintenant on laisse refroidir très lentement le

fourneau, on aura une masse, d'où il sera aisé d'obtenir, vu la forme convenable donnée à la caisse et au moyen de l'alésoir et du tour, une pièce qui satisfera, ce nous semble, à toutes les conditions.

Restons en là de la description d'un procédé assez contestable; car si, dans plusieurs fabrications, la soudure par simple immersion du fer dans la fonte a réussi, si le procédé est possible, les pièces ainsi fabriquées ne seraient pas exemptes du principal inconvénient des pièces en fonte, à savoir qu'un boulet ne peut choquer une pièce en fonte sans se briser en éclats d'autant plus meurtriers que des fragments de la pièce brisée sont projetés en même temps.

On pourrait, au reste, tenter aujourd'hui la fabrication directe des canons en fer forgé, et ce qui paraissait impossible du temps de Gassendi ne le serait plus aujourd'hui. Les progrès de l'art de forger de grosses pièces ont été très remarquables dans ces derniers temps.

L'emploi du marteau-pilon à vapeur, des gaz combustibles dans les fours à réchauffer, permettrait sûrement de façonner une masse de fer forgé d'une dimension convenable pour former un canon.

Au reste, on a vu, à l'exposition de 1849, un canon de fer provenant des forges d'Andincourt, fort bien réussi par M. Boulard, directeur de ces forges, et ancien officier d'artillerie.

Reste à déterminer le prix de revient et les avantages comparatifs avec les canons en bronze; on ne peut y parvenir que par des expériences qui mériteraient d'être tentées.

FABRICATION DES CANONS DE BRONZE. Le bronze des canons est un alliage de 8 à 11 d'étain pour 100 de cuivre, proportions que l'expérience a fait reconnaître les meilleures. Le moulage des canons se fait en terre et non en sable. Ce dernier est plus simple et plus économique, mais le moule est trop compact pour livrer aux gaz une facile issue, en sorte que la pièce sort du moule toute criblée de soufflures; cependant on peut réussir par ce procédé, et nous avons vu toutes les pièces en bronze, même celles à la *Paixhans*, moulées en sable à la fonderie impériale de Vienne.

Le moulage comprend deux opérations :

1° La confection du modèle;

2° Le moulage du moule ou chemise.

Le modèle de la culasse se coule en plâtre; celui du corps de la pièce est en terre; on le construit autour d'un axe en bois appelé *trousseau*, qu'on place horizontalement. On l'enveloppe de tresses de paille, qu'on recouvre ensuite de terre, de manière à atteindre les dimensions voulues, indiquées au moyen d'un *gabaril* ou planche découpée, suivant la section extérieure de la pièce. Les anses se moulent en cire; les tourillons faits en plâtre sont rapportés au moyen de grands clous.

Le modèle étant terminé, on l'enduit d'une couche de cendre de tanneur qui facilite plus tard sa séparation avec la chemise dont on va l'entourer.

Cette chemise est formée de terre qui est un mélange d'argile, de sable, de crottin de cheval et de brique pilée. On la forme de trois couches superposées, de 2 pouces d'épaisseur environ chacune, qu'on fait successivement sécher. La chaleur fait fondre la cire des anses qui s'écoule par des trous qu'on a ménagés et qu'on a soin de boucher. On retire ensuite les tourillons, puis le moule entier en faisant sortir d'abord le trousseau qui est de forme conique en frappant sur son extrémité, puis les nattes et couches de terre en partant de l'intérieur. On descend cette chemise dans la fosse pour la faire sécher au moyen d'un feu de bois.

Le moule de la culasse se fait à part; on le place dans un panier de bronze, ou mieux de fer, dont le bord est garni de crochets également en fer. Ces crochets

viennent se réunir, au moyen de fils de fer, avec des crochets semblables que porte l'armature en fer, au moyen de laquelle on consolide le moule du corps de la pièce; armature qui consiste dans un treillage en bandes de fer qui enveloppe la pièce suivant ses méridiens et ses parallèles.

Le moule de la culasse étant cuit avec du charbon de bois se place dans un trou au fond de la fosse, on place sur lui bien verticalement le moule de la pièce.

On remplit alors la fosse de terre bien damée et on procède au coulage.

Le bronze est fondu dans des fourneaux à réverbère contenant des quantités suffisantes de métal. La nécessité d'obtenir un titre voulu, et la facile oxydation de l'étain, obligent à forcer un peu les doses de ce métal, et surtout à faire en sorte que la flamme qui lèche le métal soit désoxydante. Au reste, pour obtenir un alliage homogène (le défaut d'homogénéité, et par suite la formation d'alliages d'étain fusibles à la température engendrée par l'explosion de la poudre est la grande difficulté de cette fabrication), on a grand soin de ne pas employer seulement des métaux neufs, mais pour la majeure partie des alliages déjà formés, nous avons exposé à l'article ALLIAGE les avantages de cette méthode.

Le compte s'établit comme il suit, en tenant compte des déchets. Pour 400 kilogr. de bouches à feu terminées, on emploie :

22,20	cuivre neuf.
3,30	étain neuf.
80,40	vieilles pièces.
446,20	débris de fabrication.

222,40 bronze total mis en fonte.

Le bronze étant bien liquide, les canaux qui doivent le conduire du fourneau aux moules, ainsi que ceux-ci, étant bien séchés, on procède à la coulée du métal. Les canons se coulent en syphon, c'est-à-dire que le canal de coulée plonge jusqu'à la partie inférieure de la pièce. Le métal en fusion arrive ainsi par ce canal dans le moule qu'il remplit tranquillement en chassant l'air devant lui. Le moule fondu n'a pas seulement la longueur de la pièce, il est plus long; d'où résulte au-dessus une masse appelée *masselotte*. Son utilité n'est pas douteuse dans la pratique. Elle a pour but, dit le savant M. Dumas : « 1° de fournir au retrait que prend le métal fluide en se solidifiant; 2° de remplacer le métal qu'absorbent les terres et celui qui est employé à remplir l'excès de capacité produit par l'élargissement graduel des moules; 3° de retarder le refroidissement dans la partie supérieure de la bouche à feu, ce qui rend le tassement du métal plus régulier; 4° de recevoir les gaz et les corps étrangers que leur légèreté spécifique force à s'élever. »

Nous avons discuté, à l'article ALLIAGES, les causes qui rendent si difficile le moulage par fusion d'un alliage métallique, de manière à obtenir un produit homogène, un composé qui soit partout le même. C'est à approcher de ce résultat que tendent toutes les méthodes que nous venons d'indiquer, c'est là la difficulté réelle et encore incomplètement résolue de la fonte des bouches à feu.

Travail mécanique des bouches à feu. Les bouches à feu étant coulées pleines (pendant longtemps on les a coulées avec un noyau, mais on ne pouvait obtenir ainsi la perfection de calibre qui résulte d'une opération mécanique), on les termine à l'extérieur au moyen du tour et de la ciselure pour les parties qui ne peuvent être tournées; à l'intérieur, à l'aide de machines à forer. Ces machines consistent en un foret (de diamètre inférieur au calibre de la pièce) qui s'enfonce dans la pièce, à laquelle on imprime un mouvement de rotation. Puis on arrive au calibre exact au moyen d'une série de fo-

rets, dont le dernier qui est un véritable alésoir a exactement le calibre de la pièce.

Nous n'avons pas cru nécessaire de donner de grands détails sur ce travail tout spécial; on trouvera aux articles PERCER, ALÉSOIR, TOUR, etc., les principes qui doivent guider dans ce travail.

Disons, en terminant cet article, que l'importance de remplacer le bronze par la fonte n'a plus aujourd'hui qu'un intérêt d'économie dans la fabrication, depuis que M. Piobert, en allongeant la charge, a diminué considérablement l'usure des bouches à feu en bronze. Nous analyserons les causes de ce résultat à l'article Poudre à canon, en traitant des phénomènes d'explosion de la poudre.

CH. L.

BOUGIES, CHANDELLES (*angl.* candles, *all.* kerzen). On distingue les chandelles de suif faites à la baguette ou moulées, les bougies de cire, les bougies de blanc de baleine et les bougies stéariques. Nous allons successivement passer en revue la fabrication de ces divers produits.

CHANDELLES DE SUIF. On emploie de préférence pour la fabrication des chandelles, un mélange de graisse de mouton et de graisse de bœuf; cette dernière seule est trop molle et trop fusible, et les chandelles qu'on en préparerait couleraient trop facilement; d'un autre côté, la graisse de mouton seule donnerait des chandelles très fermes et de belle apparence, mais qui donneraient moins de lumière à cause de leur faible teneur en oléine. La graisse brute, séparée autant que possible des matières étrangères, telles que le sang, etc., est d'abord hachée menu, puis fondue. Plus la graisse qu'on emploie est fraîche, mieux cela vaut, parce que les membranes qu'elle renferme entrent très aisément en putréfaction, et lui communiquent une odeur repoussante que l'on ne peut enlever entièrement dans les opérations subséquentes. La fusion s'opère ordinairement dans des chaudières en cuivre ou en fonte, chauffées à feu nu. Il faut prendre garde d'élever trop la température, de peur que les tissus membraneux ou cellulaires, restés dans la graisse, n'éprouvent un commencement de décomposition, et ne donnent au suif une teinte brunâtre, qui serait persistante. On obtient un suif de beaucoup plus belle apparence en fondant la graisse au bain-marie; il est vrai que, par ce procédé, il reste dans les résidus une quantité notable de suif que l'on ne peut en retirer par expression, mais que l'on peut saponifier très aisément, de manière à n'en rien perdre, lorsque la fabrique de chandelles est liée à une fabrique de savons. Aussitôt que le suif mis dans la chaudière est fondu, on y plonge une passoire, dans laquelle se rassemble le suif purifié que l'on y puise à mesure.

On purifie souvent encore le suif ainsi obtenu en le refondant avec de l'eau, puis y projetant quelques poignées de sel marin et d'alun concassé, quelquefois aussi un peu de tartre, et séparant, à l'aide d'une écumoire, les impuretés qui viennent former une écume à la surface du bain. On puise ensuite le suif purifié, et on le laisse refroidir lentement dans un panier très serré, où il s'égoutte. Avant de l'employer à la fabrication des chandelles, on le refond à une basse température et mieux au bain-marie, et on le maintient fondu, avant de s'en servir, jusqu'à ce que toutes les parties aqueuses qu'il renferme encore soient entièrement volatilisées; sans cette précaution, on obtiendrait des chandelles qui couleraient aisément et brûleraient en pétillant.

Lefèvre recommande de purifier le suif en le fondant avec de l'acide nitrique très étendu, qui dissout complètement les pellicules membraneuses, de sorte qu'il ne reste aucun grumeau, mais ce procédé est trop coûteux; d'*Arco*, dans le même but, prescrit l'acide sulfurique; mais lorsqu'on fond à feu nu du suif avec de l'acide sulfurique, on court beaucoup de risques de lui

donner une teinte rouge brunâtre, et d'obtenir un produit qui coule très aisément.

Récemment *Trischler* a recommandé le procédé suivant, dans lequel il emploie aussi l'acide sulfurique : on met dans une cuve de bois, doublée en plomb, 400 kilogr. de suif brut concassé, et on l'arrose avec un mélange de 25 kilogr. d'eau et de 4^h,25 d'acide sulfurique ordinaire, puis on y fait arriver pendant 2 heures, en agitant constamment, un courant de vapeur d'eau produit par une chaudière particulière. On laisse ensuite reposer pendant une demi-heure, on enlève le suif en l'égouttant aussi bien que possible et on le transvase dans une autre cuve, puis on fait écouler les eaux acides et les résidus dans une cuve placée près de la première et à un niveau inférieur. On remet alors de nouveau le suif dans la première cuve doublée en plomb, on y ajoute le quart de son poids d'eau, et on y fait arriver un courant de vapeur d'eau. 40 minutes après que l'eau est entrée en ébullition, on ajoute, par 400 kilogr. de suif, 4 kilogr. de sel marin, et autant de potasse en dissolution, marquant 5° à l'aréomètre, qu'il est nécessaire pour neutraliser exactement l'acide libre. La réussite de l'opération dépend essentiellement de l'exactitude de la neutralisation, ce à quoi on arrive aisément en s'aidant de papier de tournesol et de curcuma ; le premier ne doit plus être rongé et le second ne doit plus passer au brun. Enfin on transvase le suif purifié dans une chaudière en plomb, chauffée extérieurement à la vapeur, et on l'y maintient fondu jusqu'à ce que toute l'eau qu'il renfermait se soit évaporée ; il est alors propre à la fabrication.

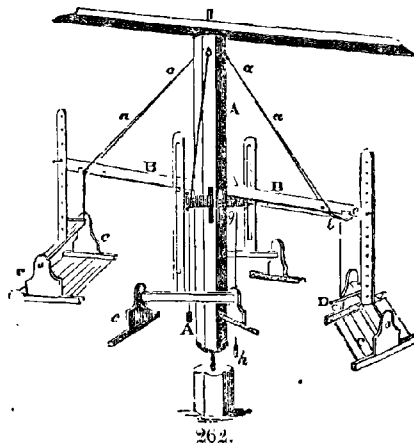
D'après l'inventeur, ce procédé s'applique avec avantage à toutes les graisses, et fournit un suif qui donne immédiatement des chandelles aussi blanches que celles obtenues avec du suif ordinaire, et qui ont subi un blanchiment de trois mois.

Quant aux mèches, elles se font en coton. Elles doivent être bien défilées, légèrement torsées et parfaitement sèches ; on les coupe ordinairement de longueur, à la main.

La fabrication des *chandelles à la baguette* est théoriquement une opération très simple, qui consiste à plonger, verticalement et à plusieurs reprises, les mèches dans le suif fondu, jusqu'à ce que la chandelle ait acquis la grosseur voulue. On donne d'abord aux mèches la rigidité convenable en les trempant quelques instants dans le bain de suif, puis les étendant ou les roulant entre les mains ou sur une table. Au-dessus de la chaudière où l'on fond le suif est un châssis circulaire, suspendu à une corde passant sur une poulie fixée au plafond, et équilibré par un contre-poids qui sert à le manœuvrer ; on y suspend les mèches, et en appuyant légèrement sur le châssis, on amène les mèches à plonger dans le bain de suif fondu à une température aussi basse que possible ; lorsqu'elles se sont recouvertes d'une couche ayant une épaisseur suffisante, on laisse remonter le châssis par l'effet du contre-poids, et on laisse refroidir à l'air les chandelles pendant un temps assez long, pour que, par une nouvelle immersion dans le bain, elles puissent se recouvrir d'une nouvelle couche de suif. On continue ainsi jusqu'à ce que les chandelles aient acquis la grosseur voulue.

La fig. 262 représente une disposition un peu différente adoptée à Edimbourg. Au milieu de l'atelier est placé un axe vertical A A, mobile autour de deux tourillons. Il est percé vers le milieu de sa hauteur de 6 ouvertures rectangulaires, que traversent autant de barres en bois B, B, ..., mobiles chacune autour d'axes fixés dans l'arbre vertical A A ; il résulte de cette disposition 12 bras, dont 4 seulement sont représentés dans la figure. A chacun de ces bras sont suspendus, par des tiges verticales, les châssis c, c, ..., chacun desquels porte 6 ficelles tendues horizontalement ; enfin on enfile 18 mèches sur

chaque ficelle ; ce qui fait 4,296 mèches pour toute la machine. Quoiqu'il semble un peu lourd, cet appareil se ma-



neuvre aisément par un seul ouvrier, qui amène successivement les divers châssis au-dessus du bain de suif pour les y plonger. Les 12 bras étant d'égale longueur et à peu près également chargés, se tiennent naturellement dans une position horizontale ; cependant, afin de prévenir toute oscillation pendant la rotation de l'appareil, les bras B, B, sont maintenus dans leur position horizontale au moyen de petites chaînes a, a, fixées par l'une de leurs extrémités à la partie supérieure de l'axe AA, et se terminant, par l'autre bout, à de petites plaques carrées en bois b, qui sont engagées dans les encoches marquées c, sur les bras B, B. Lorsqu'il devient nécessaire d'incliner les bras pour faire plonger les mèches dans le bain de suif, l'ouvrier appuyant sur le levier D, qui communique par une chaîne avec le petit levier e placé dans une rainure du bras B, chasse hors de l'entaille c, la petite pièce de bois carrée dont nous avons parlé, et rend ainsi au bras la liberté de ses mouvements. Lorsque l'ouvrier relève le châssis, la petite pièce de bois est ramenée dans l'encoche c, au moyen d'une chaîne g, qui passe sur deux poulies de renvoi fixées sur l'arbre B, et est terminée par un contre-poids h. La fabrication marche ainsi d'une manière continue, d'autant plus que le refroidissement des chandelles est considérablement accéléré pour leur déplacement continu au milieu de l'air qui les entoure. Le nombre de révolutions que doit faire la machine dépend évidemment de la grosseur des chandelles à fabriquer et de la température qui règne dans l'atelier ; lorsque cette température est modérément fraîche, il suffit de 2 heures pour préparer les mèches et fabriquer une charge de chandelles, de sorte que, dans ce cas, un seul ouvrier peut, en 12 heures de travail, fabriquer 7,776 chandelles.

La fabrication des *chandelles moulées* est encore plus simple, s'il est possible, que celle des chandelles à la baguette. Les moules dont on se sert ordinairement, dits en étain, sont composés de 4 p. d'étain et de 2 p. de plomb, et sont formés de deux parties : le corps du moule, cylindre creux, poli avec soin à l'intérieur et ouvert par les deux bouts ; le chapeau du moule, portant une ouverture pour laisser passer la mèche. Ces deux parties sont soudées ensemble, et présentent alors la forme d'une chandelle. 8 à 12 de ces moules, et même souvent beaucoup plus, suivant leurs dimensions, sont fixés verticalement sur la table de coulé, de manière à ce que l'extrémité ouverte de ces moules soit placée en haut et au niveau du fond d'un canal pratiqué dans la

table de coulée. On introduit ensuite les mèches dans les moules au moyen d'un fil de fer recourbé en crochet, on les attache par l'un des bouts avec de petits morceaux de fils de fer qui reposent en travers sur l'orifice supérieur du moule; l'autre bout sortant à la partie inférieure par le trou qui le termine, il est facile, au moyen d'un petit coin en bois, de maintenir la mèche dans un état de tension convenable.

Alors, après avoir fixé les mèches au milieu des moules, on fait fondre le suif à une très douce chaleur, on le verse dans un vase en fer blanc muni d'une anse et d'un goulot, et l'on remplit successivement tous les moules. Si l'on coulait le suif trop chaud, outre l'inconvénient qu'il aurait de sauter, on ne pourrait retirer les chandelles des moules qu'avec beaucoup de difficulté. On attend toujours avant de couler qu'il se soit formé une légère pellicule au-dessus du suif en fusion. Aussitôt après la coulée, et avant que le suif ne se soit entièrement solidifié, on tire par les deux bouts, afin de les redresser, les mèches qui se courbent presque toujours un peu pendant la coulée. On laisse ensuite la solidification se terminer dans un endroit aussi frais que possible; on enlève l'excédant de suif à l'aide d'une spatule en bois, puis on retire des moules les bougies qui se sont détachées des parois par suite du retrait dû au refroidissement. Nombre de fabricants blanchissent leurs chandelles, en les exposant à l'action réunie de l'air et de la rosée, pendant quelque temps, avant de les mettre en paquets; cette opération devient superflue, dans les grands établissements, lorsque les chandelles sont gardées en magasin pendant quelques mois avant d'être livrées au commerce, ce qui du reste devrait toujours avoir lieu, parce qu'en vieillissant elles acquièrent une blancheur suffisante et une qualité supérieure.

L'addition d'une petite quantité de cire au suif augmente la consistance de la chandelle en la rendant d'ailleurs d'un usage plus agréable; elle porte alors le nom de *chandelle économique*. Quelquefois au lieu de fondre le suif avec la cire, on fond cette dernière substance à part et on l'introduit dans le moule à chandelles, qu'on roule horizontalement jusqu'à ce que ses parois en soient partout recouvertes. On remplit le vide à la manière ordinaire par une mèche et du suif fondu, et l'on obtient ainsi une chandelle entièrement revêtue de cire dont l'aspect est agréable et le prix peu élevé.

D'après quelques auteurs, la fécula de marron d'Inde ajoutée au suif dans des proportions convenables, donnerait une chandelle bougie qui réunirait presque toutes les qualités de la cire.

BOUGIES DE CIRE. Ces bougies sont rarement moulées, parce que la cire se détache difficilement des moules, et parce qu'il se forme très aisément des boursoffures dans l'intérieur de la bougie. Pour la fabrication des cierges, on suspend ordinairement les mèches dans une position verticale, et après avoir ramolli la cire dans de l'eau chaude, on la prend par petites portions, et on l'applique sur les mèches que l'on roule entre les mains. Pour les bougies ordinaires, on suspend les mèches à un châssis circulaire placé au-dessus d'un bain de cire, fondue dans une chaudière en cuivre étamé, et on verse successivement, à l'aide d'une cuillère, la cire fondue au sommet des mèches le long desquelles elle coule et se solidifie. Lorsque les bougies ont atteint la grosseur voulue, on les enlève et on leur donne la régularité convenable en les roulant sur une table en noyer poli, au moyen d'une planche rectangulaire également en noyer poli.

Malgré les difficultés que présente le moulage des bougies de cire, ce procédé ne doit pas être mis de côté et a beaucoup d'avenir; comme exemple de ce que nous avançons, nous citerons une fabrique de Berlin, qui livre au commerce des bougies de cire moulées,

complètement exemptes de défauts, et qui se distinguent par l'éclat de leur surface et la régularité de leur forme.

BOUGIES DE BLANC DE BALEINE. Le blanc de baleine ou spermaceti tient le premier rang parmi les diverses matières employées à la fabrication des bougies, tant à cause de la blancheur et de la transparence qu'il possède que par la pureté et l'éclat de la lumière qu'il produit. On obtient les plus belles bougies en employant le blanc de baleine raffiné que l'on trouve dans le commerce en grosses masses parfaitement incolores, à texture cristalline et fortement lamelleuse, et nullement grasses au toucher. On trouve aussi dans le commerce une seconde sorte de spermaceti, grasse au toucher, et qui fournit des bougies d'une qualité bien inférieure, que l'on reconnaît aisément à ce qu'elles présentent moins de transparence et une moindre sécheresse au toucher.

La confection des bougies transparentes de blanc de baleine n'offre aucune difficulté, et n'exige qu'une grande pureté de la part des matières premières, parce que les moindres impuretés deviendraient visibles au milieu de la masse transparente de la bougie. Si l'on employait le blanc de baleine pur, on obtiendrait des bougies à texture lamelleuse et très cassantes; on détruit cette texture en ajoutant au blanc de baleine 3 p. 400 environ de son poids de cire; il va sans dire que l'on doit choisir à cet effet la plus belle cire qu'on puisse se procurer. Toutes les bougies de blanc de baleine se font par moulage; le blanc de baleine doit être assez chaud pour que les parties qui se sont solidifiées sur les parois des moules, lors de la coulée, se liquéfient de nouveau, de telle sorte que les moules présentent le même aspect que s'ils étaient remplis d'eau claire. On atteint très facilement la température convenable, que l'on détermine au mieux à l'aide d'un thermomètre; l'expérience a démontré que lorsque les moules n'étaient pas trop froids, une température de 60° C suffisait dans la plupart des cas. Le blanc de baleine éprouve, par le refroidissement, un retrait considérable qui produit dans chaque bougie et autour de la mèche un vide qui s'étend quelquefois jusqu'à la moitié de sa hauteur; on remplit ultérieurement ce vide en y coulant du blanc de baleine, puis on achève de laisser refroidir les bougies, on les retire des moules, et on leur donne le dernier poli, en les roulant entre les mains, avant de les mettre en paquets.

Si l'on veut obtenir des bougies colorées, on agite le blanc de baleine fondu avec une très faible quantité de matières colorantes broyées à l'huile. Les matières les plus convenables à employer sont : pour le rouge, le carmin; pour le jaune, le chrômâte de plomb; et pour le bleu, le bleu de Prusse. La proportion extrêmement minime de ces substances, qu'il suffit d'ajouter à la bougie pour lui donner une teinte agréable à l'œil, n'a aucune influence sur la couleur et l'éclat de la lumière.

BOUGIES STÉARIQUES. La fabrication de ces bougies, qui a pris dans ces derniers temps une extension considérable, a commencé à Paris, et est due à MM. Gay-Lussac et Chevreul, qui prirent aussi à ce sujet un brevet en Angleterre, dès le mois de juin 1825. Les différentes opérations en usage pour la fabrication de la bougie stéarique peuvent se subdiviser comme il suit :

1° *Saponification*, qui consiste à combiner les acides gras contenus dans le suif avec de la chaux, et à éliminer ainsi la glycérine;

2° Pulvérisation des savons de chaux;

3° Décomposition des savons de chaux par de l'acide sulfurique étendu;

4° Lavage des acides stéarique, margarique et oléique rendus libres, d'abord avec de l'eau légèrement acidulée, puis à l'eau pure;

5° Moulage et cristallisation des acides gras mis en liberté;

6° Découpage des masses cristallines;

7° Pressage à froid;

8° Pressage à chaud;

9° Epuración des acides solides, d'abord par de l'eau acidulée, puis par de l'eau pure;

10° Fonte et moulage des bougies;

11° Blanchiment des bougies;

12° Polissage, mise en paquets des bougies.

La saponification s'exécute dans une cuve en bois légèrement conique, que l'on chauffe au moyen d'un tube annulaire placé dans le fond de la cuve, et qui lance de la vapeur par une multitude d'orifices; un agitateur composé d'un axe vertical situé au milieu de la cuve et armé de bras, reçoit son mouvement d'un manège ou de tout autre moteur. La cuve est recouverte d'un couvercle fermant exactement. On y introduit d'abord le suif déjà purifié par une première fusion, puis on ajoute peu à peu, pour 400 parties pondérables de suif fondu, un lait de chaux formé de 42 parties de chaux vive éteinte dans 400 parties d'eau, en ayant soin de mettre l'agitateur en mouvement continu. Dans les premiers moments, le suif et le lait de chaux forment ensemble une masse homogène et pâteuse, dans laquelle le suif existe encore en grande partie sans altération. Au bout de deux heures, l'eau commence à se séparer du savon calcaire, qui renferme encore une quantité fort notable de chaux libre et de suif non décomposé, et possède la consistance d'une pâte molle et grasseuse. On arrête alors ordinairement l'agitateur, mais on n'en continue pas moins l'ébullition. Le savon calcaire devient de plus en plus dur, et finit par acquérir une cassure tout à fait terreuse. On arrête alors le courant de vapeur, et on laisse reposer pendant quelques heures, la cuve étant aussi bien fermée que possible, puis on soutire le liquide surnageant qui entraîne en dissolution la glycérine, et on extrait de la cuve les stéarate, margarate et oléate de chaux sous la forme de savons très durs. La durée totale de la saponification pour 500 kilogr. de suif, est de six à huit heures.

La chaux nécessaire à la saponification des acides gras contenus dans le suif, doit être aussi caustique que possible; elle doit s'éteindre complètement sans laisser de grumeaux. Sa qualité a beaucoup d'influence sur la beauté de l'acide stéarique que l'on obtient; ainsi lorsqu'elle contient beaucoup d'oxyde de fer, une partie notable de cet oxyde passe dans le savon calcaire, se combine avec l'acide stéarique qui le retient fortement, et lui communique une teinte jaunâtre qu'il est extrêmement difficile de lui enlever économiquement; aussi faut-il toujours choisir la chaux la plus blanche et la plus pure possible. Avant d'employer le lait de chaux, on le passe au travers d'un tamis métallique très fin qui retient tous les grumeaux.

On pulvérise les savons calcaires obtenus entre des cylindres broyeur, ou sous une meule verticale.

Les cuves à décomposition par l'acide sulfurique sont analogues aux cuves de saponification, doublées en plomb, et ont les mêmes dimensions. On y agite les savons pulvérisés avec de l'eau froide, de manière à en former une bouillie claire, puis on y ajoute 25 kilogr. d'acide sulfurique étendu préalablement de 400 litres d'eau, pour le savon calcaire provenant de la saponification de 400 kilogr. de suif. On laisse ensuite reposer le tout, souvent pendant plusieurs jours en l'agitant fréquemment; l'acide sulfurique s'empare de la chaux pour former du sulfate de chaux, et met en liberté les acides gras. On fait ensuite arriver dans la cuve un courant de vapeur d'eau, le sulfate de chaux se sépare et se précipite au fond, tandis que les acides gras se fondent et viennent surnager le liquide; on les soutire au moyen d'un robinet placé au-dessus du dépôt, dans

une cuve de bois, semblable aux précédentes, chauffée à la vapeur et doublée en plomb. Dans cette cuve, les dernières traces de chaux sont enlevées au moyen d'une solution très étendue d'acide sulfurique. Une seconde chaudière, en tout semblable à la première, est destinée à opérer un deuxième lavage à l'eau pure.

Au lieu de décomposer à froid le savon calcaire, on peut effectuer cette opération à chaud, ce qui l'abrége considérablement; mais on obtient par ce procédé un produit moins pur, parce que les parties savonneuses englobées dans les acides gras fondus, s'attaquent moins complètement que lorsque toute la matière est réduite à un état très divisé. L'oxyde de fer surtout, lorsqu'il y en a dans le savon, se sépare beaucoup mieux à froid qu'à chaud.

Les trois acides gras, privés autant que possible de chaux et d'acide sulfurique, sont enfin soutirés dans des moules en ferblanc, de la contenance de 30 litres à peu près, et un peu évaporés afin que le pain d'acide solidifié en sorte plus facilement.

Ces pains, dont le poids est d'environ 25 kilogr., présentent à l'œil une teinte jaune, quelquefois assez intense, et ont encore une apparence désagréable; cela tient à l'interposition d'acide oléique liquide entre les lames cristallines d'acides stéarique et margarique; on le sépare par la presse hydraulique. Avant d'y soumettre les acides gras, on les divise en fragments plus petits au moyen d'un couteau mécanique, ce qu'on peut d'ailleurs éviter en les moulant tout d'abord en plaques minces.

On introduit les acides gras, en couches minces, dans des sacs en forte serge, et on les soumet à froid à l'action d'une presse hydraulique verticale. Lorsqu'on a ainsi exprimé autant qu'il est possible l'acide oléique, on enlève l'acide stéarique mêlé d'acide margarique et d'un peu d'acide oléique, on les introduit dans de nouveaux sacs et on les presse à chaud, dans une presse hydraulique ordinairement horizontale et chauffée à la vapeur, ou on achève ainsi de séparer la presque totalité de l'acide oléique.

La presse hydraulique employée pour exprimer à froid l'acide oléique, est représentée en plan fig. 263; la fig. 264 montre sa pompe d'injection et la fig. 265 en représente l'élevation; l'échelle est de 4/80°. Les mêmes lettres se correspondent dans les trois figures.

A, A, sont deux presses hydrauliques; B, B, leurs châssis; C, C, les cylindres; D, D, les pistons; E, E, les plateaux; F, F, les récipients où se rend l'huile exprimée; G, G, les sacs de serge remplis de la matière que l'on veut presser, et séparés les uns des autres par des plaques de tôles percées de trous; H, H, ouvertures par lesquelles on retire l'huile, I, bêche où plongent les pompes; K, châssis qui maintient les pistons des pompes; L, deux pompes, une forte et une petite, servant à injecter l'eau dans les cylindres; M, châssis soutenant trois doubles branches N, garnies chacune de deux robinets, par le moyen desquels on peut arrêter ou envoyer à volonté l'eau des deux pompes ou d'une seule, vers l'une ou l'autre presse, ou vers les deux à la fois. Au commencement du travail on ne fait usage que de la plus forte pompe, et on termine avec la petite; ces branches servent à décharger les presses quand l'opération est finie; O, deux tuyaux allant des pompes aux branches; P, tuyau par lequel l'eau retourne des cylindres à la bêche I; Q, tuyaux conduisant l'eau des pompes aux cylindres; R, tambour de transmission du mouvement (il est conique et fixé sur l'arbre principal Y); S est un tambour également conique qui met les pompes en mouvement; T, courroie en cuir qui communique le mouvement de R à S; V, fourchette ou guide suspendu à la tige C, et qui sert à mettre en mouvement la courroie T; W, W, supports du tambour S; X, poulie montée sur l'arbre du

BOUGIES.

BOUGIES.

tambour S; Y, arbre principal, mû par une machine à vapeur ou tout autre moteur; Z, poulie folle, con-

une poulie placée à l'extrémité d'une longue vis horizontale qui porte à son extrémité une poulie a, sur la gorge de laquelle passe une courroie sans fin, qui vient passer sur une seconde poulie b portant un contre-poids, qui la maintient tendue. Suivant que l'ouvrier tire cette courroie dans un sens ou dans l'autre, il fait tourner la poulie a, et par suite avancer ou reculer la vis horizontale qui traverse la fourchette V, et la fait glisser à volonté sur le tambour S.

Nous donnerons tous les détails de la presse hydraulique à chaud à la fin de cet article.

L'acide stéarique ainsi obtenu est ensuite fondu au bain-marie, puis filtré dans une chausse en laine; il ne forme plus que les 0,45 du suif employé. On le porte alors dans les cuves d'épuration, chauffées à la vapeur, où on le lave d'abord avec de l'acide sulfurique très étendu pour séparer les dernières traces de chaux, puis ensuite à l'eau pure pour en-

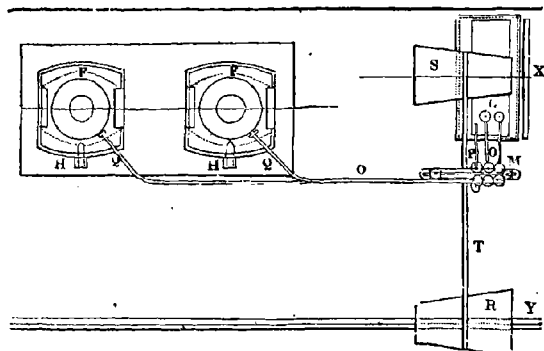
lever tout l'acide sulfurique. Il est alors propre à la fabrication des bougies.

La température à laquelle le moulage des bougies stéariques doit s'effectuer, est une chose assez difficile à atteindre; est-elle trop élevée, les bougies acquièrent une texture cristalline, un aspect désagréable et beaucoup de fragilité; est-elle trop basse, le refroidissement dans les moules devient trop rapide et les bougies se fissurent aisément.

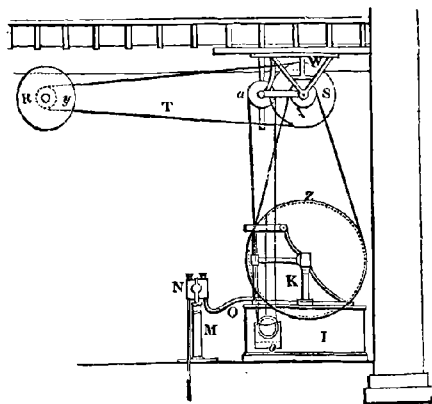
Des fabricants anglais ont combattu cette tendance à la cristallisation, en ajoutant à l'acide stéarique une certaine quantité d'arsenic; mais ce procédé est très nuisible à la santé tant des ouvriers que des consommateurs, et doit être toujours rejeté. Un moyen encore plus efficace et tout à fait inoffensif, consiste dans l'addition d'une petite quantité de cire. Cependant ce dernier procédé est lui-même employé seulement dans très peu de fabriques, parce que l'on a remarqué qu'en ayant soin d'échauffer d'abord modérément les moules, un peu au-dessous du point de fusion de l'acide stéarique, et laissant refroidir ce dernier, jusqu'à ce qu'il ait acquis une consistance pâteuse, avant de le couler, on obtenait des bougies d'acide stéarique pur tout à fait exemptes de défauts, et c'est ainsi que l'on prépare actuellement la presque totalité de celles que l'on trouve dans le commerce.

On emploie des mèches tressées, disposition ingénieuse qui évite la nécessité de moucher continuellement ces bougies, car les mèches de la bougie stéarique charbonnent au moins autant que celles des chandelles. Par suite du tressage, la mèche, au fur et à mesure que la bougie se brûle, se détourne et se recourbe légèrement, de sorte que l'extrémité va se consumer dans le blanc de la flamme. Cette précaution de tresser les mèches ne suffit pas, car la faible quantité de chaux que retient toujours l'acide gras engorgerait les mèches et diminuerait leur capillarité, si on ne prenait pas la précaution de les plonger dans une dissolution d'acide borique; cet acide forme avec la chaux un borate qui se fixe dans la mèche et qui se convertit en une perle fusible qu'on voit briller à l'extrémité de la mèche après sa complète combustion.

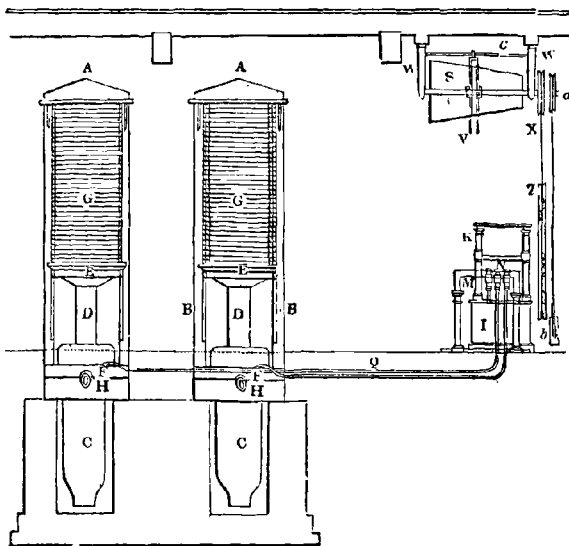
On blanchit ces bougies par l'exposition à la lumière et à la rosée; enfin on les polit en les frottant vivement avec un morceau de drap humecté d'alcool ou d'ammoniaque, puis on les réunit



263.



264.



265.

dirigée par la poulie X; sur l'axe de S sont deux cames qui font mouvoir les pistons des deux pompes L. a, est

lit en les frottant vivement avec un morceau de drap humecté d'alcool ou d'ammoniaque, puis on les réunit

BOUGIES.

cinq par cinq pour en faire des paquets de $1/2$ kil. qu'on livre au commerce.

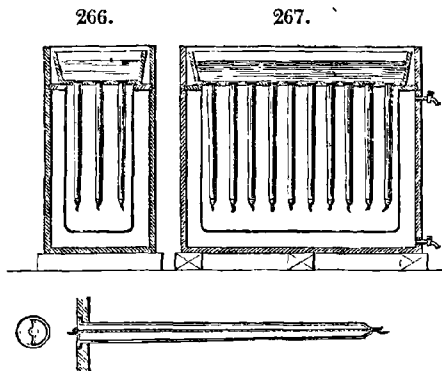
Il nous reste à parler de quelques perfectionnements qui ont été apportés dans ces derniers temps à cette belle industrie.

Pression à chaud. Les presses hydrauliques chauffées sont nécessaires pour extraire les dernières parties de l'acide oléique, qui ne s'écoule presque complètement que si la température s'élève à 450° environ.

Pour répartir la chaleur il faut employer des presses horizontales, qui se composent : de la bache où la pression a lieu, du piston presseur et de plaques épaisses en fonte, que l'on plonge après chaque opération dans la vapeur. Souvent les parois de la bache sont doubles, et l'on peut y introduire un jet de vapeur qui y entretient une température régulière.

Dans les presses les plus perfectionnées, les plaques en fonte ne sont jamais retirées; elles sont creusées et reçoivent toujours de la vapeur qui y est amenée par des conduits, des tubes articulés glissant dans une sorte d'étui communiquant avec chaque plaque. On se représentera facilement cette disposition, en sachant que le tube (pouvant tourner à son point d'attache) partant de son réservoir de vapeur est terminé par un piston, et celui attaché à la plaque, qui peut également prendre un mouvement de rotation, par un long tube formant corps de pompe. Cette disposition suffit évidemment pour permettre aux plaques de se mouvoir.

Moulage. Le second perfectionnement récemment tenté consiste dans l'emploi fort heureux de moules en fer étamé. Les fig. 266 et 267 montrent la disposition de



l'appareil entier qui sert à mouler, et la fig. 268, sur une plus grande échelle, comment la mèche est fixée au centre par un petit disque percé d'un trou, dans lequel elle est retenue par un noeud, tandis qu'elle est tendue et fixée par une cheville qui bouche l'orifice inférieur.

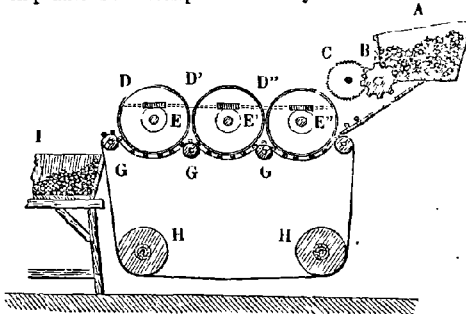
L'étain, seul métal employé jusqu'ici pour les moules, nécessite une assez grande épaisseur, qui correspond à une dépense élevée, et qui ralentit le refroidissement. Il faut ajouter à cela la difficulté, et même le danger pour les femmes exclusivement employées à ce travail, de manœuvrer et de transporter continuellement de lourdes charges, d'autant plus fatigantes à mouvoir que les ouvrières sont obligées de les tenir presque à bras tendus à la hauteur de la poitrine.

Par l'usage des moules en fer embouti, fabriqué par le procédé de M. Palmer (voyez BANG A TIERER), on obvie complètement aux divers inconvénients que nous venons de signaler. La rigidité du fer qui sert à fabriquer ces moules permet de ne leur donner qu'une épaisseur de quatre dixièmes de millimètre au maximum; les moules en étain n'ont pas moins de 3 millimètres. Les moules et porte-moules pèsent de 9 à 40 kil.

BOUGIES.

à peine, au lieu de 25 à 26 kil. qui est le poids de ces ustensiles en étain.

Polissage. La fig. 269 représente une machine très simple qui sert au polissage des bougies, et dont nous empruntons la description à M. Payeu.



269.

On pose les bougies, toutes dans le même sens, dans une trémie A, un rouleau cannelé B les prend une à une et, en tournant, les fait passer devant la scie circulaire C qui les coupe, puis elles tombent sur un drap de laine sans fin supporté par les petits rouleaux GGG, et qui passe sous les rouleaux H, H. En même temps que le mouvement de rotation imprimé aux rouleaux fait circuler le drap, trois autres cylindres D, D', D'', recouverts de drap, sont mus en sens contraire par les trois pignons E, E', E'', que font tourner trois vis sans fin enfilés dans un axe commun. Les mouvements de rotation concourent à faire avancer les bougies depuis leur chute sous la scie C jusqu'au dernier rouleau G, qui les déverse dans le récipient I. Les cylindres DD'D'' sont d'ailleurs portés sur un bâti mobile et reçoivent un mouvement rapide de va-et-vient parallèlement à leur axe. On comprend facilement que par ces dispositions les bougies arrivent parfaitement lustrées dans le récipient, d'où elles sont tirées pour être empaquetées.

Emploi du gaz sulfureux. L'utilité du gaz sulfureux, conduit dans les cuves pendant que la saponification s'y opère, pour relever la blancheur des produits et diminuer les déchets de la saponification des acides gras, est bien démontrée par l'expérience. M. Jacquelin, dans un rapport étendu présenté par lui à la Société d'encouragement, a fixé, d'après ses expériences, à 5 pour 400 l'économie qu'on obtient ainsi.

Fabrication par distillation. Une nouvelle industrie fort intéressante a été créée dans ces dernières années. Elle est fondée sur de nouveaux moyens d'extraire les acides gras, et s'applique à des matières impures qu'on ne pouvait traiter avantageusement par les procédés précédemment décrits. Ces matières sont notamment les graisses des eaux savonneuses, résidus des graissages et dégraissages des laines, les graisses d'os, les huiles de foie de morue, l'huile de palme, etc.

Ces substances sont d'abord traitées à l'acide sulfurique, qui produit un dédoublement analogue à celui obtenu à l'aide de la saponification à la chaux, c'est-à-dire qu'il se forme des acides doubles (acides *sulfotéarique*, *sulfo-margarique*, *sulfo-stéarique*), le premier soluble dans l'eau froide, les deux derniers décomposés par ce liquide; tous trois sont décomposés par l'eau bouillante, qui dissout l'acide sulfurique ainsi que la glycérine et laisse surnager les acides gras.

La décomposition par l'acide s'effectue dans une chaudière chauffée par la vapeur, et dans laquelle les matières sont mélangées par une agitation mécanique. L'opération dure douze à dix-huit heures. Après un refroidissement partiel, on porte le mélange dans un

réceptif rempli d'eau qu'on porte à l'ébullition par un jet de vapeur. Les acides gras viennent surnager, et ce sont ces acides que l'on soumet à la distillation par un procédé particulier, c'est-à-dire en les entraînant par un courant de vapeur. La chaudière contenant les acides gras est entourée d'une espèce de bain de sable, ou mieux plongée dans un bain de plomb fondu. Quand la température approche de 300°, on fait arriver la vapeur dans le bain.

A cette température et sous l'influence d'un courant de vapeur, la transformation des dernières portions de graisses neutres s'achève, les acides gras sont entraînés avec la vapeur et viennent se déposer dans le serpentin adapté à la chaudière. Les acides gras sont enfin versés dans des cristalliseurs, afin de les épurer par des pressions successives.

Voici les rendements en acides gras, fournis par différentes matières traitées au moyen des procédés nouveaux. Nous les empruntons à M. Payen :

Résidus de graissage et dégraissage de laines.	0,50 à 0,55
Huile d'olive épaisse.	0,55 à 0,66
Huile de palme.	0,70 à 0,80
Acide oléique des fabriques de bougies.	0,25 à 0,30

Les acides gras produits par ces réactions sont suivant les matières employées ou identiques avec les acides gras extraits par les alcalis, ou en diffèrent par des proportions d'oxygène ou d'hydrogène équivalentes à une certaine quantité d'eau, ce qui suffit pour expliquer les changements de propriétés physiques qui s'observent dans divers cas.

Le moulage des bougies demande quelques précautions particulières à cause du plus grand retrait des acides gras cristallisés. La principale consiste à fixer la mèche sous la pointe des cônes à l'aide d'un fil de laiton plié en deux, qui permette à la mèche d'ôler au retrait plutôt que de rompre la bougie.

BOUGIES MÉDICAMENTEUSES. On donne ce nom à une sorte d'instrument cylindrique, lisse, flexible, élastique et mince, qu'on introduit dans l'urètre, le rectum ou l'œsophage, pour les ouvrir ou les dilater, en cas de resserrement, ou dans d'autres maladies. L'invention de cet instrument a été réclamée par *Aldereto*, médecin portugais, mais sa forme et ses usages ont été décrits pour la première fois par son élève *Amatus*, en 1554. Il y a des bougies pleines et des bougies creuses, il y en a qui sont faites pour corroder, d'autres pour ramollir. Elles doivent généralement leur élasticité à l'huile de lin, épaissie par une longue ébullition, et rendue siccativie par la litharge. On répand cette matière visqueuse par couches sur un cordon très fin, ou sur un ruban tubulaire de coton, de chanvre ou de soie; on roule celui-ci sur une plaque de marbre quand la matière commence à se solidifier par la dessiccation, et on achève le cylindre en le polissant.

Pickel, médecin français, a publié la recette suivante pour la composition des bougies : prenez 3 parties d'huile de lin cuite, une partie de succin, et une partie d'huile de térébenthine; fondez, mêlez bien ces ingrédients ensemble, et appliquez par couches, à trois reprises successives, sur un cordon ou un ruban de soie; mettez ces pièces ainsi recouvertes dans un four à la température de 65° centigr., laissez-les-y pendant 42 heures en ajoutant successivement 45 ou 46 nouvelles couches, jusqu'à ce que les instruments aient acquis la grosseur voulue. Polissez-les d'abord avec la pierre ponce, et donnez le doux avec du tripoli et de l'huile d'olives. Ce procédé est encore celui qui est en usage à Paris, sauf quelques légères modifications, dont la principale consiste à dissoudre dans l'huile de lin la 20^e partie de son poids de caoutchouc, afin d'assurer la

solidité de l'instrument. Dans ce but, il faut couper le caoutchouc en petits fragments minces, et l'ajouter graduellement à l'huile chaude; le tissu de soie doit être fin et lâche, afin que la composition puisse le pénétrer facilement. Après l'application de chaque couche, on doit faire sécher d'abord à l'étuve, et mieux à l'air libre, avant d'en ajouter une nouvelle. Ce procédé n'exige pas moins de 2 mois pour que l'opération soit complète, et pour obtenir des bougies dites *élastiques*, très résistantes et souples, qu'on puisse entortiller autour du doigt sans qu'elles se gercent ou s'écaillent. Lorsque les bougies doivent être creuses, on se sert d'un mandrin en fil de fer, garni d'un anneau à une de ses extrémités, que l'on introduit dans l'axe du cordonnet de soie. Quelques bougies sont faites avec un axe creux formé d'une feuille d'étain enroulée en tube mince. Il y a encore des bougies faites entièrement en caoutchouc; on les obtient en se servant d'éther sulfurique pour dissoudre et appliquer le caoutchouc. Il y a des bougies médicales dont la composition appartient à la pharmacie chirurgicale. La fabrication de ces diverses sortes d'instruments forme à Paris une branche d'industrie à part et qui n'est pas sans importance. MM. Febnger et Lamotte sont les fabricants les plus distingués dans cette partie.

BOULANGERIE. Voyez PAIN.

BOULETS. Voyez PROJECTILES.

BOUSAGE (*angl.* darning, *all.* kühkothen). Le bousage est une opération importante de la fabrication des indiennes, qui succède au mordantage; il a pour but :

1° De fixer complètement le mordant par la matière albumineuse que renferme la bouse de vache, et qui se combine avec lui pour former une combinaison insoluble qui se précipite sur les fibres du tissu, et en même temps de saturer l'acide acétique qui reste du mordantage;

2° D'enlever une partie des matières employées pour épaissir le mordant;

Et 3° de dissoudre le mordant non combiné, qui n'est que mécaniquement appliqué sur les fibres du tissu, et qui lors de la teinture coulerait sur les autres parties, et donnerait lieu à des taches.

On emploie en certains cas, pour des nuances très délicates, jaunes, roses ou lilas, du son au lieu de la bouse de vache, qui leur communique souvent une légère teinte verdâtre. Du reste, la bouse de vache est bien plus économique et agit beaucoup plus efficacement que le son; comme la matière albumineuse qu'elle renferme se combine avec le mordant et se précipite sur les fibres du tissu, il s'ensuit que l'effet de la bouse de vache cesse bientôt, et qu'elle ne peut servir que pour une quantité déterminée de tissu.

Le bousage s'opère dans une caisse de 2 à 3 mètr. de profondeur, 4^m.50 de large et 4 mètr. de longueur. Près du fond de cette caisse sont établis une suite de rouleaux sur lesquels le calicot passe en serpentant d'abord sur un rouleau, puis sous le suivant, et ainsi de suite, et finit par passer entre deux rouleaux de pression, placés à l'une des extrémités de la cuve, et qui lui communiquent le mouvement.

Le passage des calicots doit être aussi rapide que possible, afin que le mordant non combiné ne puisse couler sur le tissu, ce qui altérerait plus tard la netteté de l'impression et produirait des taches.

Le bain de bouse de vache se compose ordinairement de 30 kilogr. de bouse de vache, et de 1,200 à 1,500 litres d'eau, et peut servir pour le bousage de 20 à 60 pièces d'indiennes. Du reste, cela dépend entièrement de la quantité et de la qualité du mordant. On règle également la température du bain d'après la nature du mordant, ainsi que d'après celle des substances employées pour l'épaissir : ainsi, par exemple, la température du bain peut être portée à celle de l'ébullition,

BOUSAGE.

si l'on a employé de l'amidon ou de la farine, tandis que, si c'est de la gomme, elle ne doit pas dépasser 50 à 60° centigr. Il en est de même du temps que doit durer l'immersion dans le bain. Ainsi, les indiennes fortement mordancées, pour lesquelles on aura employé de l'amidon ou de la farine pour épaissir le mordant, seront repassées deux fois dans le bain de bouse de vache, en ayant soin de leur faire subir deux lavages à l'eau intermédiaires. Les mordants fortement acides sont plus difficiles à traiter que ceux qui le sont peu; on ajoute quelquefois dans ce cas un peu de craie, cependant on se règle en cela entièrement d'après la couleur que l'on doit appliquer ensuite sur le tissu.

Penot a publié à cet égard un excellent mémoire dans le Bulletin de la Société de Mulhouse (octobre 1834), et postérieurement, en mars 1835, *M. Camille Kœchlin* a inséré sur le même sujet, et dans le même Bulletin, une notice très intéressante servant de commentaire au mémoire ci-dessus. Pour pouvoir expliquer l'action de la bouse de vache, *Penot* en a fait une analyse qui lui a donné :

Eau.	69,58
Matières biliaires.	0,74
Matières sucrées.	0,93
Chlorophylle.	0,8
Matière albumineuse.	0,63
Fibres végétales.	26,39
Chlorure de sodium.	0,08
Sulfate de potasse.	0,05
Sulfate de chaux.	0,25
Phosphate de chaux.	0,46
Carbonate de chaux.	0,24
Carbonate de fer.	0,09
Silice.	0,44
Perte.	0,44
	<hr/>
	400,00

M. Kœchlin attribue l'effet principal de la bouse de vache à la matière albumineuse qu'elle renferme, laquelle forme, avec l'albumine ou l'oxyde de fer, une combinaison insoluble qui se précipite sur les fibres du tissu, ce qui empêche le mordant de s'étendre et d'altérer la netteté de l'impression. En même temps la réaction légèrement alcaline de la bouse de vache neutralise l'acide acétique libre, ce que l'on peut reconnaître à ce que le bain qui a déjà servi prend une réaction légèrement acide. Lorsque cette réaction devient sensible, il faut renouveler entièrement le bain; ou y ajouter un peu de craie pour saturer l'acide qu'il renferme.

On peut remplacer la bouse de vache, dans la fabrication des indiennes, par des phosphates ou des arsénites. *Mercer et Blyte*, de Manchester, ont dernièrement trouvé le moyen de fabriquer économiquement, en grand, un sel propre au bousage, qui est composé de phosphates de soude et de chaux. *Kestner*, de Thanu, l'a mis en circulation dans le commerce, sous le nom de *sel pour bousage*. Pour s'en servir, on le dissout dans 40 fois son poids d'eau, et on l'agite fortement pour mettre tout le phosphate de chaux en suspension dans le liquide. *Specz*, qui a analysé le sel pour bousage que l'on trouve dans le commerce, l'a trouvé composé de :

Phosphate de soude.	38,64
Phosphate de chaux.	8,00
Sulfate de magnésie.	4,40
Chlorure de sodium.	3,92
Eau.	45,00
Perte.	0,34
	<hr/>
	400,00

Et dit qu'on peut le préparer en neutralisant l'acide phosphorique impur (renfermant de la chaux) par la soude du commerce.

BOUSSOLE. Cet instrument se compose essentiel-

BOUSSOLE.

lement d'une aiguille aimantée montée sur une chape très mobile, ordinairement en agate, et renfermée dans une boîte en bois ou en cuivre, qui porte à l'intérieur un cercle divisé en cuivre ou en argent. L'emploi de cet instrument est basé sur ce fait : que l'aiguille aimantée prend en chaque lieu une direction constante, quelque position que l'on donne à la boîte de la boussole; cette direction n'est dans la plupart des cas pas exactement celle du nord au sud; il y a une déviation qu'on appelle *déclinaison*, qui n'est pas la même dans tous les pays, et même qui varie très lentement en chaque lieu. On est en droit de la regarder comme constante, pendant un temps assez long, dans chaque pays; cette direction fixe est ce qu'on appelle l'axe ou le *méridien magnétique*. A Paris, la déclinaison est occidentale et se trouve actuellement d'environ 22°.

Les dimensions nécessairement restreintes de la boussole, ne permettent pas de lire les angles avec une approximation qui dépasse 45 minutes, ce qui serait d'ailleurs illusoire à cause de la variation diurne de la déclinaison qui, dans nos contrées, s'élève jusqu'à 45 ou 46 minutes, et empêche de s'en servir dans les opérations très exactes; mais l'usage en est si simple et si rapide, qu'elle est très fréquemment employée dans les cas où une grande précision n'est pas nécessaire, tels que les levés de cadastre d'une faible étendue, les levés des plans de mines, etc. Pour le levé des plans à la surface, on emploie des boussoles renfermées dans une boîte carrée avec une alidade à pinnules ou une lunette, placée sur le côté; pour le levé des plans de mines, on se sert de boussoles suspendues. La boussole dite *compas de route*, qui sert à diriger les navires sur les mers, est également munie d'un double système de suspension autour de deux axes perpendiculaires entre eux, de manière à demeurer constamment horizontale, quelles que soient les agitations du vaisseau.

BOUTONS (MANUFACTURE DE) (*angl.* button manufacture, *all.* knopf fabrication). Pour la fabrication des boutons, on se sert de matières très différentes, telles que la corne, les os, le bois, etc., qui restent nues ou qui doivent être recouvertes de soie ou d'autres étoffes. La plus grande partie des boutons se font en métal, et sont souvent dorés ou argentés, rarement étamés.

Les boutons, qui doivent être recouverts de soie ou de toute autre étoffe, se font ordinairement en os ou en bois, et à l'aide d'un tour qui les découpe, et pour les trous qui permettent le passage du fil qui sert à les attacher au vêtement.

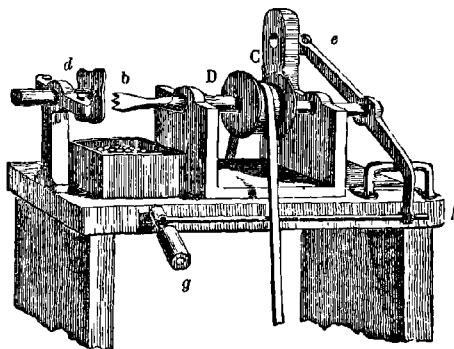
Après avoir découpé en petites planchettes, d'épaisseur convenable, à l'aide d'une scie à main, les bois les plus durs que l'on emploie pour cette fabrication, on les porte sur le tour qui les découpe et les perce. On distingue deux fabrications, suivant que le bouton doit porter deux ou quatre trous. Décrivons les deux outils qui servent dans les deux cas :

Bouton à un seul trou. L'arbre D (fig. 277) porte à l'une de ses extrémités une mèche de vilebrequin b, tandis que l'autre va se réunir à un levier fe. Le point d'appui du levier est en e, et l'extrémité f porte une tige garnie d'une poignée g, au moyen de laquelle on peut imprimer au levier, et par suite à l'arbre, un mouvement d'arrière en avant, et vice versa. Une poulie C, sur laquelle glisse une courroie, reçoit le mouvement d'une roue de rémouleur, et le communique à l'arbre D.

La roue étant mise en mouvement, l'ouvrier applique une des rondelles de bois sur la planche d; puis, saisissant la poignée g, il lui imprime un mouvement en avant, et rapproche en conséquence la mèche b de la lame dans laquelle doivent être taillés les boutons. La pointe centrale de la mèche, la plus longue des trois, fait une ouverture de part en part, tandis que les deux autres creusent un cercle qui n'inté-

BOUTONS.

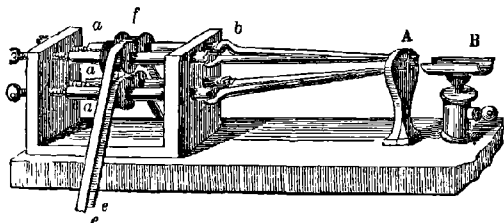
resse que la moitié de l'épaisseur de la plaque; les parties intermédiaires, tranchantes, polissent la surface du bouton. L'on soumet immédiatement la partie voisine du morceau de bois à la même opération, et l'on continue jusqu'à ce que toute sa surface soit couverte. On présente alors l'autre côté à l'action de la



277.

mèche: la pointe du milieu est placée dans les trous déjà pratiqués, et les deux pointes latérales, en creusant une seconde circonférence, séparent complètement le bouton qui tombe dans la boîte F, au moyen du mouvement de va-et-vient que le levier *ef* permet de donner à l'arbre du tour.

Boutons à plusieurs trous. Les trous, au nombre de quatre ordinairement, sont percés au moyen d'un tour, dont la fig. 278 représente la partie supérieure.



278.

aaaa sont quatre arbres porteurs de poulies, sur lesquelles passent les courroies *ef* qui les font mouvoir au moyen d'une roue de rémouleur.

L'une des extrémités de ces arbres porte un crochet qui s'unit, d'une manière mobile, à une tige *b*, soutenue à l'autre extrémité par un chevalet de cuivre A. Les quatre tiges *bbbb* traversent les ouvertures pratiquées au chevalet, et viennent présenter, de l'autre côté, leur extrémité libre, terminée en *vrille* ou *foret*.

Quand il s'agit de percer un bouton, on le place dans la coulisse B, puis on l'approche des vrilles, qu'on met en mouvement au moyen de la roue; en changeant le chevalet A, on obtient des trous plus ou moins rapprochés.

Les boutons qui doivent être recouverts de drap de soie, ou de toute autre étoffe, sont généralement appelés *moules de bouton*. Faits en bois, ou avec des rebuts d'os et de corne, ils ne sont percés que d'un seul trou à leur centre. La machine dont nous allons donner la description en rend la fabrication tellement simple et rapide, qu'un enfant de dix ans peut en faire de vingt à vingt-cinq à la minute.

Boutons en corne. La corne après avoir été ramollie dans l'eau bouillante est coupée en rondelles ou tranches

BOUTONS.

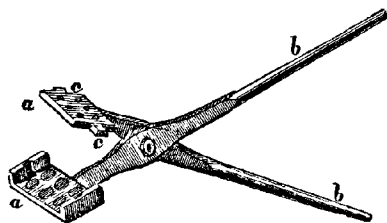
d'une épaisseur égale à celle que doit avoir le bouton; ces tranches sont ensuite découpées en petits carrés qui, par la section de leurs angles, se transforment en octogones d'une grandeur convenable; ces opérations préliminaires terminées, on soumet les pièces octogonales à la pression, dans un moule représenté fig. 279. *aa* sont les deux mors d'une pince; ils ont la forme de plaques carrées, offrant chacun six, huit ou dix coins d'acier qui portent l'empreinte du bouton qu'on veut frapper; quand la pince est fermée, ces coins correspondent d'autant plus exactement, que les deux tenons *cc*, entrant dans des mortaises pratiquées à la seconde plaque, empêchent toute déviation.

Un double manche *bb* sert à saisir l'instrument et à le transporter.

Les fragments octogones dont nous avons parlé plus haut, ayant été ramollis dans une étuve chauffée à une température de 400° et au-dessus, sont placés sur chacun des coins; la pince est alors fermée et soumise à une forte pression dans une presse à vis.

Quelques minutes suffisent pour que ces morceaux de corne prennent l'empreinte voulue; on en fait alors sauter les angles à l'aide de forts ciseaux, puis on les arrondit et on les polit avec la lime; ces boutons ont ordinairement une de leurs faces concave.

Boutons métalliques. En général les boutons métalliques, au moins les plus usités, se font en étain ou avec un mélange d'étain et de laiton. On coule les boutons d'étain dans des moules en fer ou en laiton, unis ou gravés, suivant la nature des boutons que l'on veut obtenir. On coule quelquefois en même temps l'anneau ou la queue du bouton; le plus souvent on le forme avec un fil de laiton étamé recourbé sur lui-même et introduit dans le moule; de manière à ce qu'il se trouve pris dans le métal fondu. Les boutons formés d'un mélange d'étain et de laiton, auquel on ajoute quelquefois une faible pro-



279.

portion de zinc, afin de rendre le métal plus fusible et d'obtenir un moulage plus parfait, se coulent ordinairement dans des moules en sable. Pour préparer ces moules, on se sert d'un modèle formé d'une grande quantité (4 à 12 douzaines) de modèles de boutons isolés placés sur le même plan, aussi rapprochés que possible les uns des autres et réunis par de petites tiges destinées à former les jets de coulée; on imprime le modèle en sable entre deux châssis; on enlève ensuite avec précaution le châssis qui a reçu l'empreinte du dessous des boutons; on enfonce dans chaque empreinte, et à une profondeur égale à la saillie qu'on veut leur donner, les anneaux en fil de laiton; on retire le modèle, on assemble les deux châssis et on coule le métal. Après la fonte, on sépare les boutons les uns des autres, et on enlève, à l'aide d'une brosse, le sable qui adhère à leur surface; on fixe ensuite chacun de ces boutons sur le tour en les saisissant par l'anneau au moyen d'un mandrin à ressort, et on en dresse les bords à la lime; on place ensuite le bouton dans un autre mandrin, sur un autre tour, l'anneau en dehors, et l'on en dresse le dessous; enfin on le place sur un troisième tour, où on taille et on polit la partie supérieure avec un burin d'acier bien affilé.

BOUTONS.

Les boutons en laiton et en cuivre dorés se fabriquent comme il suit : on réduit d'abord le cuivre, le laiton ou le tombac, au laminoir, en feuilles d'une épaisseur convenable. On découpe dans ces feuilles à l'emporte-pièce des rondelles de la grosseur des boutons que l'on veut fabriquer, on recuit ces rondelles pour les adoucir, et, au sortir du four, on les frappe à l'aide de coins, qui impriment sur leur pourtour le nom du fabricant et qui leur donne une forme un peu convexe, afin qu'ils ne s'attachent pas les uns aux autres lors de la dorure. On soude ensuite les anneaux, on polit les boutons sur le tour avec un brunissoir d'hématite, et on les décape.

Il ne reste plus qu'à appliquer la dorure : à cet effet on place dans un vase en terre la quantité d'amalgame d'or nécessaire pour les dorer, et une petite quantité d'acide nitrique étendu ; puis on agite les boutons, à l'aide d'un pinceau rude, jusqu'à ce qu'ils soient uniformément recouverts d'une couche d'amalgame. Pour préparer cet amalgame, on place l'or laminé en feuilles aussi minces que possible dans un creuset de Hesse, et on le porte au rouge ; on y ajoute alors huit fois son poids de mercure, on laisse encore quelques moments sur le feu jusqu'à ce que tout l'or soit dissous, puis on le refroidit brusquement, en le coulant dans l'eau, afin de prévenir la tendance qu'il a à se grumeler lorsqu'on le laisse refroidir lentement. La dorure est naturellement d'autant plus forte que l'on a employé un amalgame plus riche et en plus grande quantité. On chasse ensuite le mercure des boutons recouverts d'amalgame, en les chauffant dans une chaudière en fer, travail très dangereux pour les ouvriers qui l'exécutent, lorsqu'on ne prend pas de grandes précautions pour les soustraire à l'action des vapeurs mercurielles. Dans la plupart des fabriques de boutons dorés, ces vapeurs passent immédiatement au sortir de la chaudière dans un large canal horizontal en tôle de fer, qui les conduit dans une haute cheminée d'appel ; disposition qui, en produisant un tirage très vif, protégé très efficacement l'ouvrier, tout en permettant de recueillir la plus grande partie du mercure qui se condense dans le canal en tôle. Au sortir de la chaudière, on lave les boutons à l'eau, on les sèche et on termine en les polissant sur le tour avec un brunissoir d'hématite rouge.

Les boutons plaqués sont découpés à l'emporte-pièce dans des feuilles de cuivre plaqué, en ayant soin de placer le côté de l'argent en dessous. Les bords du coin inférieur sont relevés de telle sorte que, dans le découpage des boutons, les bords se recouvrent d'une légère pellicule d'argent. On soude après les anneaux avec de la soudure d'argent, au moyen du chalumeau. On tourne ensuite les boutons sur les bords en ayant soin de ne pas enlever d'argent ; puis on les décape sur le revers, et on les y argente légèrement en les faisant bouillir avec une dissolution de crème de tartre et de chlorure d'argent. Enfin on les termine sur le tour au brunissoir.

La confection des anneaux forme une partie importante de la fabrication des boutons, et s'exécute ordinairement comme il suit : on enroule en spirale serrée, sur le tour autour d'une tige de fer ronde, le fil métallique qui doit les former.

La spirale obtenue (fig. 280) ayant reçu un double



280.

mandrin C, est mise sur l'enclume, puis est frappée avec une sorte d'emporte-pièce, de manière à se mouler sur le mandrin et à prendre la forme D. L'emporte-pièce porte un tranchant qui marque le milieu d ; il est

BOUTONS.

alors facile, au moyen de forts ciseaux, de couper chaque tour de spirale, qui est ainsi converti en deux anneaux parfaits de bouton.

Chaque anneau est soudé séparément au bouton, au moyen de la lampe et du chalumeau ; on emploie d'habitude la soudure d'argent.

Il nous reste à dire un mot des boutons portant des reliefs, tels que ceux pour livrées, lorsqu'on ne les fabrique par moulage et qu'ils doivent avoir un certain volume.

Pour garnir en cuivre doré ou argenté le devant du bouton déjà formé d'une plaque de métal à laquelle on a soudé un anneau, on prend une plaque mince dorée ou argentée, on en enlève au découpoir des cercles de deux ou trois millimètres plus grands que le moule ; on met celui-ci sur le tour en l'air, en l'y fixant par l'anneau qu'il porte ; et alors, avec un brunissoir que l'on pousse contre la partie du cercle mince qui excède le moule, on sertit la plaque sur ce dernier, et le bouton est fini.

Les boutons militaires et ceux pour livrée, qui doivent porter des légendes, des chiffres ou des armoiries en relief, présentent quelques différences dans leur confection. Avant d'appliquer ou de sertir sur le moule les petits cercles qui doivent les recouvrir, on les grave avec un balancier analogue à ceux qu'on emploie pour frapper la monnaie. On a deux coins qui se correspondent ; l'intérieur est gravé en creux, le supérieur est gravé en relief. La plaque ronde entre juste dans un creux circulaire, et en même temps que le balancier y imprime la gravure, il relève à angles droits le bord de la plaque, en forme de petite écuelle, dans laquelle il ne reste plus qu'à sertir le moule comme ci-dessus.

Boutons à vis. Nous ne parlerons que pour mémoire d'un genre de boutons qui a été tenté il y a quelques années, et qui consistait dans une espèce de double rondelle, dont l'une formait écron sur la tige soudée à l'autre rondelle, tige filetée en vis. Ces boutons avaient l'avantage de s'adapter à l'étoffe sans couture ; il suffisait de percer un trou dans l'étoffe pour passer la tige et visser l'écron. C'était à peu près le seul avantage qu'ils pussent offrir, aussi ne les recontre-t-on plus nulle part aujourd'hui.

Boutons semi-métalliques. Une nouvelle fabrication de boutons, que nous appellerons semi-métalliques, est celle qui consiste à serrer fortement une rondelle de forte toile entre deux rondelles métalliques. La rondelle supérieure, d'un diamètre un peu plus grand que la rondelle inférieure, est sertie sur celle-ci, de telle sorte que la toile reste fortement pressée.

Les deux rondelles métalliques sont percées à leur centre, de telle sorte que le tailleur traverse avec son aiguille, coud la toile, et par suite attache le bouton à l'étoffe avec la plus grande facilité.

Boutons en pâte céramique. Une curieuse industrie, née dans ces dernières années, nous voulons parler des boutons fabriqués en matières analogues à la pâte de porcelaine. Cette invention est très heureuse, car les petits boutons surtout ont une résistance au moins égale à celle des boutons en os et peuvent être obtenus à des prix bien inférieurs. C'est vers 1840 que M. Prosser, le premier inventeur, en dota l'Angleterre.

Dans le procédé Prosser, la pâte, formée généralement d'éléments fusibles, tels que le feldspath et le phosphate de chaux, afin de donner au bouton cuit une translucidité suffisante, était moulée tout à fait sèche. On lui donnait le liant indispensable pour le moulage et le manèment des boutons moulés, à l'aide d'un corps gras chauffé à une douce chaleur avec la pâte. La poudre préparée était moulée à l'aide de petites machines à balancier qui frappaient les boutons un à un. Après le moulage, ils étaient placés à la main sur des rondeaux en terre cuite, et encastés dans

des manchons que l'on superposait dans les fours où l'on cuit la porcelaine tendre à la manière anglaise. La cuisson s'opérait, dans ces fours, à feu intermittent, de la même manière que celle des porcelaines, qu'on y plaçait en même temps.

Ces procédés ont été améliorés, et la production amenée à un degré fabuleux de bon marché par un fabricant français, M. Bapterosse. Le point de départ de ses procédés consiste en une presse pouvant monter 500 boutons à la fois.

Donnons quelques détails sur ses procédés, détails que nous empruntons au rapport fait par M. Ebelmen à la Société d'encouragement.

M. Bapterosse fabrique deux qualités de boutons : les boutons dits *agate* et les boutons *strass*.

La pâte à boutons *agate* est composée de feldspath lavé aux acides pour le débarrasser de l'oxyde de fer, et d'une petite proportion de phosphate de chaux. La pâte des boutons *strass* est composée de feldspath pur; une petite quantité de lait mélangée à la pâte lui donne le liant nécessaire pour qu'elle puisse se mouler après une dessiccation convenable.

Une seule presse peut, comme nous l'avons dit, mouler jusqu'à 500 boutons à la fois, et l'ouvrier qui la dirige peut frapper, en moyenne, deux ou trois coups par minute. En tombant de la presse, les boutons viennent se ranger sur une feuille de papier maintenue par un cadre rectangulaire en fer.

Les fours qui servent à la cuisson des boutons sont ronds ou rectangulaires; mais le principe de leur construction est le même. Le foyer est central, comme dans les fours à cristal. Un certain nombre d'arches se partagent l'espace à l'entour du foyer, et chacune d'elles reçoit six ou sept mouffes superposées. La flamme s'élève du foyer jusqu'à la voûte du four, pour redescendre dans chacune des arches, et en circulant tout à l'entour des mouffes jusqu'à des carneaux placés à la partie inférieure, et qui vont se réunir dans une cheminée centrale. Les fours ronds ont jusqu'à soixante mouffes.

Chacune des mouffes peut recevoir une plaque en terre réfractaire de la même dimension que la feuille de papier sur laquelle se sont rangés les boutons au sortir de la presse. Quand la plaque est rouge, l'ouvrier vient poser dessus la feuille de papier recouverte de boutons. Le papier brûle et les boutons se trouvent rangés sur la plaque de terre rouge dans la disposition symétrique qu'ils avaient au moment du moulage. Les plaques sont remises au four; elles y restent pendant dix minutes environ, temps suffisant pour la cuisson. On retire la plaque, on enlève avec un râble les boutons qui la recouvrent, et comme elle a conservé presque toute sa chaleur, elle peut servir immédiatement à une nouvelle opération.

Un four de soixante mouffes, qui peut cuire, en vingt-quatre heures, 500 masses de boutons, brûle dans le même temps environ 6,000 kilogr. de houille.

En introduisant dans la pâte des boutons différents oxydes métalliques, M. Bapterosse obtient des boutons de couleur teints dans la masse. Enfin, par impression, il obtient des boutons portant tous les dessins demandés par la consommation.

Par ces procédés perfectionnés, et malgré les déchets inévitables en opérant sur un si grand nombre de pièces à la fois, l'inventeur a pu abaisser le prix des boutons blancs de 8 fr. la masse encartée (prix de 1845) à 4 fr. 75 cent.

BOYAUDERIE. Nous ne pouvons mieux faire pour donner la description de cette industrie que d'emprunter celle qu'a donnée M. Labarraque dans le mémoire qui lui a valu le prix de la société d'encouragement et qui l'a amené à l'admirable résultat de montrer qu'on pouvait, par l'emploi du chlorure de soude, effectuer tout le tra-

vail du boyaudier en évitant la putréfaction et par suite l'épouvantable infection qui en résulte.

I. — **DES BOYAUX INSUFFLÉS.** L'art du boyaudier consiste à débarrasser la membrane ou tunique musculuse des autres membranes qui constituent l'intestin. Pour y parvenir, on emploie successivement, dans la préparation des boyaux soufflés, les opérations suivantes : 1° le *dégraissage*, 2° le *retournage*, 3° la *fermentation putride*, 4° le *ratissage*, 5° le *lavage*, 6° l'*insufflation*, 7° la *dessiccation*, 8° la *désinsufflation*, 9° l'*aufrage*, 10° le *soufrage*, 11° le *ployage*. Nous allons exposer, dans des paragraphes séparés, chaque opération, après avoir fait connaître l'atelier où se fait le premier travail.

De l'atelier. On ne peut dépendre le sentiment pénible et le dégoût qu'on éprouve lorsqu'on entre pour la première fois dans une fabrique de boyaux insufflés. Qu'on se représente un local de 4 à 6 mètres de long, sur 4 à 5 de large et de 3 à 4 de haut, clos dans l'hiver, et les croisées ouvertes en été, entouré de vieilles futailles de la capacité de 250 litres; dans le milieu de cette enceinte, des bouts de bois descendant suffisamment pour attacher des agrafes, et quelquefois scellés au sol; à côté, des baquets plus ou moins grands, et tous ces vases, ou la plupart, contenant des intestins en pleine putréfaction; les vases incrustés, pour ainsi dire, de matières à moitié corrompues; le sol, s'il est pavé, toujours plus qu'humide par les matières fécales et le déchet des boyaux dont il est parsemé; s'il n'est point pavé, présentant plusieurs marcs où de l'eau fétide séjourne, comme pour augmenter encore les causes de l'horrible puanteur qui vous environne en se répandant au loin.

Près de l'atelier, ordinairement dans le jardin, se trouve un trou de 3 mètres carrés environ, dans lequel on jette les excréments et les morceaux de boyaux rebutés. C'est surtout quand on vide ce foyer d'infection que l'odeur se développe avec violence.

Toutefois, il est nécessaire de le relater pour prouver l'influence de l'habitude sur l'homme; les ouvriers, assez nombreux, qui se livrent à ce travail ne sont pas plus souvent malades que s'ils s'occupaient de tout autre métier; ils sont imprégnés d'une odeur fade et nauséabonde, qui ne les quite pas, même après leur toilette du dimanche, et qu'on reconnaît facilement pour peu qu'on ait fréquenté leur atelier.

1° *Dégraissage.* Après s'être procuré les boyaux grêles de bœufs et de vaches, que le boyaudier va chercher aux abattoirs deux fois par semaine, soit dans des hottes, soit dans des voitures, selon sa plus ou moins grande exploitation, il les dépose dans des tonneaux défoncés, pour les dégraisser le plus tôt possible; car l'ouvrier a observé que plus il tarde, plus le dégraissage devient difficile.

Quand il veut opérer, il met une quantité donnée de boyaux dans un baquet avec un seau d'eau; il prend un des bouts, qu'il passe sur une agrafe placée sur un morceau de bois et à 2 mètres environ de haut; il tire environ trois pieds de long du boyau avec la main droite, et de la main gauche il passe une portion d'intestin sur l'agrafe, de manière à former une sorte de nœud; cela fait, il prend la portion d'intestin qui pend, la faisant passer entre le pouce et l'index de la main gauche. De la main droite, il tient un couteau semblable à ceux dont se servent les charcutiers, et avec adresse le fait glisser sur l'intestin jusqu'au-dessus des doigts de la main gauche, de manière à enlever le tissu gras, et portion de la membrane péritonéale; ensuite la main gauche baisse en tenant toujours de la même manière l'intestin; le couteau agit comme on l'a déjà indiqué, jusqu'à ce que la portion pendante soit dégraisée. Cela opéré, de la main gauche l'ouvrier défait le nœud, tire de la main droite une seconde portion d'intestin égale à la première, et successivement arrive au dégraissage complet du boyau.

Chaque fois que l'ouvrier trouve une déchirure, ce qui arrive souvent, les bouchers agissant avec peu de précaution pour enlever le suif qui adhère à l'intestin, il coupe cette partie, qu'il jette dans le baquet des boyaux déjà dégraissés.

L'eau que l'on jette sur les boyaux est nécessaire, seulement pour les humecter, afin que le couteau glisse sur la membrane musculeuse sans l'entamer; s'il l'entame, le boyau est coupé en entier et forme un morceau.

La graisse tombe par terre avec partie des matières fécales; cette graisse est ensuite lavée dans des baquets, et étendue sur des claies pour la faire sécher. Fondue, elle produit des suifs communs: les boyaudiers font ramer cette dernière opération.

2° *Retournage ou invagination.* Après le dégraissage, les boyaux de bœufs sont jetés dans un cuvier à moitié plein d'eau; un des bouts est pris par la main droite de l'ouvrier; il y introduit son pouce à une profondeur d'environ 5 centimètres, et presse ledit pouce entre l'index et le médium; avec la main opposée, il fait recouvrir ces deux doigts par le boyau qu'il retourne, les plonge dans l'eau; tandis que de l'autre main il tient le boyau perpendiculaire. L'eau qui est entrée dans l'intestin au moyen de l'écartement des doigts, fait, par son poids, glisser la partie supérieure, et par un léger mouvement de la main, ainsi que par de nouvelle eau qu'on introduit de temps en temps de la manière déjà indiquée, il se trouve très promptement retourné. Alors un des bouts est jeté sur le bord de la cuve, et quand il y en a une assez grande quantité, on en forme un paquet au moyen d'une ficelle de moyenne grosseur, ayant un nœud coulant. On continue le retournage en formant de la même manière des paquets, dont chacun contient le plus ordinairement le produit de deux ventres de bœufs.

3° *Fermentation putride.* Souvent avant le retournage, faute de temps ou par négligence, les paquets de boyaux sont jetés dans des tonneaux défoncés et posés debout avec l'humidité assez abondante qu'ils retiennent, mais sans autre addition d'eau. La corde de chaque paquet pose sur le rebord supérieur du vase, dans lequel on en entasse environ les trois quarts de sa contenance; et ces paquets déjà fétides sont abandonnés pendant plus ou moins longtemps, selon la température de l'air.

En hiver, ordinairement, il faut de cinq à huit jours; en été, deux ou trois jours suffisent.

Lorsque la fermentation est assez avancée, ce que les ouvriers reconnaissent aux bulles d'air qui viennent crever à la surface, ils passent à l'opération suivante. Il arrive surtout en été que la putréfaction marche trop rapidement, et qu'ils craignent la perte de leur marchandise: alors ils jettent dans le tonneau un verre de vinaigre, qui arrête la fermentation et leur laisse le temps suffisant pour travailler les boyaux.

Avant et pendant cette fermentation, les boyaux exhalent une odeur des plus infectes.

4° *Ratissage.* Après la putréfaction vient le ratissage, qui était impossible auparavant. Pour cela, les paquets de boyaux sont jetés dans une cuve contenant les deux tiers d'eau; la ficelle qui les tient est enlevée, l'ouvrière en prend un bout de la main droite, le met dans la main gauche, l'ongle du pouce de celle-ci appuie sur l'intestin, qui est pressé sur l'index, tandis qu'elle tire de la main droite. Après en avoir tiré environ une demi-brassée, l'autre face de l'intestin est reprise pour subir la même opération; ensuite on le trempe dans l'eau; celle-ci enlève la membrane muqueuse ratissée, qui reste encore à la surface, et lubrifie encore l'intestin, qui glisse d'autant mieux sous l'ongle.

Le boyau contient encore une partie de la membrane péritonéale, le couteau dans le dégraissage n'en ayant enlevé que le tiers environ.

5° *Lavage.* Quand les boyaux sont ratissés, on les

jette dans des cuves pleines d'eau, qu'on change une ou deux fois par jour, en les remuant chaque fois pour les faire dégorger. On les laisse ainsi pendant deux ou trois jours, ayant soin de renouveler l'eau. Celle-ci sort, les premières fois, trouble et fétide. Les dernières eaux sont plus claires, quoique un peu colorées et toujours fétides. Ce liquide offre à sa surface une pellicule irisée avec quelques bulles, surtout les premières fois.

6° *Insufflation.* Les lavages terminés, l'ouvrier, qui a fait la première opération, c'est-à-dire le dégraissage, met sur sa poitrine une espèce de bavette en cuir, nommée *bouclier*; il implante son couteau sur le rebord du large baquet qui contient les boyaux, de manière que le tranchant de la lame se trouve en face de lui; un peloton de gros fil est placé à côté, et le bout trempe dans le baquet. Il met à sa bouche un cylindre creux de roseau ou autre de 45 à 46 centim. de long; il introduit le bout de ce cylindre à l'orifice de l'intestin, qu'il serre avec sa main gauche; il souffle en étendant le boyau avec la main droite; si le boyau n'est pas crevé dans toute sa longueur, il est adapté au bout avec une autre longueur de boyau, et l'ouvrier fait la ligature des deux bouts; il souffle la première portion, la main gauche presse près du tube, et de la main droite il entoure le boyau avec un fil, le noue, et présente au couteau le fil ainsi que le bout de boyau noué et non soufflé, il l'enlève en en laissant environ un demi-pouce de long, pour que le nœud ne glisse point; il reprend l'autre bout, le souffle à son tour, et lorsque cela est fait, l'attache avec un autre bout de boyau, qui est ensuite soufflé. Si le boyau offre un trou peu considérable, après avoir soufflé, l'ouvrier le découvre en faisant passer successivement toutes les parties du boyau déjà soufflé dans l'eau, et en les pressant un peu, le bruit que fait l'air en venant crever à la surface de ce liquide le lui fait apercevoir: alors il pince cette partie d'intestin, la double et l'entoure d'un fil, qu'il noue d'une seule main; le *bouclier*, appuyant contre le baquet, presse le fil qui fait résistance, et de cette manière on peut facilement faire le nœud; le fil est coupé en présentant le bout au couteau, et le morceau de boyau en même temps, s'il est trop long. Ensuite une ouvrière attache les bouts de fil de telle manière, que le canal intestinal est comme étranglé par plusieurs ligatures, dans sa longueur.

A mesure que les boyaux sont soufflés, et quand la surface du grand baquet est remplie, on les met dans un très grand panier d'osier pour les porter au séchoir.

Pendant cette opération, les boyaux répandent une odeur des plus infectes, qui se fait sentir au loin (le séchoir étant en plein air), et l'air qui s'échappe souvent des boyaux qu'on souffle en étant imprégné. Le même ouvrier ne peut pas souffler plus de trois jours de suite; ses mains seraient pour ainsi dire dépouillées, et sa poitrine fatiguée. Malgré l'habitude, il sent alors l'odeur qui lui prend à la gorge, cet organe recevant presque chaque fois qu'il respire le refoulement de l'air qu'il a fait entrer avec force dans le boyau, et qui en sort infect.

7° *Dessiccation.* Le panier est porté près du séchoir, qui est formé de longues perches en bois, clouées horizontalement sur des piquets en bois, de 2 mètres de haut, et scellés de loin en loin dans la terre. Les boyaux sont étendus de manière qu'ils ne se touchent point. On les laisse à l'air jusqu'à leur parfaite dessiccation, ce qui demande plus ou moins de temps, selon la saison et le nombre de ligatures, celles-ci étant plus longues à sécher, et aussi selon qu'ils sont plus ou moins bien dépouillés de la membrane muqueuse et de la graisse; en général il faut de deux à cinq jours.

Si le temps est pluvieux, on est obligé de les porter sous des hangars ou au grenier, pour éviter qu'ils ne pourrissent.

Si le soleil est trop ardent, on a à craindre que la dilatation de l'air qu'ils contiennent ne les fasse déchirer, alors on les met sous un hangar. Le vent peut, en les froissant les uns contre les autres, les faire trouser, et on les en garantit le mieux possible. On évite aussi la gelée avec le plus grand soin, ce dernier état de la température leur étant également nuisible.

8° *Désinsufflation.* Une fois la dessiccation opérée, les boyaux sont portés dans une pièce humide, espèce de cellier : là des ouvrières tenant dans la main droite une paire de ciseaux prennent les intestins, les percent avec la pointe de cet instrument pour chasser l'air, et coupent avec les ciseaux, le plus près possible de la ligature, la portion de boyau qui n'a pas été soufflée, et ainsi de suite à chaque point d'attache, en pressant successivement dans toute la longueur pour chasser l'air.

9° *Avantage.* Lorsqu'on a une certaine quantité de boyaux de *dessoufflés*, l'ouvrière les mesure par paquets de 13 à 20^m, dont elle fait une espèce d'écheveau très large, qu'elle attache avec le bout du boyau, de manière qu'à l'endroit de la ligature celle-ci offre une sorte d'anse destinée à les enfiler dans une broche en bois. On laisse ces paquets dans le cellier pour qu'ils s'imprègnent bien d'humidité; ceci est indispensable pour la réussite de l'opération suivante.

10° *Soufrage.* Le soufre est de diverses dimensions selon l'importance de la fabrique, je le suppose de 2 mètres de haut et de 4^m,65 en tous autres sens. On met à la partie supérieure 400 paquets ou davantage de boyaux enfilés par leur anse, à un ou plusieurs bâtons, et encore très humides; s'ils ne le sont pas assez, on les asperge d'eau avec un balai, qu'on trempe de temps en temps dans ce liquide. On pose à la partie inférieure une terrine contenant environ une livre de fleur de soufre; on jette dessus des charbons allumés et on ferme la porte, sur les jointures de laquelle on applique des bandelettes de papier enduites de colle, ou plus souvent on bouche les interstices avec de la terre délayée dans l'eau. Au bout de quelques heures on ouvre la porte, et, après le temps nécessaire pour laisser dégager les vapeurs d'acide sulfureux, on retire les boyaux.

11° *Ployage.* Les boyaux soufrés sont rapportés au cellier. Étant suffisamment humides, l'ouvrier prend un des paquets, choisit le bout qui présente les ligatures les plus rapprochées, en fait plusieurs doubles de 45 à 20 centim. de long, et ensuite entortille à l'entour le restant du boyau, qu'il arrête à la fin, en faisant passer le bout sous le dernier pli. Le paquet présente la forme d'un fuseau effilé par les deux bouts.

Cela opéré, les paquets sont portés au magasin et mis dans des cases aérées qui en contiennent cinq cents. Pour les livrer au commerce, on les emballe dans des sacs qui contiennent la même quantité, et on y ajoute du poivre, du camphre, etc.

Pour donner idée de la facilité de l'emploi du chlorure de soude, et combien il est peu coûteux, nous nous contenterons de rapporter l'expérience suivante, faite devant la commission de la Société d'encouragement. Il parait après cela inimaginable que le travail ne se fasse pas toujours d'après les procédés si simples, malgré les efforts de l'autorité municipale.

On a mis dans six seaux d'eau 4^l,50 de chlorure de soude marquant 46°, et décolorant 46 parties de sulfate d'indigo, et versé ce mélange sur cent boyaux de bœuf fétides : l'odeur a été détruite instantanément, et au bout de quelques heures, le boyau a été travaillé : la muqueuse se détache très facilement, les boyaux sont superbes, et le deviennent davantage après les autres opérations. En établissant le prix de cette eau de Javelle à base de soude à 40 fr. les 50 kilogr., les frais pour cent boyaux de bœuf s'élèveront à 30 cent., et en supposant qu'on soit obligé d'élever la dose de ce chlorure de manière à en mettre 1 kilogr. pour cinquante intes-

tins, contenance ordinaire d'une futaille, la dépense ne dépassera pas 40 cent., c'est-à-dire un peu plus de 1/3 de cent. par boyau; on doit se fixer à ces quantités et à ce dernier chlorure, qui offre évidemment les plus avantageux résultats.

II. — DES CORDES A BOYAUX. Avant de faire connaître la préparation des boyaux de moutons pour la fabrication des diverses cordes, nous allons décrire la manière de faire celle d'intestins de cheval, qui ne reçoit pour traitement préparatoire que le travail indiqué dans le premier paragraphe; ensuite nous exposerons les diverses opérations qu'on fait subir à ceux de mouton; et enfin nous ferons connaître les manipulations qu'on emploie pour chaque espèce de corde, que nous distinguerons par les noms connus des ouvriers et des commerçants. Chaque sorte fera le sujet d'un chapitre particulier : ainsi nous traiterons, outre la corde des *remouleurs*, dite des *Lorrains*, des diverses cordes faites avec les boyaux de moutons, et qu'on nomme :

1° *Corde à raquettes.*

2° *Corde à fouets.*

3° *Corde pour les chapeliers*, dite d'*arçon*.

4° *Corde pour les horlogers.*

5° Et la *Corde à instruments de musique.*

Corde pour les remouleurs, dite des *Lorrains*. Les cordes des remouleurs, polisseurs, etc., se font avec des boyaux de cheval débarrassés de la membrane muqueuse par la fermentation, comme nous l'avons indiqué dans le premier paragraphe. Le boyau fétide est pris par un des bouts, dans lequel on fait entrer une boule en bois, fichée au bout d'un piquet scellé sur un établi. À la suite de cette boule sont quatre lames tranchantes : ou, pour rendre l'explication plus claire, qu'on se représente un couteau rond à quatre lames, surmonté d'une boule en bois. On tire également le boyau avec les deux mains, et au fur et à mesure il se coupe en quatre lanières égales. On prend quatre, six ou huit lanières, suivant qu'on veut faire la corde plus ou moins épaisse; on attache par un nœud particulier les lanières à un double bout de ficelle préparée exprès, et qu'on nomme *lacet*; on passe le lacet dans une cheville introduite dans un trou pratiqué sur un poteau fortement scellé. À une distance de 40 mètres, se trouve un semblable poteau avec des chevilles, sur l'une desquelles on passe les lanières. On se rapproche du premier poteau, et l'ensemble des lanières est attaché à un nouveau lacet qu'on enfille à la cheville dont nous avons déjà parlé. Les ouvriers désignent ce premier travail par le mot *ourdir*. On coupe les lanières, on les attache de la même manière que ci-dessus, si elles sont assez longues, ce qui arrive presque toujours, attendu que les bouts sont reconcus par de la filandre, après les avoir coupés préalablement en biais et disposés de manière que la couture ne fasse pas épaisseur inégale; si elles sont assez longues, disons-nous, on fait une seconde longueur, jusqu'à ce qu'enfin le boyau soit tout employé. On les chevilles entièrement garnies.

Sitôt l'*ourdisage* fini, l'ouvrier place convenablement le rouet, et passe dans le crochet de l'émerillon la ficelle qui tend la corde ourdie; il met un second lacet : si le rouet est suffisamment fort, il donne quelques tours à la roue par le moyen de la manivelle, et place sur une cheville la corde déjà tordue. Il agit de même sur chacune des cordes ourdies; ensuite il passe la main, en pressant convenablement, sur la corde, à partir du rouet, et coupe avec son couteau les filandres qui ne font pas corps avec la corde. Celle-ci ne diminue pas en longueur par la dessiccation, attendu que toujours elle est ramenée à la même dimension par les chevilles; mais par le tordage et la dessiccation, elle diminue beaucoup en épaisseur : après le premier tordage, elle est de la grosseur du doigt.

Quelques heures s'étant écoulées, on remet les cordes

au rouet, on les tord de nouveau. Douze ou quinze heures après, on les prend l'une après l'autre, on enfle le lacet à une cheville qu'on tourne dans la main, le rouet n'étant pas ordinairement assez solide. Ce tordage opéré, on les frotte avec une corde en crin qu'on humecte avec de l'eau et dont on fait un paquet, qui les entoure et qu'on tient entre les mains : cette opération est nommée *étricher*. Un autre tordage est fait trois heures après, et on étriche fortement encore après avoir remis les cordes à la cheville et celle-ci au poteau.

Si la corde, suffisamment séchée et tordue, n'est pas bien unie, on la polit avec de la peau de chien; mais si l'on a passé la corde de crin assez de fois, cela devient inutile. La corde est séchée tendue; on ne la passe pas au soufre habituellement. Bien sèche, on coupe les deux bouts près du lacet, et on la ploie en rond pour la livrer au commerce.

Au moment où l'ouvrier qui fait les cordes dont nous venons de parler reçoit de l'*écarrisseur* les intestins du cheval, de l'âne ou du mulet, ils sont déjà en pleine putréfaction : en les recevant, l'ouvrier devra les laver pour les débarrasser des matières, les retourner, et les mettre macérer pendant la nuit dans un tonneau contenant deux seaux d'eau mélangée avec 1/2 kil. de chlorure de soude alcalin. Cette quantité pourra servir pour quinze à vingt intestins, et n'augmentera la dépense du fabricant que de 10 centimes pour cette quantité.

Le lendemain, il décollera la maqueuse par le moyen usité, lavera les boyaux dans un grand baquet d'eau, ensuite les coupera en lanières, et en filera la corde pendant la journée et donnera le premier tors; le lendemain, il la finira.

Si cette corde n'est pas assez sèche le lendemain, il sera toujours obligé de donner un second tordage : peu importe pour la salubrité publique, qu'il agisse ensuite plus ou moins rapidement, la fétilité étant peu considérable après le second tordage dont nous venons de parler.

Des opérations préliminaires que les intestins de moutons subissent avant la confection des cordes ordinaires. Les boyaux de mouton retirés du ventre de l'animal encore chaud, on en fait sortir les matières fécales, et du produit de chaque ventre on forme un paquet. Dans cet état, ils sont livrés au boyaudier; quelquefois il les reçoit sans être vidés : dans ce cas, ils ne peuvent être utilisés que pour la corde à raquette, attendu que les matières séjourant dans les intestins les font fermenter, et prendre une couleur qui persiste lorsque la corde est fabriquée.

Les paquets sont apportés à la boyauderie, et là déposés dans un baquet, dénoués et passés à la main pour les mettre dans un autre baquet avec de l'eau : cette manœuvre se nomme *assir* le boyau. Les morceaux de suif qui ont pu rester sont enlevés en même temps; ils sont peu considérables; les petits bouts de chaque intestin sont mis sur le rebord du baquet, et ensuite noués ensemble : ceci est essentiel pour l'opération suivante. On laisse tremper le boyau pendant un ou deux jours pour pouvoir détacher les membranes péritonéale et maqueuse. L'eau est changée plusieurs fois pendant cet espace de temps.

Dès le lendemain, on prend le paquet de boyaux noués, qu'on pose sur un banc incliné, dont la partie inférieure porte sur un baquet; on gratte avec le dos de la lame du couteau un ou plusieurs intestins. Si le boyau est assez avancé, cet instrument déchire une moitié environ de la membrane péritonéale dans la longueur de 0^m,10 à 0^m,12 : alors l'ouvrière prend le boyau, pince en le tirant l'autre moitié de cette membrane externe qui suit dans toute la longueur de l'intestin, c'est ce qu'on nomme la filandre; elle est étendue sur une planche en la doublant sur elle-même, on

la noue si elle casse. Cette opération se nomme *fler*. Une chose digne de remarque, c'est que si on cherche à l'enlever, en commençant par la partie la plus grosse de l'intestin, elle ne suit pas, et elle se déchire si souvent qu'à peine peut-on en retirer des morceaux de plus de 20 à 30 centimètres de longueur. Serait-ce rationnel de considérer le tube intestinal comme composé, dans toute sa longueur, du même nombre de fibres; et si cela est vrai, comme nous le croyons, ne trouverions-nous pas l'explication du fait dans la dilatation plus grande de ces fibres sur le bout le plus large de l'intestin, tandis qu'elles sont plus rapprochées dans le côté opposé? En pinçant la membrane péritonéale par la partie où les fibres sont plus rapprochées et tirant, ces fibres, étant plus fortes que celles qui suivent, les entraîneront dans toute la longueur. Outre la force, la disposition des fibres y est pour quelque chose; car en enlevant la péritonéale par le bout d'intestin le plus large, la portion de membrane péritonéale va toujours en diminuant de largeur jusqu'au moment où elle se rompt.

La filandre s'emploie pour cuire les boyaux, elle remplace le fil; de plus on l'utilise pour faire la corde à raquette, comme nous le dirons plus loin.

Sitôt la filandre enlevée, les boyaux sont remis dans des baquets qu'on remplit d'eau de puits. Le lendemain, on les ratisse sur le banc incliné; ils trempent d'un bout dans l'eau du baquet, l'autre bout est tenu de la main gauche, et de la main droite on tient un couteau dont la lame est arrondie par le dos, et pèse sur le boyau en tirant plus fort à droite. L'ouvrière tient ordinairement trois ou quatre bouts de boyaux; on nomme cette opération *curer* le boyau. Au fur et à mesure du ratissage, la partie nettoyée est amoncelée sur le haut du banc, qui est long de 1^m,33 et de 0^m,30 environ de largeur. Les boyaux, tirés par la main gauche, glissent sur la planche de ce banc sans tomber sur les côtés, parce qu'on a pratiqué à son bout incliné un creux arrondi en forme de croissant.

Après cette opération, les boyaux sont mis dans l'eau, et le lendemain celle-ci est remplacée par une solution de potasse, que les ouvriers préparent comme il suit :

Un seau d'eau de fontaine de 44 ou 45 litres est mis dans une tinette ou terrine de grès, on verse dessus 425 grammes de potasse et 425 grammes de perlasse. Les ouvriers ignorent que ces deux sels sont la même substance de qualité différente. La solution opérée, ils laissent déposer, et déterminent si cette eau est trop forte, par l'action qu'elle exerce sur la peau de leur main; ils ajoutent de l'eau s'il le faut. Quand elle est au point convenable, ils en versent une quantité suffisante sur les boyaux; on les change trois ou quatre fois de cette eau potassée, en laissant agir chaque fois quelques heures, et en passant au dé une ou deux fois, selon que l'intestin est destiné pour telle ou telle espèce de corde. La plupart des ouvriers croient plus convenable de préparer deux sortes d'eaux de potasse, la seconde avec la perlasse seule, qui, disent-ils, rend le boyau plus sec : ils ont observé que si l'on employait cette dernière solution seule, la corde est trop sèche, et se casse, disent-ils, plus facilement.

L'opération de passer au dé se fait en prenant un des bouts du boyau, le pressant contre l'ongle, et employant ensuite un dé ouvert en cuivre, qui au fur et à mesure qu'on tire, ratisse sur le boyau et le débarrasse de plus en plus des corps étrangers à la membrane musculeuse. Pour la corde à instruments, par exemple, on passe au dé bien plus de fois que pour les autres cordes, comme nous l'observerons en son lieu.

Les boyaux, passés suffisamment au dé et à la potasse, sont triés, les plus gros et les plus longs pour la corde de chapelier, qui doit être sans nœuds ni coutures; la seconde qualité pour la corde à fouet; la plus

inférieure pour la corde à raquettes. Si la quantité nettoyée présente de beaux boyaux fins et très blancs, on les met de côté pour la corde à instruments; mais cela n'a pas toujours lieu, parce que peu d'ouvriers savent faire cette qualité.

Les autres préparations se rapportent à chaque espèce de corde, et en décrivant leur mode de fabrication nous les exposerons.

Corde à raquettes. Les boyaux de moutons de qualité inférieure, soit qu'ils aient subi les opérations par la potasse, soit qu'ils aient été bien lavés et dégorchés dans l'eau de puits seulement, sont coupés en biais, s'ils sont en plusieurs morceaux, et cousus, étant mouillés, avec de la filandre, en ayant soin de mettre un biais supérieur et l'autre inférieur, afin d'éviter que les coutures rendent la corde inégale. Cela opéré et le boyau ne faisant qu'une seule longueur, on ourdit comme nous l'avons déjà indiqué; ensuite on réunit un, deux, trois ou quatre boyaux qu'on attache à un lacet; on continue à les attacher de la même manière, en mettant chaque fois un lacet; à la cheville opposée à ce lacet l'intestin fait deux tours pour l'empêcher de glisser. Les attaches étant terminées, l'ouvrier prend un des lacets, le met au crochet de l'émerillon du rouet; il en place même deux ou trois autres, et donne quelques tours de manivelle. Le tordage fait diminuer la corde, mais l'ouvrier la ramène en tirant par le lacet, qu'il enfila à la cheville supérieure. Quand celle-ci est garnie, il promène sa main en pressant la corde à partir du rouet, pour faire sortir l'humidité, et faire qu'elle soit tordue également dans toute sa longueur: une ou deux heures après, il les remet au rouet, et passe la corde de crin.

Après que le tordage est effectué et que la corde est convenablement érichtée, on la met en couleur; et voici comment les ouvriers s'y prennent: une des chevilles qui enfilent les lacets est enlevée; la corde est ployée à l'entour, on la réunit avec la cheville opposée, et on laisse tremper la corde dans du sang de bœuf pendant quelques minutes; on la tord de nouveau jusqu'à dessiccation complète; quelquefois on la passe une seconde fois au sang de bœuf; il arrive aussi fort souvent que les boyaux sont mis en couleur avant le tordage: dans ce cas, on met les boyaux tremper dans le sang de bœuf avant l'ourdisage. La corde tordue est ensuite polie avec la corde de crin, suffisamment séchée; on coupe les bouts, et on la ploie en rond: dans cet état, elle est propre aux usages auxquels on l'a destinée.

Pour les qualités inférieures de corde à raquettes, on met un boyau seul et deux ou trois filandres, et on opère de la manière que nous avons indiquée.

Corde à fouets. Les boyaux de moutons préparés à la potasse, et mis de côté pour la corde à fouets, sont pris par l'ouvrière, les bouts coupés en biais et cousus avec de la filandre, toujours de façon que les coutures ne fassent pas épaisseur inégale. On ourdit la corde et on tord chaque bout séparément, car il est rare qu'on fasse de la corde à fouets à deux brins ou boyaux. On la soufre une ou deux fois. Quelquefois on la met en couleur, soit en noir, rose ou vert. Les boyaux prennent bien la teinture. Le noir se donne avec l'encre ordinaire; le rose avec l'encre rouge, que l'acide sulfureux fait virer au rose; le vert par la couleur de cette nuance, que les marchands de couleurs vendent aux boyaudiers.

Les soins pour la fabrication de ces cordes sont plus grands que pour la corde à raquettes, mais moindres que pour celle des chapeliers. Après l'avoir bien polie à la corde de crin, on la laisse sécher, on la coupe par les bouts, et on la ploie par grosses pour la livrer aux fabricants de fouets.

Corde pour les chapeliers, dite d'arçon. Les boyaux de moutons les plus longs, les plus gros, après avoir été

passés convenablement à la potasse, sont ourdis par quatre, six, huit, dix ou douze, selon la grosseur dont on veut faire la corde, qui est ordinairement de 3 à 8 mètres de long. Pendant et après l'ourdisage, on place sous la longueur de la corde une caisse longue, de 0^m,50 à 0^m,55 de large, ayant à l'entour un rebord de quelques centimètres; elle doit être très propre, étant destinée à empêcher le boyau qui traîne de se salir: on la nomme le *rafrachi*.

Cette corde ne doit avoir ni coutures ni nœuds; aussi l'ouvrier, en ourdisant, double les boyaux, met un lacet aux bouts réunis, qu'il place à la première cheville; il tire les boyaux doublés, et si dans la longueur il s'en trouve qui n'arrivent pas à la seconde cheville, il prend un bout de boyau qu'il passe dans celui qui est trop court, et double le bout pour arriver à ladite cheville: s'il y en a plusieurs, il agit de la même manière; enfin il les attache à un lacet, qu'il place sur la cheville. Ce travail fini, il applique au rouet et agit comme pour les autres cordes, en érichtant avec le plus grand soin et à plusieurs reprises chaque fois qu'il tord de nouveau. A demi-séchées, ces cordes sont soumises deux fois à la vapeur du soufre. Après chacune de ces opérations, la corde est tendue, érichtée, en arrosant la corde de crin avec assez grande quantité d'eau de potasse. On la laisse sécher tendue, ensuite on la coupe et ploie comme il a été déjà dit.

Corde pour les horlogers. Cette corde à boyau doit être extrêmement mince: aussi pour la faire prend-on des intestins très petits, bien travaillés par la potasse, ou le plus souvent des boyaux coupés en deux par un couteau approprié à cet effet. C'est une espèce de lance surmontée d'une boule en plomb ou en bois. Cet outil est placé sur le bout d'un établi, et on tire avec les deux mains également le boyau, dans lequel on a introduit la boule. Le boyau mouillé se coupe assez régulièrement en deux lanières, qui tombent chacune dans une terrine. Il est inutile de dire que chaque main tire une lanière, et que les deux marchent en même temps.

Les horlogers se servent aussi de cordes de diverses grosseurs, et contenant un plus ou moins grand nombre d'intestins: on les fabrique comme les cordes à instruments dont nous allons parler, mais avec beaucoup moins de soins.

Cordes à instruments. Il est reconnu de temps immémorial que les cordes à instruments préparées en France par d'habiles ouvriers, sont aussi bonnes que celles qui nous viennent d'Italie, excepté cependant les chanterelles, que nos fabricants ne sont parvenus à faire aussi bien qu'en très petite quantité; ce qui tient à la nature des boyaux de moutons, qui à Paris proviennent de trop grands animaux. Les chanterelles nous forcent donc à être tributaires de Naples, et tous les efforts qu'on a faits jusqu'à présent pour nous affranchir de ce tribut ont été sans succès. Quand on a pu en faire quelques-unes de qualité égale, on n'y est parvenu qu'en choisissant sur une très grande quantité de boyaux, et en prenant les plus minces.

Nos fabricants ne vendent que les produits de leur industrie. Le commerce français ne fait venir d'Italie que des chanterelles, qui arrivent par paquets de trente cordes ployées dans du papier tellement huilé, qu'elles nagent pour ainsi dire dans ce liquide; et les luthiers ne peuvent se procurer les cordes que chez les marchands qui les tirent d'Italie, ou chez les fabricants. Il nous paraît évident, d'après cela, que les consommateurs ne peuvent employer (en bonnes cordes) que des chanterelles de Naples, et que toutes les autres cordes dont ils se servent sortent de nos fabriques. Cependant il est vrai de dire que les marchands, pour faire valoir leur marchandise, assurent, dans cette partie comme dans bien d'autres, que leur article vient de loin. Les

musiciciens peuvent bien en être dupes relativement au prix d'achat; mais ils ne le sont pas relativement à la qualité, puisqu'ils ont ce qu'on connaît jusqu'à présent de meilleur.

D'après ce que nous venons de dire, nos recherches doivent principalement se porter sur les chanterelles; il nous faut surmonter cette grande difficulté, contre laquelle tant d'artistes ont échoué; savoir, de faire à Paris des chanterelles aussi fortes, sans être plus épaisses, avec des boyaux trop gros, tandis que les Napolitains se servent des intestins de moutons beaucoup plus petits. Avant d'exposer nos tentatives, nous croyons de notre devoir d'exposer l'art du fabricant de cordes à instruments de musique.

Aux abattoirs de Paris, les boyaux grêles de moutons sont remis aux boyaudiers après avoir été débarrassés des matières fécales; on en fait des paquets dont chacun contient l'intestin d'un animal. Parvenus à l'atelier, on les met dans un baquet plein d'eau de Seine; on les dénoue, et on les fait passer dans un second baquet ou terrine d'eau fraîche, en posant le bout le plus mince de l'intestin sur le rebord. On continue ainsi jusqu'à ce que tous les boyaux soient passés. Alors on en fait un paquet, qu'on met tremper dans l'eau, et on change ce liquide dans la journée. Si la température est élevée, on essaie de les *curer* le soir même ou le lendemain: cette opération se fait comme nous l'avons indiquée en parlant des autres espèces de cordes de moutons; il faut toujours qu'elle se fasse le plus tôt possible, attendu qu'une macération trop longue diminue leur force. On se sert peu maintenant de morceaux de roseau arrondis: quelques fabricants ont conservé cette manière d'opérer; mais on va plus vite avec le dos de la lame d'un couteau, et on déchire moins souvent l'intestin. Si l'on met à l'eau courante les boyaux, au lieu de les laisser tremper dans des baquets ou terrines pleines d'eau, le *curage* peut s'effectuer bien plus promptement, et la matière est entraînée par le courant.

Ce premier ratissage opéré avec encore plus de soin que pour les autres espèces de cordes, et en se servant toujours d'eau de Seine, les boyaux sont mis dans les eaux alcalines, qu'on prépare de la manière suivante:

Dans une fontaine de grès de six voies, qu'on remplit d'eau de Seine, on met 4^l,50 de potasse, on remue bien et on laisse déposer. Semblable vase également plein d'eau est placé à côté: on y ajoute 2^l,50 de cendres gravelées, et on laisse ainsi déposer. Si l'on est pressé de se servir de cette solution, on y verse dessus un peu d'alun, qui la clarifie promptement par la précipitation de l'alumine, et c'est pour ce seul motif que l'alun est ajouté.

On met les boyaux ratissés dans des terrines de grès ou vernissées, de manière que chacun de ces vases en contienne près de la moitié, qu'ils remplissent de suite d'eau de potasse coupée de partie égale d'eau; on change les solutions deux fois par jour, en augmentant leur force avec la solution de cendres gravelées, et en diminuant la dose de l'eau, et cela progressivement, de manière que les dernières eaux soient les plus fortes. Les boyaux blanchissent de plus en plus et se gonflent. Après avoir laissé macérer de 3 à 5 jours, ou davantage, selon la température, on passe aux opérations suivantes.

Chaque fois qu'on change l'eau alcaline, les terrines sont placées sur une caisse de 2 mèt. environ de long, sur 0^m,50 de large, ayant un rebord de 0^m,40 à 0^m,42; cette caisse se nomme *rafraichi*, et est posée sur une table ou sur des appuis, toujours ayant une pente douce pour faciliter l'écoulement des eaux. Elle est de grandeur convenable pour tenir solidement les métiers sur lesquels les cordes sont étendues. On passe les boyaux dans une nouvelle terrine, et on les ratisse avec une espèce d'ongle de cuivre, qu'on met au pouce de la main gauche, il a la forme d'un dé à coudre ouvert; ancien-

nement on se servait d'un pareil outil en fer-blanc, mais on s'est aperçu que le fer déchirait souvent le boyau. On applique l'index contre ce dé, tandis que de la main droite on tire une portion d'intestin qui est pressée entre le bord supérieur du dé et l'index. On continue de passer ainsi chaque boyau, et quand la terrine est épuisée, on verse de la solution plus forte que celle d'où les boyaux sortent, comme nous l'avons déjà dit. Cette opération est essentielle pour que le dégraissage de l'intestin soit parfait, et que les cordes soient de belle qualité.

Pendant cette opération l'on a devant la poitrine une planche nommée *plastron*, *bouctier*, etc., de 0^m,40 à 0^m,50 de hauteur sur 0^m,25 de large; elle est armée d'une coulisse, qui permet de la faire glisser devant chaque terrine, et elle est destinée seulement à empêcher qu'on ne soit mouillé par l'eau alcaline, qui éclabousse quand on passe rapidement au dé les boyaux.

Quand on s'aperçoit que les boyaux gonflent davantage, et qu'il se présente quelques bulles à leur surface (car dans ce cas ils montent sur l'eau), il est urgent de filer la corde; autrement, on verrait tourner le boyau, ce qui arrive quelquefois, surtout en été: dans ce cas, les matières premières et le travail sont perdus. A une haute température, le dégraissage se fait plus facilement; mais il faut que l'ouvrier redouble d'attention, et que les lessives soient augmentées de force plus promptement; en hiver il marche avec plus d'ordre, et la confection de ses produits est meilleure. En général les fabricants de cordes à instruments travaillent dans des locaux frais et un peu humides.

Les boyaux en état d'être filés, on décante toute la lessive dans laquelle ils nagent, on dit alors qu'ils sont au sec. D'autres fabricants les jettent dans l'eau, les lavent bien et décantent ensuite; dans ce cas, les boyaux prennent mieux le soufre, et les cordes sont plus blanches: n'est-ce pas aux dépens de leur force?

Pour filer et terminer la corde, on prend un métier, espèce de châssis de 0^m,65 de large sur 4^m,65 de long; à un des côtés de la longueur, sur la traverse, sont placées à demeure un grand nombre de chevilles. Le côté opposé présente également sur la traverse un nombre double de trous faits avec une grosse vrille, de manière que quand la cheville y est placée, la corde qui la tire ne la fasse pas sortir. Les boyaux sont choisis selon leur grosseur, et les bouts placés par ordre sur le rebord de la terrine de façon à les distinguer, pour les faire servir à telle ou telle grosseur de corde. Alors on prend deux, trois bouts de boyaux, ou plus, qu'on attache à une petite cheville; elle est ensuite placée dans un des trous, et les boyaux sont portés sur la grosse cheville opposée. On fait deux tours pour les empêcher de glisser, et on vient avec les boyaux trouver le côté d'où on est parti: ils sont attachés à une autre cheville, qu'on fiche dans son trou, et l'excédant est coupé; ils sont très peu tendus, parce que la corde diminue en longueur par le tordage, et que pour la ramener au trou pour placer la cheville, on risquerait de la casser; ce qui arrive souvent. S'il y a un ou plusieurs intestins qui ne soient pas assez longs, alors on les remplace par des bouts qui le sont davantage, et on fait la ligature près de la grosse cheville, pour que la corde n'offre pas d'inégalités; car dans ce cas elle serait fautive.

Tout le *métier* étant garni comme nous venons de le dire, une ou deux petites chevilles sont mises aux crochets, si la rouet en porte plusieurs, et on donne quelques tours de roue en promenant les doigts sur la corde à partir du rouet jusqu'à la grosse cheville. On passe successivement toutes les cordes, et une fois ce premier tordage opéré, le métier est mis au souffrir avec plusieurs autres, attendu qu'on fait rarement cette opération pour un seul.

Le souffrir est établi dans un endroit humide où

l'eau ruisselle pour ainsi dire de tous les côtés; une terrine contenant de la fleur de soufre en quantité suffisante y est placée dans l'intérieur, on l'allume et on calfeutre les ouvertures; après deux ou trois heures, on ouvre le souffoir. Les métiers se trouvent dans une espèce de buée aqueuse et acide: les cordes ont conservé leur grosseur et leur humidité; on enlève les métiers les uns après les autres; ils sont placés sur le *rafratchi*: là on entrelace une corde de crin entre chaque corde de boyau. L'ouvrier en prend ordinairement 8 ou 10 de cette manière, les frotte avec force, en promenant la corde de crin. Quand un côté du métier est ainsi frotté, ou *étriché*, on donne un second tors aux cordes et on retourne le métier pour faire subir pareille manœuvre aux cordes qu'il contient: on remet les métiers au souffoir, et, cela opéré, on les tord de nouveau pour les souffrir encore, ensuite on les laisse sécher; ce qui demande plus ou moins longtemps selon la température de l'air.

On connaît que les cordes sont assez sèches lorsqu'après avoir enlevé les petites chevilles, elles ne reviennent pas sur elles-mêmes, et qu'en les tenant droites quelques pouces au-dessous, elles restent ferme sans se pencher. Si elles possèdent ces qualités, on les huile avec de bonne huile d'olives, et enfin on les coupe près des chevilles pour les mettre en rond et en paquets. Dans cet état, elles sont propres à être livrées au commerce. Elles sont meilleures quelque temps après leur fabrication, aussi ne vend-on que les plus anciennement faites.

Pour faire la quatrième de violon, ou toute autre grosseur de corde à boyau entourée de fil métallique, on prend une longueur d'environ 4 mètr., qu'on adapte par un bout au crochet du rouet; l'autre bout est attaché à la boucle d'un émerillon tournant, lequel fait tendre la corde par le moyen d'un poids suspendu à une ficelle, qui passe sur une poulie pour venir se lier à l'émerillon. L'ouvrier prend le bout de son fil et le passe au bout de la corde près de l'émerillon. Un ouvrier tourne le rouet d'une manière égale, la corde fait tourner l'émerillon; l'ouvrier la soutient de la main gauche, et de la main droite dirige le fil métallique sur la corde, de façon à ce qu'il soit légèrement pressé et qu'il s'applique d'une manière égale. Ce travail se fait avec promptitude et avec la plus grande facilité; cependant on pourrait le rendre encore plus simple au moyen d'une mécanique qu'il nous semble facile d'établir. Pour couvrir une corde à boyau de fil métallique, il faut prendre la corde non souffrée et avant d'être huilée.

Le secret des plus habiles ouvriers consiste dans leur habitude du travail, dans l'observation journalière de l'état du boyau pour lui donner la lessive plus ou moins forte, un tordage et retordage plus ou moins considérables, et d'arrêter le soufrage à point; enfin de diriger la corde dans toutes ses préparations d'une manière convenable. Ce sont autant de moyens que l'expérience donne, mais qui ne comportent pas une description.

Si l'on consulte ces ouvriers sur la fabrication des chanterelles, ils répondent: C'est une chose impossible; nous avons essayé souvent et toujours en vain; l'espèce de moutons qui se consomment à Paris ne permettra jamais de faire des chanterelles aussi fines que celles qu'on fabrique à Naples, où les boyaudiers ont les intestins des moutons du pays, qui sont très petits.

Malgré ces assurances désespérantes, nous avons cru devoir entreprendre les expériences suivantes:

Nous avons pris un morceau de véritable chanterelle de Naples, et l'avons mis tremper dans de l'eau de potasse très faible, afin de pouvoir l'analyser, vu que cette corde était très huilée. Au bout de quelques heures, elle avait gonflé, et nous sommes parvenus à séparer les trois intestins dont elle était formée; après plusieurs tentatives nous avons pu, au moyen d'un tuyau de plume, souffler un de ces morceaux de boyau, et nous avons observé qu'en effet la capacité est bien moindre

que celle de l'intestin de nos moutons, et qu'il est extrêmement fin et propre. Au premier aspect, on serait presque porté à croire que c'est l'intestin de tout autre animal que le mouton. Cette sorte d'analyse mécanique a fait naître en nous une foule d'idées pour tenter divers procédés pour la fabrication des cordes à instruments, nous en relaterons la partie que nous croirons devoir intéresser les savants. Nous avons pensé surtout qu'outre la petitesse des boyaux, les Napolitains pouvaient bien aussi avoir des manipulations particulières ou des agents chimiques, au moyen desquels ils font rentrer pour ainsi dire le boyau en lui-même: nous avons cherché à les deviner ou à y suppléer.

Nous avons pris des boyaux de nos moutons et à l'époque de l'année où on tue les plus gros, c'est-à-dire en mars et avril. Après les avoir ratissés au couteau comme il a été dit, nous les avons placés dans trois terrines par égale quantité.

La première terrine a été traitée par des eaux de potasse seule, à force progressive, comme nous l'avons déjà décrit. La seconde avec de l'eau de potasse et des cendres gravelées, selon la méthode usitée. La troisième avec de la potasse unie avec d'autres sels, que nous ne nommons pas.

On a observé que les boyaux des deux premières terrines ont constamment été de plus en plus blancs, qu'ils se sont gonflés, qu'ils étaient de peu de consistance en les touchant, et qu'en passant au dé ils faisaient peu de bruit: tandis que ceux traités par la potasse combinée faisaient un bruit beaucoup plus fort pendant cette opération. Du reste ils présentaient le même aspect que ceux des autres terrines, seulement ils se tenaient plus au fond du liquide et gonflaient moins; ils étaient aussi blancs.

Les boyaux arrivés à point pour filer la corde, le métier a été garni; la corde convenablement tendue et tordue, avec une foule de minutieuses attentions peu intéressantes à décrire, peut-être utiles néanmoins pour la réussite, et que nous devons à notre première idée de souffler le boyau de la corde de Naples.

Dans cet état, le métier a été mis au souffoir, que nous avons fait construire comme suit: quatre montants en bois de chêne de la hauteur 4^m,50, avec des traverses de 4^m,83 de long, et 0^m,65 de large. Le fond en planches bien assemblées, le haut couvert par un châssis tenu par des charnières: le tout a été enveloppé par de la toile, qui a été recouverte par du fort papier y adhérent par de la colle d'amidou. Sur un des côtés a été ménagée une petite porte, pour introduire la terrine contenant le soufre. Quand la terrine est placée, elle se trouve recouverte par une plaque en tôle de 0^m,40 à 0^m,50 en tous sens, et qui est placée de telle manière que la flamme du soufre vient la frapper dans son milieu à environ 0^m,20 d'élevation. Elle est destinée à empêcher que la chaleur ne se porte en majeure partie sur le milieu des cordes du métier, et à faire éparpiller la vapeur de soufre en même temps. Toute la vapeur d'acide sulfureux est concentrée dans cette espèce de caisse et ne peut s'échapper, le couvercle et la porte étant entourés de bandelettes de papier collé.

Au bout de quelque temps, nous avons entendu plusieurs cordes casser: cet accident n'est pas dû à la vapeur du soufre, mais bien à la chaleur trop vive.

Après deux heures d'exposition à la vapeur du soufre, le métier a été retiré; les cordes avaient peu blanchi, elles avaient séché trop vite. Dans les souffoirs ordinaires, comme nous l'avons déjà observé, l'humidité est extrême, et ce non succès pour le soufrage nous prouve que dans les arts ce qui paraît le plus insignifiant, peut quelquefois n'être pas à négliger. Notre souffoir était placé au milieu d'un laboratoire sec et aéré. Dans les opérations suivantes, nous l'avons chargé d'humidité, et nous avons réussi à faire des cordes très blanches

Jusqu'ici nous sommes, à très peu de chose près, arrivés à résoudre le problème que nous nous étions proposé; savoir, de faire avec de gros boyaux de petites cordes. Celles que nous avons obtenues contiennent trois intestins, et sont infiniment moins grosses que par le procédé usité jusqu'à ce jour: elles ne sont pourtant pas aussi fines que celles de Naples; malgré cela, nous trouvons en elles un motif qui nous encourage à tenter de nouvelles expériences. Nous sommes intimement convaincus qu'en choisissant les intestins des petites espèces de moutons qu'on tue à Paris, nous parviendrons à obtenir des chanterelles au moins aussi bonnes que celles de Naples, et qui conserveront mieux la note.

Une des cordes de notre premier essai a été remise à un musicien, il a dit: C'est une petite corde que vous me donnez, elle ne pourra servir de chanterelle; mais lui ayant assuré qu'au violon elle monterait au ton convenable avec facilité, il l'a placée à l'instrument, et il a observé en effet que cette corde, tendue pour la première fois baissait moins vite de ton, une fois arrivée au diapason de l'Opéra. Sur notre prière, et encore après l'avoir maniée entre ses mains humides, il l'a tendue de manière à arriver à quatre tons au-dessus du diapason: alors elle a cassé. La partie restante, remontée sur l'instrument, a été tendue à un ton de moins, c'est-à-dire à trois tons au-dessus du diapason de l'Opéra; arrivée là, elle a cassé: l'humidité ou la sueur des mains influe donc sur la ténacité des cordes. Une corde a été placée sur le violon, et montée rapidement au diapason de l'Opéra; l'artiste a exécuté un assez long morceau, la corde a baissé de deux sixièmes de ton. Il nous a assuré qu'une chanterelle de Naples neuve aurait baissé bien davantage. Le violon étant accordé a été déposé dans un appartement clos, et examiné deux jours après il a trouvé que la corde avait baissé d'un demi-ton. Le temps était sec lorsque le violon a été accordé; le lendemain il a plu assez abondamment; le jour de l'examen, l'air était chargé de plus d'humidité que deux jours avant; vingt-quatre heures après cet examen, l'instrument a été examiné de nouveau et la trop grosse chanterelle s'est trouvée juste.

Les intestins de chien et de chat ne présentent rien de remarquable dans leur préparation particulière, pour en faire des cordes. Celui de chat n'a guère qu'une longueur de 4^m,50 à 2^m, il est d'inégale grosseur. Aussi, en ayant fait une corde avec un seul boyau, un bout se trouve assez mince pour faire chanterelle, et l'autre moitié peut servir de seconde. La corde est très cassante et très sèche. En faisant la corde avec deux boyaux, de façon à mettre un gros bout avec un mince, on l'obtient égale, mais elle est trop grosse.

L'intestin du chien est un peu plus égal; il a une longueur d'environ 5 mètres, du moins ceux que nous nous sommes procurés; nous en avons fait des cordes à deux et trois boyaux, elles paraissent solides et nous croyons qu'elles doivent être justes.

Nous nous sommes procuré aux abattoirs les boyaux de trente moutons, dont nous n'avons pu connaître le poids: environ les deux tiers étaient moyens, les autres assez gros; nous les avons traités de trois manières différentes, avec des modifications de détail que l'étude nous a suggérées, et ces expériences ont été faites avec le soin dont nous pouvons être capables; elles peuvent être exécutées par un ouvrier soigneux; en obtiendra les mêmes résultats, et toujours avec succès. Tous ces boyaux n'ont fourni que des chanterelles, la plus grande partie aussi fines que celles de Naples.

Nous avons aussi traité des intestins de moutons qui nous sont parvenus d'Avranches, département du Calvados, et du département des Ardennes: ils étaient très bien conservés au moyen de la saumure, après les avoir laissés dégorger dans l'eau pendant deux jours, en renouvelant matin et soir ce liquide; nous leur

avons fait subir les autres opérations et nous en avons fait des cordes très fines, mais qui sont ternes, sèches, et qui se cassent très facilement: on ne peut point, d'après cela, espérer de faire des cordes à instruments avec des boyaux qui auront été salés.

Nous croyons superflu de donner plus de détails sur nos expériences. Nous nous bornerons donc à donner le tableau du poids que nos chanterelles peuvent porter sans se casser, en prenant une chanterelle de Naples de même dimension, pour juger comparativement leurs forces; et ce tableau prouvera jusqu'à quel point nous avons réussi.

Force comparative de nos chanterelles avec celles de Naples.

Hauteur du mercure dans le baromètre: 0^m,755.
Hygromètre de Saussure: 77 degrés d'humidité.
Thermomètre de Réaumur: 42 degrés et demi.

DÉTAIL des CORDES.	POIDS qu'ont porté, avant de casser,		OBSERVATIONS.
	nos Cordes.	celles de Naples.	
3 intestins entrant au n° 3 de la filière.	—	43 ^k ,034	Les poids ont été mis sur le plateau sans secousse, et avant de voir casser la corde, il s'est écoulé cinq minutes trente secondes.
3 intestins entrant au n° 3 de la filière.	44 ^k ,844	—	
3 intestins entrant au n° 3 de la filière.	42 ^k ,719	—	Trop souffrée. Elle a supporté les poids cinq minutes.
3 intestins entrant au n° 3 de la filière.	44 ^k ,250	—	Non souffrée.
2 intestins entrant au n° 4 de la filière.	9 ^k ,034	9 ^k ,062	Peu souffrée. Elle est de même grosseur que celle qui, avant de casser, a monté au violon, comme chanterelle, quatre tons au-dessus du diapason de l'Opéra.
3 intestins entrant au n° 4 de la filière.	46 ^k ,375	—	
3 intestins entrant au n° 5 de la filière.	19 ^k ,000	—	Peu souffrée.

Nota. On a pris, dans toutes les expériences, même longueur de corde, c'est-à-dire 0^m,33; les nœuds faits au plateau et à la corde supérieure, il s'est trouvé dans toutes les expériences 0^m,57 à partir des nœuds. Le plateau pesait 4 kil., et fait partie des poids que nous rapportons.

Si l'on veut examiner les cordes à instruments, il faudra, suivant nous, à finesse égale et au même nombre d'intestins, mettre la corde sur l'instrument, savoir combien de tours il faudra donner à la cheville pour arriver au diapason de l'Opéra. On se servira alors de l'instrument, ou on laissera la corde tendue pendant un temps donné; on examinera la qualité du son, et on notera de combien la corde a baissé. On la mettra au ton, et on laissera ensuite l'instrument pour l'examiner de nouveau un ou plusieurs jours après. Pendant cet espace de temps, les variations de l'atmosphère devront être notées.

Ensuite on avant il faut examiner, sur une longueur donnée, quelle est celle des cordes de même dimension qui porte le plus de poids avant de casser: car celle qui porte davantage sera celle qui monte le plus haut; et si elle monte, par exemple, un ou deux tons de plus, nécessairement étant fixée au ton juste, elle résistera plus facilement et plus longtemps sous l'archet.

La corde la meilleure et qui doit faire le plus long usage, est celle qui change le moins d'aspect quand on la monte sur l'instrument: celles qui se ternissent et perdent leur transparence ne doivent pas résister. Les musiciens, s'ils y ont fait attention, doivent avoir observé ce fait.

La corde qui arrivera le plus vite au ton, qui variera moins, et qui aura le son le plus plein, le plus sonore, et qui pour ainsi dire fera la cloche, sera la meilleure. Il faut que le son ne soit ni maigre, ni criard, ni faux.

Peut-être les musiciens ont-ils d'autres moyens pour apprécier la bonté des cordes; mais ceux qui viennent d'être indiqués paraissent essentiels.

III. — BAUDRUCHE. Pour compléter la description de l'art du boyaudier, il ne nous reste qu'à faire connaître la manière de préparer la baudruche dont se servent les batteurs d'or.

Les bouchers, boyaudiers et charcutiers entendent par le mot *baudruche* l'intestin cœcum du bœuf ou du mouton; mais ce mot ne doit être consacré que pour la double membrane que les batteurs d'or emploient de temps immémorial. Elle est retirée du cœcum du bœuf, et les seuls charcutiers font cette opération. On ne peut jamais la retirer entière, le tiers environ de cette pellicule se trouvant faire partie commune avec le suif, dont on ne peut la débarrasser sans qu'elle se déchire.

Une fois que l'ouvrier a décollé la portion de membrane péritonéale qui entoure la partie fermée du cœcum, il la tire, et elle suit de la longueur de 0^m,60 à 0^m,80. Elle revient sur elle-même, on la met à sécher. Étant sèche, elle ressemble à une ficelle. L'ouvrier qui prépare la baudruche prend cette membrane desséchée, la met tremper dans une solution de potasse très faible. Suffisamment humectée, il la place sur une planche pour la rattiser avec le couteau. Quand ces pellicules sont bien propres et suffisamment dégorgees dans l'eau, il les étend sur une espèce de châssis en bois de 4^m à 4^m,20 de long sur 0^m,27 de large; il est formé de deux montants assemblés par deux traverses: ces quatre morceaux de bois offrent dans leur longueur une rainure de 5 à 8 millimètres de large.

Pour étendre cette membrane, l'ouvrier la prend dans ses mains et place sur le haut du châssis un des bouts, ayant soin que la partie de cette membrane qui était extérieure étant sur l'intestin de l'animal, soit la portion qui s'applique sur le châssis; il la tire en tous sens et la fait adhérer sur le bord dudit châssis; une fois cela fait, il prend une autre membrane, qu'il applique sur celle qui est déjà tendue, ayant soin de laisser à l'extérieur ce qu'il nomme la *fleur du boyau*, c'est-à-dire plaçant les deux membranes, de façon que les parties qui adhéraient à la membrane musculieuse se trouvent l'une contre l'autre. De cette manière, elles se collent parfaitement et ne font qu'un seul corps.

Ces deux membranes sèchent promptement, excepté les extrémités, qui sont collées sur les traverses du châssis. Quand le tout est bien sec, l'ouvrier coupe la baudruche avec un bon couteau et en suivant la rainure dont nous avons parlé.

Les bandes de baudruches sont ensuite livrées à un autre ouvrier pour les recouvrir de ce qu'on nomme le *fond*, leur donner le dernier apprêt et les couper de grandeur convenable.

Quand l'ouvrier veut terminer la baudruche, il prend chaque bande, les colle sur un châssis comme celui dont nous avons parlé, mais qui ne porte point de rainures, il enduit de colle les bords de ce châssis et y place la bande de baudruche. Une fois sèche, cette membrane est lavée avec une dissolution contenant, par litre d'eau, 45 à 20 grammes d'alun, et on laisse encore sécher; ensuite on enduit la baudruche, au moyen d'une éponge, d'une solution concentrée de colle de poisson faite avec du vin blanc, dans lequel on a fait macérer des substances acres et aromatiques, telles que girofle, muscade, gingembre, camphre, etc. Ces derniers ingrédients sont ajoutés pour empêcher les insectes d'attaquer la baudruche: suffisamment enduite de ce que les ouvriers nomment le *fond*, on la recouvre d'une couche de blanc d'œufs. La baudruche est ensuite coupée en morceaux carrés de 0^m,43 de côté. On les soumet à la presse pour les aplatir; on les met en tas ou livrets, et on les livre au batteur d'or.

Ce dernier travail se rapproche beaucoup de celui de la préparation du taffetas d'Angleterre.

IV. — CRIN À PÊCHER. Le crin à pêcher n'est pas le produit de l'art du boyaudier. Nous croyons, sans pouvoir l'affirmer, que cette substance provient du ver à soie. Nous pensons qu'elle est retirée des cocons les plus beaux, lesquels sont réservés pour la propagation de l'espèce. Quand le papillon s'est fait jour, ces cocons sont pris et jetés dans une chaudière pleine d'eau bien chaude, on prend une foule de brins avec un balai de bruyère; ils s'agglutinent et ne suivent au rouet que très peu, en raison du trou dont le cocon est percé; on soufre ces brins pour les blanchir, et on les met en paquets. La matière animale résineuse qui entoure ce fil le rend imperméable à l'eau.

Quelques personnes croient que le crin à pêcher se fait en prenant le ver à soie, le brisant en deux, tirant en sens inverse, et tenant chaque moitié d'une main; ce qui lui a mérité le nom que les marchands lui donnent, de boyau de ver à soie.

Selon M. *Regnard*, le fil connu dans le commerce sous les dénominations de fil de Valence, de crin marin, de fil de boyau de ver à soie, etc., se prépare comme il suit: Lorsque le ver à soie est sur le point de filer, on le plonge dans le vinaigre; après une macération de 24 heures, on l'en retire et on lui rompt la tête. Un fil se présente; en tirant sur la tête, ce fil s'allonge et se déploie sous la forme que vous lui connaissez. On expose ce fil à l'air pendant quelques heures, tendu entre deux petits bâtons; il prend alors une grande consistance. Si on rompt la tête au ver à soie avant de le faire macérer dans le vinaigre, le fil suit, mais en offrant l'image d'un mucus qui ne prend pas de consistance.

BRASER (*angl. brazing, all. messing löthung*). C'est souder ensemble les bords des pièces de fer, de cuivre, de laiton, etc., avec un alliage composé de laiton et de zinc, auquel on ajoute quelquefois un peu d'étain ou d'argent. Les surfaces qui doivent être ainsi soudées doivent être limées très proprement, et n'être souillées ni par le contact des doigts, ni de toute autre manière. On humecte ordinairement l'alliage en copeaux et presque pulvérulent, avec une pâte formée de borax en poudre et d'eau; on applique le mélange dans cet état, on le fait sécher, et on chauffe ensuite le tout à la chaleur

BRETELLES.

nécessaire pour fondre l'alliage et opérer la réunion des parties. Quelques ouvriers recouvrent d'un lut d'argile les parties qui doivent être soudées, mais d'autres préfèrent les laisser à découvert, afin de voir quand la soudure coule librement et qu'elle a pénétré dans les joints.

Le borax sert à dissoudre les oxydes formés et à décaper les parties qui doivent être réunies ensemble.

On brase souvent le fer sans métal intermédiaire, en donnant une chaude suante aux parties à réunir, y projetant un peu de sable qui fond et forme un silicate qui dissout l'oxyde formé, et forgeant ensuite les deux pièces réunies; le silicate ferreux est expulsé sous la forme de scories, et les parties bien décapées qu'il recouvrait se soudent ensemble.

BASSERIE (*angl. brew-house, all. brauerei*). Voyez **BIÈRE**.

BRETELLES (*ang. braces, all. hosensträger*). On les fait avec des ressorts élastiques à boudin, en fil de laiton ou de fer, assemblés parallèlement entre deux bandes d'étoffes froncées, pour donner libre jeu à l'élasticité des ressorts; on en attache les bouts à des lanières de peau qui portent les boutonnières. Pour froncer l'étoffe qui recouvre la bretelle, on commence par étendre suffisamment les ressorts; on coud l'étoffe en dessus et en dessous par des points qui les séparent les uns des autres; et quand ensuite on rend aux élastiques leur liberté, l'étoffe suit les réductions des ressorts et se plisse d'elle-même, parce que les bouts en sont arrêtés sur les lanières de peau des boutonnières. On fait de la même manière des jarretières élastiques.

MM. Rattier et Guibal ont imaginé de filer le caoutchouc et d'en composer d'excellents élastiques qui sont d'un beaucoup meilleur service que les ressorts à boudin. (Voyez **CAOUTCHOUC**).

BREVET D'INVENTION. Une loi nouvelle est venue modifier assez sérieusement, dans ces derniers temps, les conditions du privilège que la société accorde aux inventeurs. Cette loi, encore peu connue, intéressant au plus haut point toutes les personnes qui s'occupent d'industrie, nous ne pensons pouvoir mieux faire que d'en rapporter le texte. Nous traiterons, au mot **INVENTION**, la question de savoir jusqu'à quel point la concession du privilège d'un brevet d'invention est suffisante pour récompenser l'inventeur, et féliciter son travail pour le plus grand profit de la société.

LOI SUR LES BREVETS D'INVENTION.

TITRE I^{er}. DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 1^{er}. Toute nouvelle découverte ou invention, dans tous les genres d'industrie, confère à son auteur, sous les conditions et pour le temps ci-après déterminés, le droit exclusif d'exploiter à son profit ladite découverte ou invention.

Ce droit est constaté par des titres délivrés par le gouvernement, sous le nom de brevets d'invention.

Art. 2. Seront considérées comme inventions ou découvertes nouvelles :

L'invention de nouveaux produits industriels.

L'invention de nouveaux moyens ou l'application nouvelle de moyens connus, pour l'obtention d'un résultat ou d'un produit industriel.

Art. 3. Ne sont pas susceptibles d'être brevetés :

1^o Les compositions pharmaceutiques ou remèdes de toute espèce, lesdits objets demeurant soumis aux lois et règlements spéciaux sur la matière, et notamment au décret du 43 août 1840, relatif aux remèdes secrets ;

2^o Les plans et combinaisons de crédit ou de finances.

BREVET D'INVENTION.

Art. 4. La durée des brevets sera de cinq, dix ou quinze années.

Chaque brevet donnera lieu au paiement d'une taxe qui est fixée ainsi qu'il suit, savoir :

Cinq cents francs pour un brevet de cinq ans ;

Mille francs pour un brevet de dix ans ;

Quinze cents francs pour un brevet de quinze ans ;

Cette taxe sera payée par annuités de cent francs, sous peine de déchéance si le breveté laisse écouler un terme sans l'acquitter.

TITRE II. DES FORMALITÉS RELATIVES A LA DÉLIVRANCE DES BREVETS.

Section I. Des demandes de brevets. — Art. 5. Quelconque voudra prendre un brevet d'invention devra déposer, sous cachet, au secrétariat de la préfecture, dans le département où il est domicilié, ou dans tout autre département en y élisant domicile :

1^o Sa demande au ministre de l'agriculture et du commerce ;

2^o Une description de la découverte, invention ou application faisant l'objet du brevet demandé ;

3^o Les dessins ou échantillons qui seraient nécessaires pour l'intelligence de la description ;

Et 4^o un bordereau des pièces déposées.

Art. 6. La demande sera limitée à un seul objet principal, avec les objets de détail qui le constituent, et les applications qui auront été indiquées.

Elle mentionnera la durée que les demandeurs entendent assigner à leur brevet dans les limites fixées par l'art. 4, et ne contiendra ni restrictions, ni conditions, ni réserves.

Elle indiquera un titre renfermant la désignation sommaire et précise de l'objet de l'invention.

La description ne pourra être écrite en langue étrangère. Elle devra être sans altération ni surcharges. Les mots rayés comme nuis seront comptés et constatés, les pages et les renvois paraphés. Elle ne devra contenir aucune dénomination de poids ou de mesures autres que celles qui sont portées au tableau annexé à la loi du 4 juillet 1837.

Les dessins seront tracés à l'encre et d'après une échelle métrique.

Un duplicata de la description et des dessins sera joint à la demande.

Toutes les pièces seront signées par le demandeur ou par un mandataire dont le pouvoir restera annexé à la demande.

Art. 7. Aucun dépôt ne sera reçu que sur la production d'un récépissé constatant le versement d'une somme de cent francs, à valoir sur le montant de la taxe du brevet.

Un procès-verbal, dressé sans frais par le secrétaire général de la préfecture, sur un registre à ce destiné, et signé par le demandeur, constatera chaque dépôt, en énonçant le jour et l'heure de la remise des pièces.

Une expédition dudit procès-verbal sera remise au déposant, moyennant le remboursement des frais de timbre.

Art. 8. La durée du brevet courra du jour du dépôt prescrit par l'art. 5.

Section II. De la délivrance des brevets. — Art. 9. Aussitôt après l'enregistrement des demandes, et dans les cinq jours de la date du dépôt, les préfets transmettront les pièces, sous le cachet de l'inventeur, au ministre de l'agriculture et du commerce, en y joignant une copie certifiée du procès-verbal de dépôt, le récépissé constatant le versement de la taxe, et, s'il y a lieu, le pouvoir mentionné dans l'art. 6.

Art. 10. A l'arrivée des pièces au ministère de l'agriculture et du commerce, il sera procédé à l'ouverture, à l'enregistrement des demandes et à l'expédition des brevets, dans l'ordre de la réception desdites demandes.

Art. 44. Les brevets dont la demande aura été régulièrement formée seront délivrés, sans examen préalable, aux risques et périls des demandeurs, et sans garantie, soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de la fidélité ou de l'exactitude de la description.

Un arrêté du ministre, constatant la régularité de la demande, sera délivré au demandeur, et constituera le brevet d'invention.

A cet arrêté sera joint le duplicata certifié de la description et des dessins, mentionné dans l'art. 6, après que la conformité avec l'expédition originale en aura été reconnue et établie au besoin.

La première expédition des brevets sera délivrée sans frais.

Toute expédition ultérieure, demandée par le breveté ou ses ayants cause, donnera lieu au paiement d'une taxe de vingt-cinq francs.

Les frais de dessin, s'il y a lieu, demeureront à la charge de l'impétrant.

Art. 42. Toute demande dans laquelle n'auraient pas été observées les formalités prescrites par les n. 2 et 3 de l'art. 5, et par l'art. 6, sera rejetée. La moitié de la somme versée restera acquise au trésor, mais il sera tenu compte de la totalité de cette somme au demandeur s'il reproduit sa demande dans un délai de trois mois, à compter de la date de la notification du rejet de sa requête.

Art. 43. Lorsque, par application de l'art. 3, il n'y aura pas lieu à délivrer un brevet, la taxe sera restituée.

Art. 44. Une ordonnance royale, insérée au *Bulletin des Lois*, proclamera, tous les trois mois, les brevets délivrés.

Art. 45. La durée des brevets ne pourra être prolongée que par une loi.

Section III. Des certificats d'addition. — Art. 46. Le breveté ou les ayants droit au brevet auront, pendant toute la durée du brevet, le droit d'apporter à l'invention des changements, perfectionnements ou additions, en remplissant, pour le dépôt de la demande, les formalités déterminées par les art. 5, 6 et 7.

Ces changements, perfectionnements ou additions seront constatés par des certificats délivrés dans la même forme que le brevet principal, et qui produiront, à partir des dates respectives des demandes et de leur expédition, les mêmes effets que ledit brevet principal, avec lequel ils prendront fin.

Chaque demande de certificat d'addition donnera lieu au paiement d'une taxe de vingt francs.

Les certificats d'addition, pris par un des ayants droit, profiteront à tous les autres.

Art. 47. Tout breveté qui, pour un changement, perfectionnement ou addition, voudra prendre un brevet principal de cinq, dix ou quinze années, au lieu d'un certificat d'addition expirant avec le brevet primitif, devra remplir les formalités prescrites par les art. 5, 6 et 7, et acquitter la taxe mentionnée par l'art. 4.

Art. 48. Nul autre que le breveté ou ses ayants droit, agissant comme il est dit ci-dessus, ne pourra, pendant une année, prendre valablement un brevet pour un changement, perfectionnement ou addition à l'invention qui fait l'objet du brevet primitif.

Néanmoins, toute personne qui voudra prendre un brevet pour changement, addition ou perfectionnement à une découverte déjà brevetée, pourra, dans le cours de ladite année, former une demande qui sera transmise, et restera déposée sous cachet, au ministère de l'agriculture et du commerce.

L'année expirée, le cachet sera brisé et le brevet délivré.

Toutefois, le brevet principal aura la préférence pour

les changements, perfectionnements et additions pour lesquels il aurait lui-même, pendant l'année, demandé un certificat d'addition ou un brevet.

Art. 49. Quiconque aura pris un brevet pour une découverte, invention ou application se rattachant à l'objet d'un autre brevet, n'aura aucun droit d'exploiter l'invention déjà brevetée, et réciproquement le titulaire du brevet primitif ne pourra exploiter l'invention objet du nouveau brevet.

Section IV. De la transmission de la cession des brevets. — Art. 20. Tout breveté pourra céder la totalité ou partie de la propriété de son brevet.

La cession totale ou partielle d'un brevet, soit à titre gratuit, soit à titre onéreux, ne pourra être faite que par acte notarié, et après le paiement de la totalité de la taxe déterminée par l'art. 4.

Aucune cession ne sera valable, à l'égard des tiers, qu'après avoir été enregistrée au secrétariat de la préfecture du département dans lequel l'acte aura été passé.

L'enregistrement des cessions et de tous autres actes emportant mutation sera fait sur la production et le dépôt d'un extrait authentique de l'acte de cession ou de mutation.

Une expédition de chaque procès-verbal d'enregistrement, accompagnée de l'extrait de l'acte ci-dessus mentionné, sera transmise, par les préfets, au ministre de l'agriculture et du commerce, dans les cinq jours de la date du procès-verbal.

Art. 21. Il sera tenu, au ministère de l'agriculture et du commerce, un registre sur lequel seront inscrites les mutations intervenues sur chaque brevet, et, tous les trois mois, une ordonnance royale proclamera, dans la forme déterminée par l'art. 44, les mutations enregistrées pendant le trimestre expiré.

Art. 22. Les cessionnaires d'un brevet, et ceux qui auront acquis d'un breveté ou de ses ayants droit la faculté d'exploiter la découverte ou l'invention, profiteront de plein droit des certificats d'addition qui seront ultérieurement délivrés au breveté ou à ses ayants droit. Réciproquement, le breveté ou ses ayants droit profiteront des certificats d'addition qui seront ultérieurement délivrés aux cessionnaires.

Tous ceux qui auront droit de profiter des certificats d'addition pourront en lever une expédition au ministère de l'agriculture et du commerce, moyennant un droit de vingt francs.

Section V. De la communication et de la publication des descriptions et dessins de brevets. — Art. 23. Les descriptions, dessins, échantillons et modèles des brevets délivrés, resteront, jusqu'à l'expiration des brevets, déposés au ministère de l'agriculture et du commerce, où ils seront communiqués, sans frais, à toute réquisition.

Toute personne pourra obtenir, à ses frais, copie des dites descriptions et dessins, suivant les formes qui seront déterminées dans le règlement rendu en exécution de l'art. 50.

Art. 24. Après le paiement de la deuxième annuité, les descriptions et dessins seront publiés, soit textuellement, soit par extrait.

Il sera en outre publié, au commencement de chaque année, un catalogue contenant les titres des brevets délivrés dans le courant de l'année précédente.

Art. 25. Le recueil des descriptions et dessins et le catalogue publiés en exécution de l'article précédent seront déposés au ministère de l'agriculture et du commerce, et au secrétariat de la préfecture de chaque département, où ils pourront être consultés sans frais.

Art. 26. A l'expiration des brevets, les originaux des descriptions et dessins seront déposés au Conservatoire royal des arts et métiers.

BREVET D'INVENTION.

TITRE III. DES DROITS DES ÉTRANGERS.

Art. 27. Les étrangers pourront obtenir en France des brevets d'invention.

Art. 28. Les formalités et conditions déterminées par la présente loi seront applicables aux brevets demandés ou délivrés en exécution de l'article précédent.

Art. 29. L'auteur d'une invention ou découverte déjà brevetée à l'étranger pourra obtenir un brevet en France; mais la durée de ce brevet ne pourra excéder celle des brevets antérieurement pris à l'étranger.

TITRE IV. DES NULLITÉS ET DÉCHÉANCES, ET DES ACTIONS Y RELATIVES.

Section I. Des nullités et déchéances. — Art. 30. Seront nuls, et de nul effet, les brevets délivrés dans les cas suivants, savoir :

1° Si la découverte, invention ou application n'est pas nouvelle;

2° Si la découverte, invention ou application n'est pas, aux termes de l'art. 3, susceptible d'être brevetée;

3° Si les brevets portent sur des principes, méthodes, systèmes, découvertes et conceptions théoriques ou purement scientifiques, dont on n'a pas indiqué les applications industrielles;

4° Si la découverte, invention ou application est reconnue contraire à l'ordre ou à la sûreté publique, aux bonnes mœurs ou aux lois du royaume, sans préjudice, dans ce cas et dans celui du paragraphe précédent, des peines qui pourraient être encourues pour la fabrication ou le débit d'objets prohibés;

5° Si le titre sous lequel le brevet a été demandé indique frauduleusement un objet autre que le véritable objet de l'invention;

6° Si la description jointe au brevet n'est pas suffisante pour l'exécution de l'invention, ou si elle n'indique pas, d'une manière complète et loyale, les véritables moyens de l'inventeur;

7° Si le brevet a été obtenu contrairement aux dispositions de l'art. 48.

Seront également nuls, et de nul effet, les certificats comprenant des changements, perfectionnements ou additions qui ne se rattacheraient pas au brevet principal.

Art. 34. Ne sera pas réputée nouvelle toute découverte, invention ou application qui, en France ou à l'étranger, et antérieurement à la date du dépôt de la demande, aura reçu une publicité suffisante pour pouvoir être exécutée.

Art. 32. Sera déchu de tous ses droits :

1° Le breveté qui n'aura pas acquitté son annuité avant le commencement de chacune des années de la durée de son brevet;

2° Le breveté qui n'aura pas mis en exploitation sa découverte ou invention en France, dans le délai de deux ans, à dater du jour de la signature du brevet, ou qui aura cessé de l'exploiter pendant deux années consécutives, à moins que, dans l'un ou dans l'autre cas, il ne justifie des causes de son inaction;

3° Le breveté qui aura introduit en France des objets fabriqués en pays étranger et semblables à ceux qui sont garantis par son brevet.

Sont exceptés des dispositions du présent paragraphe, les modèles de machines dont le ministre de l'agriculture et du commerce pourra autoriser l'introduction dans le cas prévu par l'art. 29.

Art. 33. Quiconque, dans des enseignes, annonces, prospectus, affiches, marques ou estampilles, prendra la qualité de breveté sans posséder un brevet délivré conformément aux lois, ou après l'expiration d'un brevet antérieur; ou qui, étant breveté, mentionnera sa qualité de breveté ou son brevet sans y ajouter ces mots, *sans garantie du gouvernement*, sera puni d'une amende de cinquante francs à mille francs.

BREVET D'INVENTION.

En cas de récidive, l'amende pourra être portée au double.

Section II. Des actions en nullité et en déchéance. — Art. 34. L'action en nullité et l'action en déchéance pourront être exercées par toute personne y ayant intérêt.

Ces actions, ainsi que toutes contestations relatives à la propriété des brevets, seront portées devant les tribunaux civils de première instance.

Art. 35. Si la demande est dirigée en même temps contre le titulaire du brevet et contre un ou plusieurs cessionnaires partiels, elle sera portée devant le tribunal du domicile du titulaire du brevet.

Art. 36. L'affaire sera instruite et jugée dans la forme prescrite pour les matières sommaires, par les art. 405 et suiv. du Code de procédure civile. Elle sera communiquée au procureur du roi.

Art. 37. Dans toute instance tendant à faire prononcer la nullité ou la déchéance d'un brevet, le ministère public pourra se rendre partie intervenante et prendre des réquisitions pour faire prononcer la nullité ou la déchéance absolue du brevet.

Il pourra même se pourvoir directement par action principale pour faire prononcer la nullité, dans les cas prévus aux n°s 2°, 4° et 5° de l'art. 30.

Art. 38. Dans les cas prévus par l'art. 37, tous les ayants droit au brevet dont les titres ont été enregistrés au ministère de l'agriculture et du commerce, conformément de l'article 24, devront être mis en cause.

Art. 39. Lorsque la nullité ou la déchéance absolue d'un brevet aura été prononcée par jugement ou arrêt ayant acquis force de chose jugée, il en sera donné avis au ministre de l'agriculture et du commerce, et la nullité ou la déchéance sera publiée dans la forme déterminée par l'art. 44 pour la proclamation des brevets.

TITRE V. DE LA CONTREFAÇON, DES POUR-SUITES DES PEINES.

Art. 40. Toute atteinte portée aux droits du breveté, soit par la fabrication de produits, soit par l'emploi de moyens faisant l'objet de son brevet, constitue le délit de contrefaçon.

Ce délit sera puni d'une amende de cent à deux mille francs.

Art. 44. Ceux qui auront sciemment recélé, vendu ou exposé en vente, ou introduit sur le territoire français, un ou plusieurs objets contrefaits, seront punis des mêmes peines que les contrefauteurs.

Art. 42. Les peines établies par la présente loi ne pourront être cumulées.

La peine la plus forte sera seule prononcée pour tous les faits antérieurs au premier acte de poursuite.

Art. 43. Dans le cas de récidive, il sera prononcé, outre l'amende portée aux art. 40 et 44, un emprisonnement d'un mois à six mois.

Il y a récidive, lorsqu'il a été rendu contre le prévenu, dans les cinq années antérieures, une première condamnation pour un des délits prévus par la présente loi.

Un emprisonnement d'un mois à six mois pourra aussi être prononcé, si le contrefacteur est un ouvrier ou un employé ayant travaillé dans les ateliers ou dans l'établissement du breveté, ou si le contrefacteur, s'étant associé avec un ouvrier ou un employé du breveté, a eu connaissance, par ce dernier, des procédés décrits au brevet.

Dans ce dernier cas, l'ouvrier ou l'employé pourra être poursuivi comme complice.

Art. 44. L'art. 463 du Code pénal pourra être appliqué aux délits prévus par les dispositions qui précèdent.

Art. 45. L'action correctionnelle pour l'application

des peines ci-dessus, ne pourra être exercée par le ministère que sur la plainte de la partie lésée.

Art. 46. Le tribunal correctionnel, saisi d'une action pour délit de contrefaçon, statuera sur les exceptions qui seraient tirées par le prévenu, soit de la nullité ou de la déchéance du brevet, soit des questions relatives à la propriété dudit brevet.

Art. 47. Les propriétaires de brevets pourront, en vertu d'une ordonnance du président du tribunal de première instance, faire procéder, par tous huissiers, à la désignation et description détaillées, avec ou sans saisie, des objets prétendus contrefaits.

L'ordonnance sera rendue sur simple requête, et sur la représentation du brevet; elle contiendra, s'il y a lieu, la nomination d'un expert pour aider l'huissier dans sa description.

Lorsqu'il y aura lieu à la saisie, ladite ordonnance pourra imposer au requérant un cautionnement qu'il sera tenu de consigner avant d'y faire procéder.

Le cautionnement sera toujours imposé à l'étranger breveté qui requerra la saisie.

Il sera laissé copie au détenteur des objets décrits ou saisis, tant de l'ordonnance que de l'acte constatant le dépôt du cautionnement, le cas échéant; le tout, à peine de nullité et de dommages-intérêts contre l'huissier.

Art. 48. À défaut par le requérant de s'être pourvu, soit par la voie civile, soit par la voie correctionnelle, dans le délai de huitaine, outre un jour par trois myriamètres de distance, entre le lieu où se trouvent les objets saisis et décrits, et le domicile du contrefacteur, recéleur, introducteur ou débitant, la saisie ou description sera nulle de plein droit, sans préjudice des dommages-intérêts qui pourront être réclamés, s'il y a lieu, dans la forme prescrite par l'art. 36.

Art. 49. La confiscation des objets reconnus contrefaits, et, le cas échéant, celle des instruments ou ustensiles destinés spécialement à leur fabrication, seront, même en cas d'acquiescement, prononcées contre le contrefacteur, le recéleur, l'introducteur ou le débitant.

Les objets confisqués seront remis au propriétaire du brevet, sans préjudice de plus amples dommages-intérêts et de l'affiche du jugement, s'il y a lieu.

TITRE VI. DISPOSITIONS PARTICULIÈRES ET TRANSITOIRES.

Art. 50. Des ordonnances royales, portant règlement d'administration publique, arrêteront les dispositions nécessaires pour l'exécution de la présente loi, qui n'aura effet que trois mois après sa promulgation.

Art. 51. Des ordonnances rendues dans la même forme pourront régler l'application de la présente loi dans les colonies, avec les modifications qui seront jugées nécessaires.

Art. 52. Seront abrogées, à compter du jour où la présente loi sera devenue exécutoire, les lois des 7 janvier et 25 mai 1791, celle du 20 septembre 1792, l'arrêté du 17 vendémiaire an VII, l'arrêté du 5 vendémiaire an X, les décrets des 25 novembre 1802 et 25 janvier 1807, et toutes dispositions antérieures à la présente loi, relatives aux brevets d'invention, d'importation et de perfectionnement.

Art. 53. Les brevets d'invention, d'importation et de perfectionnement actuellement en exercice, délivrés conformément aux lois antérieures à la présente, ou prorogés par ordonnance royale, conserveront leur effet pendant tout le temps qui aura été assigné à leur durée.

Art. 54. Les procédures commencées avant la promulgation de la présente loi seront mises à fin, conformément aux lois antérieures.

Toute action, soit en contrefaçon, soit en nullité ou

déchéance de brevet, non encore intentée, sera suivie conformément aux dispositions de la présente loi, alors même qu'il s'agirait de brevets délivrés antérieurement.

La présente loi discutée, délibérée et adoptée par la Chambre des pairs et par celle des députés, et sanctionnée par nous ce jourd'hui, sera exécutée comme loi de l'Etat. 5 juillet 1844.

BRIQUE (angl., *brick*; all., *ziegel*). Les briques sont des matériaux de construction en terre cuite, ayant en général la forme de parallélépipèdes. Les unes, destinées aux constructions ordinaires, et qui se fabriquent en quantités énormes dans certains pays, sont faites avec des argiles plus ou moins sableuses et des marnes argileuses, calcaires ou limoneuses; les autres sont plus ou moins réfractaires et destinées à la construction des fours. Les briques réfractaires de premier choix sont faites avec des argiles réfractaires lavées et dégraissées par une addition de un ou deux volumes de *ciment* de la même argile, c'est-à-dire d'argile cuite, puis pulvérisée plus ou moins finement. Pour les briques demi-réfractaires, on dégraisse l'argile réfractaire ou demi-réfractaire avec des sables siliceux beaucoup moins chers que le ciment réfractaire.

Les terres à briques communes varient dans chaque localité. Lorsqu'elles sont trop argileuses, elles sont sujettes à se déformer et à se fendiller par la dessiccation et la cuisson. On y remédie en les *dégraissant* par des matières sableuses ou calcaires. Lorsque, au contraire, elles n'ont pas assez de liant, on leur donne cette qualité par un mélange de marne ou de chaux, et rarement d'argile plastique. Les mélanges ainsi formés sont assez facilement fusibles, et, par contre, les briques qu'ils servent à fabriquer ne peuvent être que peu cuites, et sont par suite poreuses et friables. Dans quelques fabriques, et surtout en Angleterre, on ajoute assez de chaux dans les pâtes, soit à l'état de marne calcaire, soit à tout autre état, pour augmenter leur fusibilité, à tel point que les briques subissent par la cuisson un commencement de vitrification; en outre, lorsqu'on le peut, on incorpore dans la pâte une certaine proportion d'escarbilles ou cendres de houille qui agissent non-seulement comme matière dégraissante pour empêcher la déformation et le retrait pendant la cuisson, mais surtout facilitent considérablement la régularité de la cuisson en augmentant la conductibilité pour la chaleur de la pâte. On remarque, en effet, que les briques ainsi fabriquées sont plus compactes, plus sonores, et résistent beaucoup mieux que les autres à l'action des agents atmosphériques.

Lorsqu'il est possible de faire autrement, on n'emploie jamais la terre à briques aussitôt après son extraction. On la tire en général à l'automne, et on la laisse jusqu'au mois d'avril exposée à l'influence de la gelée, du soleil et des agents atmosphériques, qui la divisent et en améliorent beaucoup la qualité. Quand on juge la terre bonne à être employée, on la détrempe peu à peu, et avec peu d'eau, puis on la place sur un sol uni où un ouvrier la pétrit en marchant dessus pieds nus; cette opération s'appelle *marcher* la terre. On remplace souvent ce pétrissage avec les pieds, soit en faisant passer la terre entre une ou plusieurs paires de cylindres unis ou cannelés, soit dans des *tinnes* ou tonneaux-corroyeurs (voyez les figures à l'article **MORTIER**), ayant un axe de rotation vertical armé de couteaux obliques et disposés en plans inclinés, qui divisent la terre, la coupent et la recourent un grand nombre de fois, et l'obligent en même temps de descendre, parce qu'ils agissent à peu près comme une vis pour la pousser de haut en bas et la faire sortir par une ou plusieurs ouvertures pratiquées à la partie inférieure de la tinne.

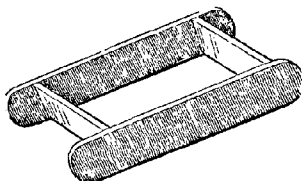
Il est indispensable, pendant la préparation de la

terre, d'en extraire les fragments de craie qui pourraient s'y trouver, et surtout les morceaux de pyrite, qui se rencontrent fréquemment dans les argiles plastiques et dans les marnes inférieures à la craie. On y réussit très bien par le lavage; mais ce procédé est trop coûteux pour être employé lorsqu'il s'agit de briques communes; il consiste à délayer la terre dans de l'eau et à faire écouler la boue à travers des grilles ou en déversoir, dans des bassins où elle se dépose et où on la laisse jusqu'à ce qu'elle ait acquis par la dessiccation une circonstance suffisante pour être travaillée. Quant aux fragments de craie et autres matières peu dures, ils sont aisément broyés par le passage entre des cylindres broyeur; aussi ce procédé de corroyage de la terre est-il avec raison employé dans beaucoup de localités.

Lorsqu'il s'agit de mélanger la terre à briques avec du ciment, du sable, des escarbilles, etc., on superpose, en couches horizontales, les diverses matières à mélanger, puis on effectue le mélange par le marchage ou dans les tinnes dont nous avons parlé.

A de rares exceptions près, toutes les briques se façonnent à la main.

Les moules (figure 293) dont on se sert pour façonner les briques sont ordinairement en bois, quelquefois doublés en métal; leurs dimensions déterminent celles de la



293.

brique, et sont toujours un peu supérieures, eu égard au retrait qu'éprouve la terre par la dessiccation et la cuisson ultérieures. Suivant la forme du moule, on obtient des briques ordinaires, à coin, à couteau, etc. Quelquefois on donne aux moules assez de longueur pour qu'on puisse y mouler deux briques à la fois, qui se trouvent alors séparées par une traverse en bois.

L'ouvrier mouleur sable les moules et les place sur une table dont la surface est également recouverte de sable, afin que l'argile ne s'y attache pas; il remplit chaque moule d'une masse de terre à brique, l'y comprime, enlève l'excédant à la main, et unit la surface supérieure avec un couteau en bois qui porte le nom de *plane*.

Quand la brique ou les deux briques sont faites, un apprenti les transporte avec le moule sur l'*aire de la briqueterie*, dont le sol est bien uni par le battage et sablé; il tient le moule de champ, afin que les briques ne glissent pas; il les fait sortir du moule en le retournant, et les pose à plat, et en rangs bien alignés, pour ne pas perdre de place. D'autres fois, c'est l'ouvrier mouleur qui démoule lui-même la brique sur une planche sablée qui sert à la porter sur l'aire.

Aux environs de Paris, une compagnie de briquetiers se compose de quatre ouvriers: un qui mêle, marche et prépare la terre; deux mouleurs, dont l'un se détache de temps en temps pour aller chercher la terre préparée, et un garçon pour démouler les briques et les placer sur l'aire: cette compagnie fait, en moyenne, 7,000 briques ordinaires par douze heures de travail effectif.

Quand les briques commencent à se raffermir, on les relève *sur champ* dans la même place où elles étaient à plat; puis, quand elles ont pris assez de consistance pour se laisser transporter sans être déformées, on les *pare*, c'est-à-dire qu'on enlève avec un couteau toutes les bavures du moule; on les met ensuite sur un banc, et on les rebat sur toutes les faces avec une batte; enfin, on les met *en suite*, c'est-à-dire qu'on les place les

unes sur les autres, de manière à en former une espèce de muraille à claire-voie pour qu'elles finissent de se sécher entièrement.

Lorsqu'on le peut, on fait raffermir les briques à l'abri sous de grands hangars couverts; dans le cas contraire, on les garantit de la pluie ou d'une dessiccation trop prompte avec des abris mobiles formés de claies et de paillassons.

On a inventé et préconisé bien des machines pour mouler les briques; mais bien peu d'entre elles offrent avantage et économie sur le travail à la main, tant par suite de leur prix élevé que de leurs dérangements fréquents. Parmi ces machines, nous n'en décrivons que deux qui fonctionnent depuis longues années en France, celle de M. Carville et celle de M. Terrasson.

Disons, avant de décrire ces machines, qu'actuellement on fabrique en Angleterre, avec de la terre assez sèche pour pouvoir être réduite en poudre à la batte, et que l'on soumet à une très forte pression, dans des moules métalliques, pour lui donner une cohérence suffisante, des briques qui n'ont pas besoin d'être séchées, et qui peuvent être immédiatement portées au feu. Ce procédé a d'abord été appliqué en France, et M. Mollerat avait exposé, en 1819, des briques ainsi fabriquées; ces briques sont plus légères, et en général plus saines après la cuisson que les autres briques.

La machine établie par M. Carville, à Moulineau, près Paris, consiste en une chaîne sans fin traînant les moules en fonte, joints à charnière les uns aux autres, sous la base d'un tonneau corroyeur qui y décharge, par une ouverture latérale, une partie de la terre qu'il renferme. A la suite de la tinne se trouve un rouleau qui comprime la terre dans les moules, et, plus loin, un refouloir qui opère le démoulage de haut en bas, et dépose les briques sur des planchettes conduites par une chaîne sans fin placée dans une direction rectangulaire à celle qui porte les moules, et qui les amène jusque sur la bronette qui sert à les transporter au séchoir. Des trémies convenablement placées servent à sabler les moules; un filet d'eau tombe continuellement sur le rouleau compresseur, et empêche la terre de s'y attacher; enfin, les moules se lavent dans un bac rempli d'eau, placé à la partie inférieure de la chaîne sans fin, avant de repasser sous la tinne.

Les fig. 298, 299 et 300 représentent une machine Terrasson. Elle se compose d'un grand châssis rectangulaire en bois, fortement relié par des traverses également en bois, et maintenu dans le sens de sa largeur par trois longs boulons en fer. Ce bâti est assemblé sur six montants M, réunis deux à deux par des traverses, et armés à leur partie inférieure de sabots à roulettes, pour rendre tout l'appareil facilement transportable d'un point à l'autre de la briqueterie.

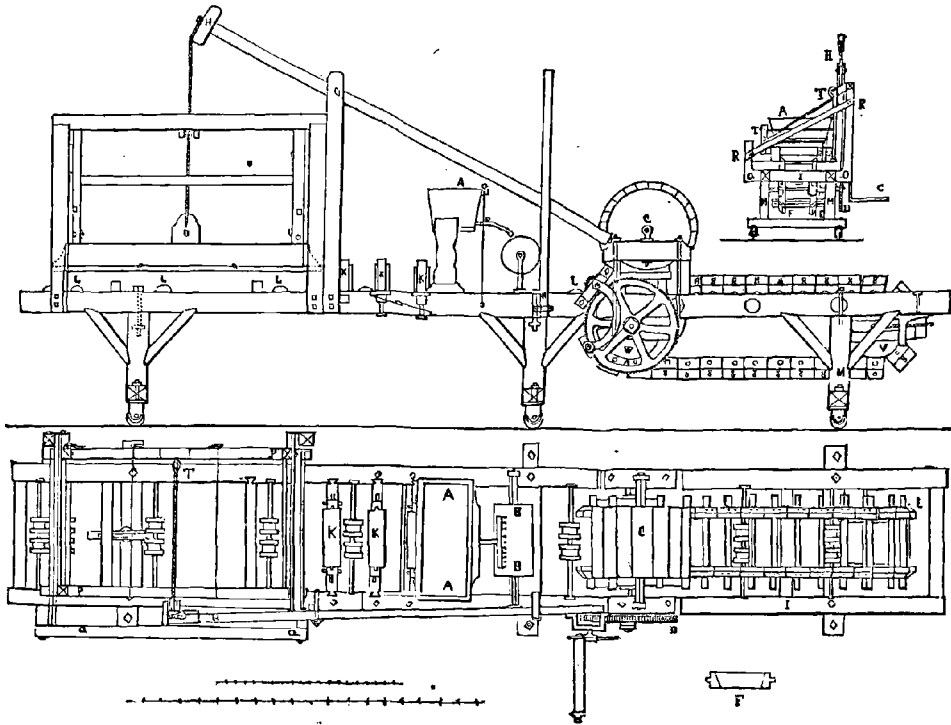
A la partie postérieure de la machine il y a deux tambours creux, V, W, qui supportent deux courroies sans fin, sur lesquelles sont fixées les pièces en bois dur, E, E, ..., formant une espèce de chapelet, et dont l'écartement est régularisé par des baguettes transversales qui les relient deux à deux; ces baguettes sont destinées à supporter les planches de moulage, et les pièces de bois latérales E, E, .., à déterminer le niveau de l'argile. Le tambour postérieur V peut être rappelé au moyen de vis placées sur chaque face du bâti, afin de maintenir le chapelet sans fin dans un état de roideur suffisant. Le tambour W porte, sur le prolongement de son arbre, une roue dentée DD, qui communique avec la manivelle G, de sorte que, dès que l'on agit sur celle-ci, le tambour antérieur entraîne la chaîne sans fin. Or, comme le grand cylindre C, nommé *compresseur*, peut être fixé à une hauteur convenable, le chapelet le force à marcher dès qu'il s'avance rempli de terre. Pour éviter

néanmoins une trop grande adhérence du compresseur avec la pâte, un fil métallique est placé dans le sens de la largeur de la machine, un peu en avant du compresseur et au niveau de la face supérieure du chapelet, dans le but d'abattre l'argile excédante.

en F. La forme de ces moules est telle, que l'on imite dans le passage de la terre une sortie en mince paroi on complète cette idée en tenant chaque face des moule parfaitement nette et un peu humide; et on se procure ainsi un lissage très exact des petits côtés du prisme

298

299.



échelle de deux mètres.

300.

Les planches de bois qu'on pousse à la suite les unes des autres, sur les baguettes transversales du chapelet, et dont la longueur ne dépasse pas les limites extrêmes du châssis PP, avancent peu à peu, sans qu'on ait discontinué d'emplir le couloir rectangulaire ainsi formé de pâte argileuse qu'on y projette à bras d'hommes, ou qui y tombe naturellement d'un tonneau à mélanger placé directement au-dessus.

La terre et les planches, après avoir passé sous le compresseur, s'allongent en glissant sur les rouleaux L, .., sous un autre cylindre B, dont la surface est garnie d'un drap sans cesse mouillé par un petit courant d'eau qui vient du réservoir A et s'écoule, sous la forme de pluie, le long d'un grand nombre de fils métalliques. On a soin, à l'aide de vis qui règlent l'écartement du rouleau B, de l'abaisser de telle façon qu'il comprime encore un peu le prisme d'argile. Cette compression s'effectuant sous l'influence d'un corps mouillé, la surface supérieure du prisme d'argile se lisse, et les parties latérales de terre excédantes sont enlevées par des fils métalliques verticaux fixés, d'une part au bâti de la machine, de l'autre à l'un des rebords de la cuve A, et auxquels on peut toujours donner un écartement et une roideur convenable au moyen d'écrous à ailettes.

Le prisme d'argile continuant à glisser sur les rouleaux L, .., achève de se perfectionner en traversant trois moules de grandeurs décroissantes, K, K, K, à parois en tôle et dont la coupe transversale est représentée

Les planches qui se succèdent à l'arrière de la machine poussent sans cesse celles du devant, et il arrive un moment où l'une d'elles se trouve précisément à l'aplomb du grand châssis PP, qui peut facilement, à l'aide de petites roulettes, glisser sur le plan incliné RR (fig. 299), solidement relié au bâti rectangulaire de la machine par un système d'assemblage QQ.

Une coche, pratiquée sous chaque planche, et faisant fonction de came, met en mouvement le marteau d'un petit timbre dès que le prisme d'argile est arrivé dans une position convenable, et avertit ainsi qu'il est temps de le découper. L'ouvrier employé à la manivelle s'arrête aussitôt, et soulevant l'extrémité du levier H, susceptible de se mouvoir dans la coulisse N, lâche la corde TT qui soutenait le chariot PP. Ce dernier descend alors le long du plan incliné RR, par l'effet de son propre poids et de celui d'un plomb O fixé à sa partie inférieure. Dans ce mouvement il découpe le prisme d'argile à la dimension voulue à l'aide de fils transversaux (fig. 299 et 300) disposés horizontalement à sa partie inférieure, et qui arrivant obliquement à la surface dudit prisme, entament nettement l'argile sans la déprimer d'aucune sorte. Cette opération faite, on relève le chariot découpeur et on continue le travail de la machine. Les planches qui supportent les briques terminées se rendent alors à l'aire de dessiccation, en roulant sur de longues échelles peu inclinées, dont les barreaux sont des cylindres à axes extrêmement mobiles. Il est cepen-

dant préférable, lorsque la machine travaille en grosses briques, de porter à bras les planches garnies dans l'endroit où elles doivent sécher. Il est à remarquer ici qu'il faut avoir bien soin de sabler les planches avant de les placer dans le chapelet. Le mieux pour y réussir, est de les mouiller d'abord avec un arrosoir à pompe, et de les sabler ensuite au tamis.

Dans le midi de la France, une demi-journée de chaleur donne assez de consistance aux briques pour pouvoir les placer sur champ; à cet effet on sable une planche vide qu'on applique sur une planche garnie de briques, puis deux hommes prenant le tout, le relèvent dans un plan vertical, de telle sorte qu'après l'enlèvement des planches, chaque brique se trouve en contact avec le sol suivant sa plus petite face, et offre ainsi par conséquent la plus grande surface possible à l'action de l'air. Après vingt-quatre heures de séchage par un beau temps, tel que celui qu'il fait ordinairement dans le Roussillon du mois de juin au mois de septembre, les briques les plus fortes dites *grand cayrou*, et ayant 16 pouces (0^m,44) de long sur 8 (0^m,22) de large et 2 (0^m,055) d'épaisseur peuvent être mises en haie.

Le dessin représente la machine travaillant en *grand cayrou*, brique la plus usitée dans les constructions du midi de la France. Si l'on voulait fabriquer de la brique flamande de 8 pouces de long sur 4 de large et 2 d'épaisseur, il suffirait de diviser en quatre, au moyen de nouveaux fils, l'espace compris entre les fils du chariot découpeur P P.

Connaissant le retrait à la cuisson de la terre que l'on emploie, il sera toujours facile de fabriquer telle espèce de brique que l'on voudra, en faisant varier les dimensions des moules K, K, K, ainsi que le nombre et l'écartement des fils du chariot découpeur. On peut fabriquer de cette manière des prismes de 4 mètres de longueur, qui sont très utiles comme appuis ou comme bases de fenêtres, mais leur cuisson est aussi difficile que coûteuse.

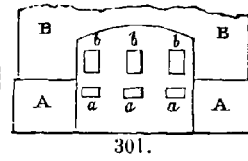
La machine Terrasson, dont l'emploi est surtout répandu dans le midi de la France, fait par jour, dans quelques fabriques (à Eybens, près Grenoble), 25,000 briques environ du modèle flamand; dans beaucoup d'autres on atteint le nombre de 15 à 20,000. Pour obtenir ce résultat, il faut que le tonneau à préparer la terre soit desservi par deux chevaux; huit hommes suffisent ensuite pour tout le service. Les briques fabriquées par ce procédé ont des dimensions rigoureuses et une homogénéité parfaite, ce qui facilite leur enfournement et leur cuisson.

Une machine Terrasson, bien faite, coûte de 7 à 900 francs, et sa construction est tellement simple qu'elle peut aisément être réparée par les ouvriers les plus médiocres.

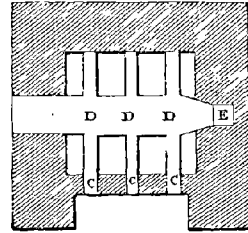
La cuisson des briques se fait tantôt dans des fours, tantôt en plein air. Les fours à briques sont à section ordinairement carrée ou rectangulaire, et formés de murs assez épais afin de concentrer autant que possible la chaleur. Tantôt ils sont entièrement découverts, d'autres fois on les recouvre d'une voûte cylindrique, qui est alors percée d'un grand nombre d'ouvertures servant au tirage et à donner issue à la fumée. Tantôt les voûtes qui recouvrent les grilles, et qui supportent les briques à cuire, forment une partie constituante du four; tantôt elles se reconstruisent en tout ou en partie, à chaque opération, avec des briques séchées simplement à l'air. Ces derniers procédés sont surtout employés dans la cuisson des briques à la houille.

Les fig. 301 à 305 représentent un fourneau à cuire les briques employé dans beaucoup de localités en Angleterre. La fig. 301 est une élévation extérieure du fourneau; la fig. 302, un plan au-dessous du niveau des grilles; la fig. 303, un plan au-dessus de ce même niveau; les fig. 304 et 305, un plan et une coupe de l'une

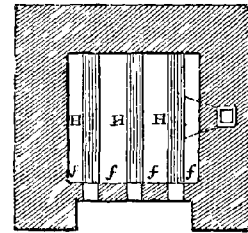
des grilles à une plus grande échelle. A A, BB, murs du fourneau; a, a, a, portes des cendriers latéraux c, c, c;



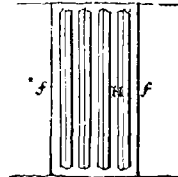
301.



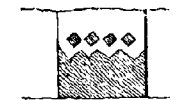
302,



303.



304.



305.

b, b, b, portes par lesquelles on charge le combustible sur les grilles H, H, H; D, cendrier principal qui sert aussi à retirer les briques après le refroidissement du fourneau et l'enlèvement des grilles; E, cheminée donnant issue à la fumée; f, f, f, espace sur lequel on dispose les briques à cuire.

Dès que le four est rempli de briques, on mure la porte qui a servi au chargement, et on commence par un feu très doux afin de sécher complètement les briques; on active ensuite peu à peu le feu, jusqu'à ce que la cuisson soit complète; si l'on poussait trop vivement le feu, les briques placées dans les assises inférieures se vitrifieraient, et même pourraient se fondre s'il s'agissait de briques communes.

La tourbe convient très bien pour alimenter les fourneaux à briques.

L'espacement que l'on laisse entre les briques en les plaçant dans le fourneau, contribue puissamment à la régularité de la cuisson, et plus il est considérable, plus l'opération marche vite et régulièrement. Cependant il y a à cet égard des limites qu'il ne convient pas de dépasser, parce qu'à mesure que cet écartement augmente le nombre des briques que l'on peut placer dans le fourneau diminue.

Dans un fourneau de 4 mètres de long sur 3^m,50 de large et 4 mètres de hauteur, et dont les murs ont 0^m,35 à 0^m,40 d'épaisseur, on cuit en 48 heures environ 20,000 briques.

La cuisson des briques en plein air ou en maïles occasionne une dépense en combustible plus considérable que la cuisson dans des fours, et donne des produits moins uniformes; cependant par sa nature même, qui n'exige aucun appareil particulier, ce procédé doit être employé toutes les fois qu'on se trouve obligé de faire des briques dans un endroit où les matériaux de construction soient très chers, et où il n'y ait pas de brique-terre en permanence.

Ce procédé présente des variations essentielles dans son application, suivant que l'on emploie comme combustible, soit de la tourbe ou du bois, soit de la houille.

Lorsqu'on emploie du bois ou de la tourbe, on forme avec les briques un tas rectangulaire, tout à fait comme si on les chargeait dans un fourneau, en y ménageant à la base un certain nombre de canaux dans lesquels on charge plus tard le combustible, et on recouvre ensuite

extérieurement ces tas, sur les faces latérales, d'une légère couche de terre ou d'argile qui remplace les parois du fourneau.

Lorsqu'au contraire on emploie la houille, on donne aux canaux de chauffe, qui du reste n'ont pas de grilles, de beaucoup plus faibles dimensions que lorsqu'on se sert de tourbe, parce que ces canaux ne doivent servir qu'à allumer les tas, et on les remplit de houille à mesure qu'on les ménage. On a soin d'interposer entre chaque couche de brique une couche de menue houille, et enfin on garnit extérieurement les tas d'argile ou de terre. On allume alors la houille qui se trouve dans les canaux de chauffe, et l'inflammation se répand peu à peu dans tout l'intérieur de la meule. On régularise et on fait varier l'activité du feu en pruti-quant des ouvreaux dans la couverture en terre. La chaleur se répartit très uniformément lorsque l'opération est conduite avec soin, et toutes les briques du tas, même celles de la surface, se trouvent complètement cuites. Ce procédé est très usité en Angleterre et en Belgique. Très souvent on forme ainsi des tas d'une longueur considérable; on les allume par un bout, et à mesure que la cuisson s'avance on allonge le tas en avant en y ajoutant de nouvelles briques, tandis qu'on retire à l'arrière celles qui sont déjà cuites et refroidies.

Le caractère principal des briques bien cuites, et celui auquel on les reconnaît, est le son clair qu'elles rendent lorsqu'on les frappe. Lorsqu'au contraire elles rendent un son fêlé, elles ne sont pas suffisamment cuites, et sont alors ordinairement gelives, c'est-à-dire qu'elles ne résistent pas à la gelée, qui les fait fendiller et tomber par morceaux.

Briques légères. Ces briques qui surmagent sur l'eau étaient connues des anciens, car Pline rapporte qu'on en fabriquait de pareilles à Colento en Espagne, et à Pitane en Étolie. Le procédé s'en perdit pendant l'invasion des Barbares, et ne fut retrouvé que plus tard, par Fabroni, qui découvrit aux environs de Castel del Piano, près Sienne, une sorte de magnésite très légère, poreuse et réfractaire, composée de silice 55, magnésite 45, eau 44, alumine 42, chaux 3, et oxyde de fer 4, qui mélangée avec 1/20 d'argile donne des briques plus légères que l'eau, et qui avec des dimensions de 0^m,19 de long, 0^m,42 de large, et 0^m,05 d'épaisseur, ne pèsent chacune que 0^m,45, tandis qu'une brique commune des mêmes dimensions pèse 2^m,70. On peut aussi employer, à cet effet, beaucoup de tufs siliceux qui mêlés avec 1/25 d'argile grasse donnent les mêmes résultats. Les briques légères ainsi obtenues offrent plus de résistance sous le même poids que les briques communes, et s'approprient par suite à la construction des cloisons et des voûtes; elles sont beaucoup moins conductrices de la chaleur que les briques communes; ainsi on peut porter au rouge vif l'extrémité de l'une de ces briques, sans que l'autre bout s'échauffe d'une manière notable.

Les briques hollandaises sont cuites très fortement et à demi vitrifiées; elles se distinguent des briques ordinaires par leur couleur verdâtre ou brun noirâtre, leur cassure plus ou moins vitreuse, et la propriété qu'elles possèdent de n'absorber aucunement l'eau. L'argile dont on les confectionne est légèrement calcaire. La préparation de l'argile, le moulage et le séchage des briques n'offrent rien de particulier. La cuisson s'opère dans d'énormes fourneaux découverts, dont les murs ont 2 mètres d'épaisseur, et qui renferment souvent plus d'un million de briques. On juxtapose les briques de manière à ne laisser entre elles presque aucun intervalle, ce qui rend beaucoup plus difficile la circulation de la chaleur, de sorte que pour cuire suffisamment les couches supérieures, il faut laisser en feu pendant très longtemps (la cuisson dans les grands fours dont nous avons parlé, dure 5 à 6 semaines), et chauffer très fortement l'étage inférieur. La cuisson a lieu d'une ma-

nière très inégale; les briques qui recouvrent immédiatement les chauffes fondent en partie en formant des matières scoriacées qui occasionnent un déchet considérable; l'étage moyen fournit des briques plus ou moins vitrifiées qui sont quelquefois en partie soudées entre elles, et que l'on parvient ordinairement à séparer sans trop de difficultés. Enfin les couches supérieures produisent des briques non vitrifiées, analogues à nos briques communes, et qui sont vendues à très bas prix dans le pays. On emploie comme combustible de la tourbe.

Il est certain qu'en employant des fours voûtés, construits en briques réfractaires, et en espaçant convenablement les briques, ce qui permettrait de répartir plus régulièrement la chaleur, on arriverait à obtenir des briques tout aussi cuites, avec beaucoup moins de déchets, et en réalisant une grande économie de combustible et de temps.

Fabrication des tuiles. Les tuiles exigent, pour présenter la durée et la solidité nécessaires, une argile meilleure et préparée avec plus de soin que pour les briques; aussi la prépare-t-on presque toujours à l'aide du tonneau-corroyeur que nous avons décrit. Leur moulage n'offre rien de particulier. On les cuit ordinairement dans des fours, concurremment avec des briques, en plaçant les briques à la partie inférieure, et les tuiles à la partie supérieure, parce que par suite de leur moindre épaisseur elles n'ont pas besoin d'être soumises à une chaleur aussi intense.

Lorsqu'on veut donner à la masse des tuiles une couleur grisâtre, on charge sur la grille, aussitôt que la cuisson est terminée et lorsque les briques sont encore bien rouges, des branches d'aune ou de tout autre bois vert avec leurs feuilles, puis on ferme aussi complètement que possible toutes les ouvertures du fourneau. La fumée qui en résulte forme dans la masse poreuse des briques un dépôt de charbon très divisé qui la colore en gris. On recouvrait autrefois souvent les tuiles d'une couche plombeuse fortement colorée qui leur donnait un aspect très agréable, et qui les rendait plus susceptibles de résister à l'influence des agents atmosphériques. A cet effet on formait un mélange de 20 p. d'alquifoux (plomb sulfuré) et 3 p. de peroxyde de manganèse, que l'on pulvérisait finement sous des meules verticales, et auquel on ajoutait une quantité suffisante d'argile obtenue par lévigation et un peu d'eau, de manière à en former une bouillie moyennement épaisse, dans laquelle on plongeait les tuiles séchées à l'air avant de les porter dans le four, où on avait soin de les disposer de telle sorte qu'elles eussent entre elles aussi peu de contact que possible. Ces tuiles ne se fabriquent plus guère maintenant que sur commande, parce que leur prix est notablement plus élevé que celui des briques ordinaires.

L. P. DEBETTE.

BRIQUET, nom donné à tout appareil destiné à produire du feu. Outre le *briquet ordinaire*, qui se compose d'une pierre à fusil et d'un morceau d'acier qui sert à battre la pierre et à en faire jaillir des étincelles, que l'on reçoit dans un morceau d'amadou, nous mentionnerons les suivants :

Le *briquet pneumatique*, dont nous avons déjà parlé à l'article AIR COMPRIMÉ.

Le *briquet à gaz hydrogène*. Ce briquet très ingénieux est formé d'un réservoir à gaz hydrogène, fermé à sa partie supérieure, qui plonge par sa partie inférieure dans un bocal renfermant de l'acide sulfurique étendu, dont le niveau s'élève plus ou moins dans le réservoir selon que ce dernier renferme moins ou plus de gaz. A une certaine hauteur est suspendu, par un fil de cuivre ou de luiton, un morceau de zinc, qui, lorsque l'acide monte dans le réservoir, se trouve y plonger, et donne lieu à un dégagement gazeux qui répare les pertes du réservoir et augmente le volume et la tension du gaz qu'il renferme, de manière à ramener

le bain d'acide au-dessous de son niveau, et alors tout dégagement gazeux cesse. On voit donc que par ce moyen le réservoir est toujours rempli de gaz hydrogène, qui se renouvelle au besoin par le jeu même de l'appareil. A la partie supérieure du réservoir est un tube effilé muni d'un robinet, qui permet de donner issue à volonté au gaz. Si maintenant on dispose en avant du jet d'hydrogène, du platine en éponge, sur lequel il arrive, le platine s'échauffe rapidement, rougit, puis enflamme le jet de gaz. On explique ce phénomène par une condensation considérable d'oxygène venant de l'air atmosphérique et d'hydrogène (700 fois environ son volume), qui s'opère à la surface du métal et qui favorise leur combinaison respective. Le plus ordinairement on fait liquéfier, à une chaleur très douce, un peu de phosphore dans un petit flacon de métal long et étroit; lorsque le phosphore est en fusion, on plonge dans le flacon une petite tige de fer rougie au feu; le phosphore s'enflamme; on agite pendant quelques instants, et lorsque la couleur est devenue bien rouge, on retire la tige et l'on bouche le flacon, puis on laisse refroidir. Il ne reste plus qu'à fixer le flacon dans un étui de fer-blanc, disposé de manière à pouvoir contenir en même temps quelques allumettes ordinaires et bien souffrées. Pour faire usage de ce briquet, on introduit une allumette dans le flacon, on lui imprime un mouvement de torsion en appuyant sur le phosphore, dont on détache ainsi quelques parcelles, et on la retire; l'inflammation a lieu aussitôt et se communique au soufre.

Souvent on projette dans le flacon renfermant du phosphore que l'on vient d'enflammer, une certaine quantité de magnésie calcinée, qu'on agite ensuite à l'aide d'une tige de fer; on cesse d'agiter quand la masse est devenue pulvérulente, on bouche et on laisse refroidir. On rend ainsi la division du phosphore beaucoup plus grande, ce qui augmente considérablement son inflammabilité.

Quelquefois on introduit dans un tube en plomb ou en cristal fermé par un bout, un bâton de phosphore que l'on y tasse, soit par compression, soit, ce qui est préférable, en le fondant sous l'eau. Les briquets ainsi préparés durent plus longtemps que les autres parce que le phosphore n'est pas divisé, mais aussi ils sont moins inflammables. Pour s'en servir, on frotte la surface du phosphore assez fortement, pour que l'allumette en détache quelques portions qui se fixent au soufre; pour en déterminer l'inflammation, il faut frotter l'extrémité de l'allumette phosphorée sur un corps un peu rugueux, tel que le liège, le feutre, etc.; le faible dégagement de chaleur qui se produit alors suffit pour faire prendre feu au phosphore et le communiquer au soufre.

BRIQUETTES. Pour utiliser le menu du charbon de terre, on le mélange avec une bouillie claire d'argile grasse ou terre glaise, de manière à former une pâte très épaisse et qui ait assez de consistance pour pouvoir se mouler en briquettes. Ces briquettes, séchées à l'air, s'emploient de préférence comme combustible dans les fourneaux où l'on n'a pas besoin d'un feu très vif, ou lorsqu'on veut longtemps conserver la chaleur sans veiller à l'entretien du feu. On s'en sert aussi pour le chauffage des habitations, en les brûlant sur une grille avec du bois.

En façonnant la pâte ci-dessus en forme de bûches, on obtient les *bûches économiques*, dont l'usage est actuellement si répandu pour former la partie postérieure des feux de cheminée.

BRODERIE. La broderie n'est pas seulement une occupation de femme, mais un art, une industrie considérable qui consomme annuellement la valeur de 40 millions de francs, en laines, soies, cotons, teintures, dessins, aiguilles, métiers, étoffes et fournitures diverses. Bien que le travail de la broderie ne paraisse qu'un travail tout manuel qui n'emprunte rien au perfectionnement de la mécanique, on doit remarquer qu'il exige, de la part du fabricant et de l'ouvrier, la connaissance raisonnée des matières employées, de leur aptitude à prendre telle ou telle teinture, à subir telle ou telle préparation, à fournir enfin aux exigences d'un travail déterminé.

Le travail de la broderie offre le grand avantage d'occuper des milliers de jeunes personnes et d'enfants. On ne saurait trop applaudir (nous citons les propres paroles d'un savant économiste) aux efforts des fabricants pour donner et conserver aux femmes un de ces travaux assez rares que la mécanique n'a point encore envahis.

Nous dirons encore que la fabrication de la broderie exige la connaissance du dessin, des couleurs, et le goût de les assortir toutes, l'aptitude de la création des choses nouvelles, et des moyens de les exécuter d'une manière agréable et surtout économique.

Pour faire mieux sentir toute l'importance de l'art de la broderie, disons d'abord un mot de son origine.

Les peuples de l'antiquité savaient broder les étoffes, et varier les couleurs soit au moyen de l'aiguille, soit en ajoutant sur un fond uni des fils de différentes teintures, de l'or, des pierreries, soit en faisant entrer ces fils teints dans le tissu des étoffes lorsqu'ils les ourdissaient.

Il suffit, pour s'en convaincre, de lire quelques chapitres de la Bible, dans lesquels Moïse parle du modèle du tabernacle et du voile, faits de fin lin retors, de pourpre, d'écarlate, de cramoisi, d'*ouvrages de broderie* recouverts d'or et de pierreries (Exode, chap. 26, v. 1, 34; chap. 39, v. 2, 3, 5, 8, etc.).

Du reste, ce n'est pas seulement chez les Hébreux que l'art de travailler en broderie était en usage. Cette invention était généralement connue de plusieurs autres peuples de l'Asie. Homère, décrivant l'occupation d'Hélène à Troie, dit que cette princesse brodait un long voile de pourpre, et traçait les nombreux combats que supportaient pour elle les valeureux Grecs (Iliade, livre III, v. 425). Il cite encore Andromaque qui, retirée dans son riche palais, s'occupait à former un tissu, ample vêtement de pourpre sur lequel sa main brodait (Iliade, livre XXII, v. 440).

Homère parle de la ceinture d'or de Calypso (Odyssée, livre V, v. 232) et de celle de Circé (Odyssée, livre X, v. 543); mais nous ferons remarquer à cette occasion qu'aucun auteur n'a indiqué l'emploi des fils d'argent pour la broderie. Pline lui-même, qui indique longuement l'emploi qu'on faisait de l'or dans les habillements (livre XXXIII, sect. 19), et de l'argent pour divers ornements, ne dit pas un mot des *fils d'argent coupés*.

Dans ces temps reculés le travail de la broderie l'emportait sur la peinture proprement dite par la vérité de l'imitation. Ce qui le prouve, c'est le témoignage d'Ovide, dans sa fable de Minerve et d'Arachnée. Tout leur talent, dit-il, consistait à donner les jours et les clairs avec un grand artifice que la peinture ne pouvait faire, et qu'elles faisaient faire à la laine. Du reste, notre opinion est encore appuyée par le témoignage de plusieurs auteurs modernes qui considèrent comme peinture toute espèce de procédé qui consiste à assembler en nuances des couleurs, et paraissent disposés à chercher l'origine de la peinture chez les Grecs dans le talent des femmes ioniennes pour la tapisserie. On lit même, dans les Mémoires de l'Académie des sciences, une dissertation fort intéressante sur les diverses espèces

de peinture, parmi lesquelles l'auteur cite : la broderie ou tapisserie travaillée à l'aiguille ou au métier, et celle qui se fait sur des étoffes de soie blanche, et sur des toiles de coton en y employant des teintures qui pénétraient les étoffes.

Quant à la pratique de la tapisserie tissée à la navette, il est certain qu'on la travaillait primitivement debout, sur le métier monté perpendiculairement. Homère (*Odyssée*, livre I, v. 34) et Virgile (*Géorgiques*, livre I, v. 294) déposent de cet ancien usage, les fils de laine étaient tendus de haut en bas perpendiculairement, comme ils le sont aujourd'hui dans la *haute lisse* (voyez TAPISSERIE), avec cette différence cependant que les lisses n'étaient point arrêtées par le bas sur un cylindre. Sénèque nous apprend qu'on les assujettissait par le moyen d'une pièce de bois à laquelle on attachait des poids très pesants (*Epic.*, 90).

Les Egyptiens furent les premiers, selon Pline, qui changèrent l'ancienne méthode qui était incommode et qui introduisirent l'usage de travailler assis, comme le font aujourd'hui les artistes-ouvriers des manufactures royales des Gobelins, de Beauvais et d'Aubusson, etc., et depuis longtemps nos tisserands et nos drapiers.

De nos jours, M. Jubinal a publié un livre intitulé *Recherches sur l'origine et l'usage des tapisseries*, et il cite plusieurs passages de la Bible, qui prouvent l'antique usage des étoffes richement brodées à la main et offrant des figures diverses. L'usage, ajoute-t-il, de ce genre de travail était en effet plus ancien que celui des étoffes tissées au métier, et les premières tapisseries consistèrent certainement en broderies à l'aiguille tracées sur le canevas.

Mais nous croyons devoir faire remarquer ici que le canevas lui-même n'a pu être façonné qu'à l'aide de l'aiguille ou de la navette, et avec des fils tendus sur un métier à l'instar des tapisseries des Gobelins; dès lors le canevas n'était à proprement parler qu'une broderie, ou étoffe tissée, tissure en broderie, dénomination générique par laquelle les auteurs de l'antiquité désignaient indifféremment toutes les étoffes façonnées sur un métier, soit à l'aiguille, soit avec un fuseau servant de navette.

M. Jubinal rapporte aussi, d'après Pline (*Histoire naturelle*, livre XIII, ch. 48), que, lorsque les habits étaient usés, les anciens s'en servaient comme de trame pour couvrir l'étoffe de broderie, ce qui donnait au tissu une nouvelle durée. A cet effet les tissus étaient découpés suivant les contours d'un dessin, puis appliqués, couchés et cousus sur un fond uni d'une couleur différente, fréquemment sur les bords d'une étoffe, d'un vêtement; et c'est à cause de cette pratique qu'Ovide et Horace appellent les robes que les matrones de Rome portaient comme ornement : robes brodées ou bordées d'une frange de pourpre (Ovide, *Ars amat.*, livre I, 32; livre II, 600. Horace, *Satir.*, 4, 2, 3).

Chez les Romains, une simple bordure ou broderie en couleur, placée sur le vêtement, exprimait la dignité, le sexe, l'âge et le deuil; et cette pratique existe même aujourd'hui dans certaines localités du pays de Bade, où les femmes de la campagne se distinguent par des vêtements bordés ou brodés avec des couleurs différentes, suivant le culte religieux qu'elles professent.

Des diverses sortes de broderie. La première classe de broderie comprend la broderie blanche, ainsi appelée parce qu'on l'exécute sur toute espèce d'étoffe blanche avec du coton blanc, plat, mouliné ou retors, du cordonnet, de la ganse, etc. Ce genre de broderie comprend :

1° La broderie de feston, qui consiste ordinairement à broder et à découper la bordure de l'étoffe sans qu'elle s'effile, en suivant les contours d'un dessin à dents, tracé nécessairement soit sur un papier, soit sur l'étoffe

elle-même. On emploie aussi les broderies de feston dans le corps de l'étoffe elle-même sans la découper. Ce dessin prend alors des formes et des noms différents : feston droit, uni, ondé, à crête de coq, à feuilles, bourré, plein, d'application, à picot, à imitation de dentelles, à jour et à découpage, etc.;

2° Broderie en reprise, sur étoffes claires, dont les contours et les nervures du dessin sont faits à points de reprise, et les milieux ou pleins sont ensuite remplis de ces mêmes points;

3° Broderie au plumetis, sur tissus scuplés et serrés, mousseline, laine, jacons, madapolam, batiste, etc., que l'on produit par un point horizontal embrassant autant d'étoffe en dessus qu'en dessous;

4° Broderie de dentelle, sur tulle, fausse blonde, gaze, et autres étoffes façonnées à l'aide du métier à la JACQUART, qui se font en imitation des dentelles et des blondes, par des points à fils tirés dans l'étoffe, soit avec des applications diverses.

La deuxième classe comprend la broderie de couleur, qui se divise elle-même en plusieurs genres, savoir :

1° La broderie appliquée, dont les figures sont relevées et arrondies par le coton ou le velin, que l'on met dessous pour les soutenir, et quel'on colle ou que l'on coud;

2° La broderie en couchure ou au lancé, celle dont la ganse, le lacet, ou la passenterie, sont couchés sur le dessin, et cousus avec de la soie de même couleur par des points piqués, coulés ou de surjet.

3° La broderie d'application, lorsque le drap, le velours ou tout autre tissu a été découpé suivant la forme du dessin; puis coulé, collé ou cousu sur l'étoffe avec du fil ou de la soie;

4° La broderie au passé, qui s'exécute comme la broderie au plumetis et paraît uniforme des deux côtés de l'étoffe; cette broderie est appelée plate, lorsque les figures sont plates et mises sans couchures, paillettes, ou autres ornements;

5° La broderie au passé épargné, celle qui présente une surface plate et irrégulière à l'envers;

6° La broderie en guipure, qui est un mélange de broderie appliquée en couchure, et d'application, et qui se fait en or, argent, clinquant et bouillons d'or ou d'argent de plusieurs façons; on y ajoute aussi de la nacre, des plumes, des perles, des pierreries, etc.

Le plus ordinairement, les diverses broderies prennent les noms des matières qu'on emploie : broderie en laine, en soie, lacet, cordonnet, peluche, chenille, plumes, gaufrures, cheveux, crins, paillettes et lamés d'or, d'argent et d'ivoire, baleine, cannetille, perles, paille, nacre, pierreries, découpures et applications de draps ou de velours, etc.

On dit broderies par méplats ou à teintes plates, lorsque les fils ou d'autres matières colorées sont employés par juxtaposition seulement; broderies nuancées, lorsque la brodeuse cherche complètement à représenter la nature en suivant le modèle ou l'objet naturel lui-même, afin d'en imiter toutes les nuances.

On dit aussi : broderie au crochet, au métier, au tambour, du nom des outils et ustensiles qui servent à cette fabrication. On peut comprendre dans le nombre des broderies celles qui consistent à former des fleurs sur toutes sortes de tissus avec des rubans dits faveurs, ou des gazes diversement colorées. Voilà du reste, la manière de procéder : Après avoir arrêté le ruban sur le tissu par un point, on remplace l'aiguille beaucoup plus loin, ce qui fait froncer l'étoffe qui se trouve ainsi arrêlée en formant un bouillon; et on recommence jusqu'à parfaite confection de la fleur.

Points de broderie. Les points de broderie sont au nombre de deux :

1° Celui dit de passé, qui embrasse l'étoffe, soit en hauteur, soit en largeur, autant en dessus qu'en dessous, et qui n'a pour toute variation que des

nœuds dits *points d'armes*, qui font les étamines, et remplissent quelques fleurs.

2° Celui de *chatnette* qui se fait à l'aiguille ou avec un crochet, en tirant en dessus le fil ou cordonnnet à broder, de sorte qu'il forme une longue boucle; puis en renfonçant le crochet ou l'aiguille au milieu de cette boucle, on ramène ensuite une nouvelle boucle.

Du reste, il suffit de voir faire ces deux points une ou deux fois, pour pouvoir les exécuter sans maître.

On distingue encore la *broderie sur canevas* qui comprend la broderie à velours en relief, et les différents points pour marquer le linge et pour faire de petits ouvrages en perles de verre.

La broderie sur canevas est appelée plus communément *broderie en tapisserie*, ou seulement *tapisserie de points*, à cause des points dont elle est formée, lesquels combinés et arrangés diversement représentent les figures que l'on veut, et prennent aussi différentes dénominations suivant les pays d'où ils viennent, où ils se font : *Points de Berlin, de France, de Hongrie, d'Angleterre*; et à la manière dont ils sont faits sur le canevas : *Points de croix de chevalier; petit point, gros point, point des Gobelins*, que nous avons ainsi nommé parce que la tapisserie faite avec ce point imite très bien la texture de la tapisserie, tissée à l'instar des Gobelins.

Broderie en tapisserie. Les éléments de la tapisserie sont au nombre de cinq, savoir :

1° Le dessin que la brodeuse veut imiter;

2° Les fils de laine ou de soie teints diversement et convenablement assortis;

3° Le canevas plus ou moins régulier, dont les fils enlacés carrément reçoivent et dirigent le point;

4° Le métier sur lequel on tend convenablement le canevas;

5° L'aiguille à large tête et à pointe émoussée qui sert à passer librement les fils colorés à travers les carreaux ou mailles des canevas.

C'est avec les fils colorés qu'on reproduit un objet quelconque sur le canevas, et l'art consiste à le reproduire sans peine, dans un état de perfection désirable : or, il faut que l'artiste brodeuse ait sans cesse sous les yeux un dessin de l'objet ou l'objet naturel lui-même qu'elle veut imiter.

Les dessins sont de plusieurs espèces composés par des dessinateurs spéciaux.

Les uns sont gravés, imprimés et coloriés sur un *papier canevas*, de manière que les traits et les couleurs remplissent exactement les carreaux qui répondent chacun à un point de tapisserie.

Les autres sont tracés sur le canevas lui-même, au trait, avec ou sans ombres colorées; dans ce dernier cas, la brodeuse travaille à l'imitation du coloriste, c'est-à-dire, en plaçant les fils colorés suivant son goût et la nature des objets; et le dessin lui indique les endroits qu'elle doit mettre dans l'ombre et ceux qu'elle doit éclairer.

La tapisserie elle-même qu'on achète toute faite, sert très souvent de modèle, qu'on imite alors sur la partie correspondante du canevas; ce qui se fait en comptant successivement avec une épingle, les points de telle ou telle nuance du modèle, et les carreaux du canevas, qui doivent les recevoir; mais cette manière de faire la tapisserie dite à *points comptés* ou à *points de compte*, demande plus de temps et plus de soins que la *tapisserie dessinée*, ainsi nommée, parce qu'elle est faite sur le *dessin tracé ou imprimé* sur le canevas.

Tels sont les dessins habituellement employés aujourd'hui; mais ces dessins sont souvent insuffisants pour le but qu'on se propose, et surtout d'un prix d'achat fort élevé. C'est donc pour obvier à ces deux inconvénients que nous proposons une nouvelle *méthode* pour composer et reproduire facilement et économiquement des dessins de tapisserie, sans l'intermédiaire d'un

dessinateur dont les services sont toujours fort coûteux (voyez *DESSIN, MACHINES A DESSINER*).

Il existe encore un autre genre de dessins de broderies, que nous avons proposé il y a six ans, particulièrement pour la fabrication de la tapisserie à l'instar des Gobelins (voyez *TAPISSERIE*).

On choisit des dessins lithographiés ou gravés et coloriés par les procédés ordinaires, puis on applique et on colle dessus, avec de la cire molle, une feuille de *papier-canevas*, rendue transparente par le vernis, et dont le numéro, c'est-à-dire le nombre des carreaux, comptés sur une mesure de longueur de 27 millim., déterminent la dimension du dessin que l'on veut exécuter sur un morceau de canevas d'un numéro donné.

Ensuite on copie le dessin vu à travers le *papier-canevas transparent*, dont les carreaux indiquent le nombre des points et les couleurs qu'il faut employer.

Ce procédé, du reste, est exploité avec succès aujourd'hui par deux habiles brodeuses en tapisserie, qui ont pris chacune un brevet d'invention non expiré; mais, nous le disons sans crainte à qui veut l'entendre : *Les deux brevets sont nuls conformément à la loi, parce que l'invention ou l'application du procédé n'est pas nouvelle*.

Quant aux règles de l'art pour faire sûrement de beaux dessins en tapisserie, nous les donnerons à l'article *DESSINS COLORIÉS*. Cependant nous devons dire, de suite, que le goût, l'habitude et le plus ou le moins de connaissance qu'on a du dessin et du contraste simultané des couleurs (voy. *Contraste des COULEURS*), guideront encore mieux que tout ce qu'on pourrait dire.

Mais il est des règles matérielles que nous allons indiquer ici pour bien faire les points de tapisserie, c'est-à-dire pour les exécuter d'une manière complète et économique. Ainsi, il faut toujours exécuter le point en couvrant le bon fil de la chaîne qui existe sur le fil de la trame, et en ayant soin de piquer d'abord l'aiguille de dessous en dessus puis de dessus en dessous, et ainsi de suite.

On compte sur le canevas, pour l'exécution du petit point, soit 4 carreau pour 4 point du dessin.

Pour l'exécution du gros-point, soit 2 carreaux en tous sens pour 4 point du dessin.

Pour l'exécution du point des Gobelins, soit 2 carreaux pris sur la largeur, et 4 carreau sur la hauteur, pour 4 point du dessin.

Broderie en velours. La broderie en velours ou veloutée à plat ou en relief a été inventée en 1805 par *Delorme*. Elle se fait en laine, en soie, ou en coton, sur toutes sortes de tissus, pour habillements et pour meubles.

Le procédé consiste à former sur l'étoffe, nécessairement dessinée, avec une aiguille, par le moyen d'un moule rond ou tranchant, des boucles ou points de chufnette en laine, ou en soie, ou en coton, que l'on coupe ensuite avec des ciseaux pour former, soit le velours, soit des reliefs.

Ces boucles se font de deux manières, à points simples et à points doubles : le premier point se fait en passant le fil à broder dans l'étoffe et sur le moule; pour le point double, on ajoute à chaque boucle un second point arrière; ce second point est plus solide que le premier, parce que son poil ne peut être arraché.

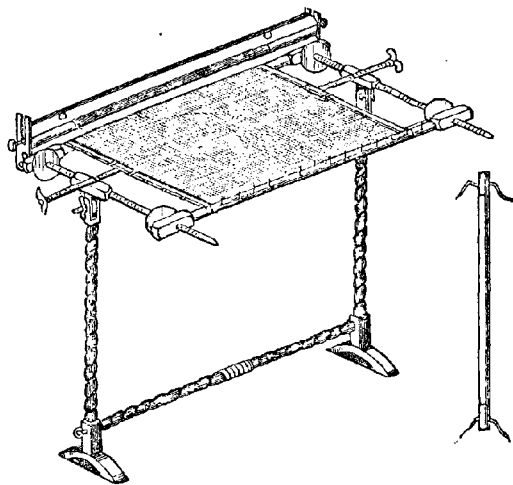
Parlons maintenant des *métiers à broder*.

Le meilleur *métier à broder*, ou plutôt le plus facile à manier, est, sans contredit, celui qui est construit sur les principes du métier de tisserand, moins le peigne et le battant, avec un système de plusieurs crochets ou de pinces en fer, fixés sur les *jumelles* ou *traverses* du métier, et servant à tendre le canevas sur les deux côtés opposés; cependant ce métier, qui était déjà connu il y a plus de cent ans, est peu ou point en usage aujourd'hui, à cause de son prix de construction, qui est

trop élevé. Aussi les ouvrières brodeuses préfèrent-elles généralement les métiers à vis ou à latte, qui se vendent à meilleur marché, et qui sont d'ailleurs plus faciles à loger et à transporter. Toutefois on monte et démonte l'étoffe sur le *métier à latte*, plus facilement et plus promptement que sur le *métier à vis*; mais on la tend souvent beaucoup trop ou trop peu, et on a beaucoup de peine et de fatigue. Avec le *métier à vis*, au contraire, on tend l'étoffe aussi peu qu'on veut, sans peine et sans fatigue; sous ce dernier rapport, du moins, le métier à vis est bien préférable au métier à latte.

Au résumé, tous les métiers actuellement en usage ont tous le grave inconvénient d'obliger la brodeuse à coudre les deux largeurs du canevas sur les galons cloués sur les deux rouleaux, à enrouler ensuite le canevas en le pressant, et à le tendre sur les côtés, au moyen de ficelles qui le tiraillent et le déchirent toujours. Nous indiquerons donc ici les additions ou perfectionnements que l'expérience et la pratique de la broderie nous ont suggérés, afin de faire cesser tous les inconvénients que présentent les métiers déjà connus. Nous avertirons cependant le lecteur qu'un fabricant de Paris a le droit exclusif d'exploiter à son profit ces perfectionnements pour lesquels un *brevet d'invention* nous a été délivré le 19 juin 1844.

Les perfectionnements comprennent plusieurs parties, qui s'adaptent également à tous les métiers à broder.



306.

Ainsi, le périmètre des deux rouleaux ou *ensouples* présente au-dessus une surface plate de 4 centimètre de largeur, sur laquelle sont plantées des *pointes émoussées* et destinées à accrocher les deux largeurs du canevas, ce qui dispense de les coudre sur des galons. Ensuite on recouvre les pointes avec une tringle en bois dite de *recouvrement*, taillée en *demi-rond*, et portant dans toute sa longueur une fente ou rainure d'une largeur égale à la grosseur des pointes; les pointes du rouleau de derrière sont recouvertes aussi par une tringle dont la face en dessus est taillée en plan incliné. Les deux tringles sont attachées par leurs extrémités sur les deux rouleaux, à l'aide de deux cordons, pour éviter tout déplacement.

Les deux vis en fer à triples filets, dont les écrous en cuivre sont fixés à demeure sur le milieu des deux vis ou *traverses du métier*, servent à tendre le canevas sur les deux côtés opposés, quand on tourne les deux boutons qui y sont adaptés. A cet effet, chaque vis porte à son extrémité une platine en cuivre, tournant sur son

milieu, et dont les bouts sont coulés en équerre et troués. La platine reçoit et supporte une tringle en fer, qui est fixée sur le canevas avec quatre aiguilles à broder, plus ou moins distantes l'une de l'autre.

Le rouleau en bois tourné, qui est placé sur l'*ensouple* de derrière, est destiné à enrouler le canevas brodé ou le modèle à exécuter. Ce rouleau est formé de deux segments ou portions de cylindre joints par leurs extrémités au moyen de deux vis à bois à tête plate, et entre lesquels on engage et *pince* le canevas ou le modèle. L'*axe de droite* du rouleau est en fer rond, et tourne librement dans une platine ou *fourchette* fixée à vis sur l'*ensouple*; l'*axe de gauche*, qui est à vis, forme pivot; il est fixe dans un écrou, lequel est engagé dans la fourchette de droite, et mobile à volonté de bas en haut, et réciproquement, de haut en bas, suivant la grosseur ou l'épaisseur du canevas ou du modèle enroulé. C'est à l'aide de cette vis qu'on fait reculer à volonté le rouleau de droite ou de gauche, en tournant le bouton qui y est adapté.

Résumons les avantages que présente le métier à broder ainsi perfectionné.

Avec ce métier d'un prix d'achat aussi bas qu'on peut le désirer, la brodeuse n'a pas l'embarras de coudre les deux largeurs du canevas sur les galons qui sont ainsi supprimés, et de les enrouler ensuite sur les *ensouples*; elle roule seulement le canevas sur lui-même, sans le presser, jusqu'à ce qu'il n'en reste que la grandeur que peut embrasser commodément la main; elle fixe plus promptement et plus facilement le canevas en l'accrochant sur les pointes; enfin le surplus des canevas est attaché et suspendu au-dehors des *ensouples* de manière qu'on puisse le voir et le couper au besoin.

La brodeuse peut travailler sur le métier sans gêne, sans fatigue, et sans que son bras quitte la position verticale; et, en effet, elle peut tendre le canevas sur une longueur aussi petite que possible; ce qui lui évite de tendre le bras.

Ce métier, enfin, présente plusieurs avantages incontestables :

1° De dispenser d'enrouler et de presser la broderie faite sur les *ensouples*, méthode qui aplatit et écrase toujours les points, le relief des figures, et qui fait goder le canevas ou l'étoffe qui n'a pas encore été brodée;

2° De dispenser d'étendre sur le canevas un modèle qu'on froisse sans cesse en travaillant, et qui est très souvent altéré ou perdu après avoir été copié;

3° De laisser voir la tapisserie faite, afin d'en imiter toutes les nuances;

4° De permettre de confectionner une grande longueur de broderie en tapisserie sans enlever les rouleaux, et sans avoir l'embarras de tendre le canevas sur les côtés au moyen de ficelles ou de crochets qui tiraillent et déchirent les mailles du canevas.

De plus, à l'aide de ce métier, on peut compter les carreaux ou points colorés du modèle, sans peine et sans tâtonnement, avec une précision et une rapidité que la brodeuse la plus habile ne pourrait atteindre par les procédés ordinaires. Il suffit, pour cela, de placer une règle dite *guide de compte* (1) sur la tringle de recouvrement de derrière, de manière à ce que les divisions de cette règle, espacées convenablement, correspondent avec les divisions numérotées sur le modèle de dix en dix carreaux ou points.

(1) Cette règle se compose d'un ruban étroit en soie ou en coton sur lequel glissent librement des curseurs en cuivre gratté très fin, de 5 millim. de largeur au plus, et numérotés de dix en dix.

L'on place ensuite à angle droit, sur le canevas lui-même, deux autres guides de compte semblables, dont les divisions sont espacées, suivant le numéro du canevas; mais le compte des carreaux du canevas est arrêté nécessairement de dix en dix par un fil coloré lacé sur le canevas, ou simplement par un fil en reprise à la main, cela fait il est facile de fixer de suite, sur le canevas, un point déterminé du dessin, comme s'il s'agissait de trouver un produit quelconque dans la table de multiplication de Pythagore.

Disons aussi que ce métier tel qu'il est construit n'est pas applicable à la broderie des grands ouvrages sur mousseline, gaze ou autres étoffes légères en soie ou coton; car les pointes troueraient et déchireraient peut-être ces tissus. Cependant on pourrait s'en servir au besoin en supprimant les pointes et en comprimant suffisamment les deux largeurs du tissu sur les ensembles, dont les faces plates seraient recouvertes de papier de verre, par des tringles de bois fort, dont les faces en contact avec l'étoffe seraient légèrement convexes sur le milieu et recouvertes aussi de papier de verre.

Il y a encore un métier à broder assez incommode, du reste, et qui est généralement employé par les brodeuses sur gaze, mousseline, et autres étoffes légères de grandes dimensions; nous voulons parler du *tambour*. C'est un instrument de forme circulaire fait avec du bois d'éclisses, et recouvert d'une lisière de drap ou de flanelle. On tend l'étoffe dessus comme une peau de tambour par le moyen d'une courroie et d'une boucle, ou d'un ou de plusieurs cerceaux recouverts d'une lisière de drap, qui s'embottent les uns dans les autres; de là le nom de *tambour* qu'on a donné à ce métier, qui est plutôt un outil qu'un métier proprement dit.

Enfin nous terminerons par la description du *métier mécanique* à broder, inventé par M. Josué Heilmann, de Mulhouse; métier qui présente des combinaisons fort ingénieuses sans doute, mais qui n'offre pas encore toute la perfection désirable dans les produits manufacturés. Du reste, le battant-brocheur inventé par MM. Godemart et Meynier, de Lyon, remplit le même but d'une manière encore plus heureuse et surtout plus économique pour la fabrication des tissus recherchés par les consommateurs. Voyez BATTANT-BROCHEUR.

ROUGET DE LISLE.

MACHINE A BRODER de M. Josué Heilmann, de Mulhouse. La machine à broder de M. Heilmann est sans contredit, de toutes les machines de l'exposition de 1834, celle qui a obtenu au plus haut degré la faveur du public: soit qu'elle fût en repos, soit qu'elle fût en mouvement, on était sûr de la trouver environnée d'une foule de curieux, les uns portant leur attention sur les broderies qu'elle avait exécutées, les autres essayant d'en suivre tous les mouvements et d'en deviner le mécanisme; on ne se lassait pas de voir, dans un petit espace, 430 aiguilles brodeuses occupées chacune à copier le même dessin et accomplissant leur tâche avec une régularité parfaite; un seul homme suffisait à mettre en action toutes ces aiguilles, et l'on était surtout émerveillé de voir avec quelle exactitude chacune d'elles venait d'elle-même piquer l'étoffe au point précis où elle aurait été conduite par la main la plus exercée.

On peut dire que M. Heilmann a résolu, dans la construction de sa machine, un problème tellement compliqué et tellement délicat, que de très habiles mécaniciens n'auraient sans doute pas osé se le proposer; mais il n'y a pas seulement dans cette invention une grande difficulté vaincue, il y a de plus une utilité réelle et déjà constatée: en France, en Allemagne, en Suisse et en Angleterre, plusieurs fabricants ont senti l'avantage qu'ils en pouvaient tirer; on compte, dès à

présent, six machines à Lyon qui travaillent sans relâche, ou en compte quatre en Saxe, quinze à Saint-Gall, et douze ou quinze, je crois, à Manchester, et dans d'autres villes de l'Ecosse et de l'Angleterre.

On conçoit aisément qu'un mécanisme qui répète en même temps cent trente fois le même dessin en broderie, ne doive pas être d'une exécution facile, surtout quand il le répète avec toute l'exactitude que ce genre de travail exige pour être très parfait. Cependant la maison Kœchlin de Mulhouse, construit ces machines avec une solidité et une précision qui semblent ne rien laisser à désirer; elle a été imitée à Manchester, où l'on a construit sur les modèles qu'elle avait envoyés, mais il ne paraît pas qu'elle ait été surpassée.

Le prix d'une machine portant 430 aiguilles et par conséquent 260 pinces est de 5,000 francs, et l'on estime qu'elle fait journellement l'ouvrage de vingt brodeuses fort habiles, travaillant sur le métier ordinaire; elle n'exige cependant pour être mise en action pendant toute la journée, qu'un seul ouvrier et deux jeunes filles. L'ouvrier doit être exercé à ce genre de travail, car il remplit à la fois des fonctions nombreuses: d'une main, il suit le dessin avec la pointe du pantographe; de l'autre, il tourne une manivelle pour planter et tirer toutes les aiguilles qui sont tenues dans des pinces, et portées par des chariots qui s'approchent et s'éloignent en roulant sur des chemins de fer; enfin, au moyen de deux pédales sur lesquelles il appuie alternativement d'un pied et de l'autre, il ouvre les 430 pinces du premier chariot qui doivent donner les aiguilles après les avoir plantées dans l'étoffe, et il ferme du même coup les 430 pinces du second chariot, qui doivent les recevoir et les tirer de l'autre côté pour les ramener ensuite. Les jeunes filles n'ont autre chose à faire qu'à changer les aiguilles quand les aiguilles sont finies, et à surveiller les pinces pour qu'aucune aiguille ne s'en échappe.

Nous allons essayer de faire comprendre tous les détails de cette machine, parce qu'elle n'est pas moins remarquable par l'heureuse disposition des parties qui la composent que par les effets qu'elle produit. Nous décrirons successivement:

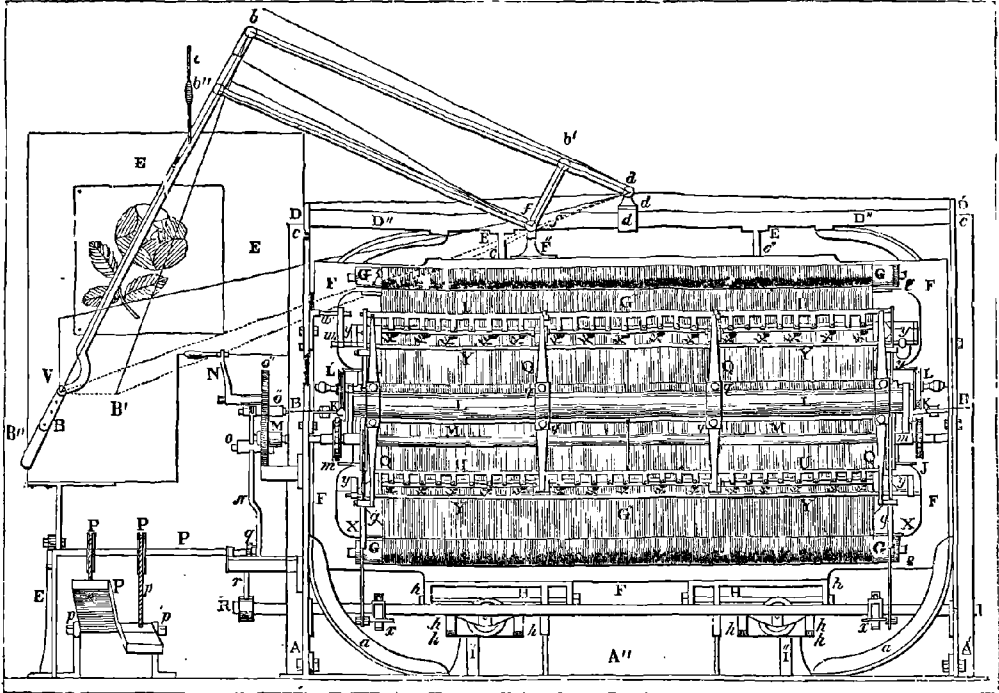
- 1° La disposition du bâti;
- 2° La disposition de l'étoffe;
- 3° La disposition des chariots;
- 4° La disposition des pinces;

I. — *Disposition du bâti*. Le bâti est en fonte de fer; il doit être solidement assemblé et établi sur un sol assez ferme pour n'éprouver aucun ébranlement sensible, soit par le mouvement de la machine elle-même, soit par le déplacement des ouvrières qui vont d'une pince à l'autre pour changer ou rajuster les aiguilles. La fig. 307 en présente une élévation prise de face. Le bout du bâti forme deux rectangles égaux A B B A, A B B A, symétriquement placés, l'un à droite, l'autre à gauche, et réunis au milieu par un troisième rectangle plus étroit et plus élevé, A D C A. Cet assemblage des trois rectangles est coulé d'une seule pièce. *a*, sont six pieds qui portent chacun un trou destiné à recevoir une vis calante, par laquelle ils reposent sur le sol. L'autre bout du bâti est en tout pareil au premier; nous eu désignerons les parties analogues par les mêmes lettres avec un accent: ainsi, A' B' B' A', A' B' B' A', seront les deux rectangles symétriques du second bout du bâti; A' D' C' A', sera le rectangle du milieu analogue à A D C A, et *a'* représentera les 6 pieds correspondants à ceux *a*. Entre chaque pied *a* et son correspondant *a'*, il y a une traverse en fonte A'', dont on voit la forme et l'assemblage dans la figure. Ainsi, à leur partie inférieure, les deux bouts du bâti sont assemblés par six traverses pareilles à la traverse A''; en outre, aux deux extrémités de chacune de ces traverses, il y a des arc-boutants *a'*, destinés à consolider le système; on voit

deux de ces arcs-boutants sur la figure : à leur partie supérieure, les deux bouts du bâti sont réunis par une seule traverse D'' qui a la forme d'une gouttière, et qui se trouve boulonnée aux angles correspondants D et D'.

Telle est la disposition légère et solide du bâti qui porte tout le mécanisme de la machine à broder ; il était

placée avec une précision suffisante pour venir présenter successivement, vis-à-vis de la pointe de l'aiguille, tous les points par lesquels l'aiguille doit passer pour exécuter la fleur ou le dessin qui se trouve sur le métier. La disposition de l'étoffe et le mécanisme au moyen duquel elle est déplacée de la quantité voulue, après chaque passage de l'aiguille, sont donc d'une



307.

nécessaire d'en prendre une idée exacte afin de mieux comprendre comment les autres pièces fixes sont soutenues à leur tour, et comment les pièces mobiles, qui sont ici très nombreuses, peuvent exécuter leurs mouvements avec une parfaite régularité.

La longueur de la machine dépend du nombre de pinces que l'on veut faire travailler. Le modèle qui était à l'exposition portait 260 pinces, et avait deux mètres et demi de longueur ; mais, le cadre de nos machines ne nous ayant pas permis de représenter une machine aussi longue, nous l'avons réduite à n'avoir que 120 pinces ; d'où il résulte seulement que nos traverses A'' et D'', au lieu d'avoir deux mètres et demi, n'ont pas tout à fait deux mètres : du reste, tout le mécanisme et toutes les autres dimensions n'ont éprouvé aucun changement.

La largeur du bâti doit être la même pour toutes les machines, qu'elles soient longues ou courtes, car c'est cette largeur qui détermine la longueur du fil que l'on peut mettre après les aiguilles, et il y a toujours de l'avantage à lui donner, comme nous l'avons fait, toute la largeur adoptée par M. Heilmann, c'est-à-dire un peu plus de deux mètres, en sorte que les aiguilles puissent porter un fil d'un mètre de longueur.

II. — *Disposition de l'étoffe.* Nous avons déjà fait remarquer que les pinces qui portent les aiguilles se présentent toujours au même point, et que par conséquent les aiguilles ne feraient que passer et repasser indéfiniment par le même trou, si l'étoffe n'était dé-

grande importance, et nous allons essayer de les expliquer en détail.

L'étoffe est portée sur un grand châssis rectangulaire dont les quatre côtés sont visibles dans la figure, savoir : les deux verticaux en F, F ; et les deux côtés horizontaux, le supérieur et l'inférieur, en F', F'.

On voit aussi, dans la figure, deux longs rouleaux en bois G, G, dont les extrémités, munies de tourillons en fer, sont portées sur les côtés F du châssis de manière à pouvoir tourner sur eux-mêmes. Ces deux rouleaux forment un système d'ensouples sur lesquelles le ruban, l'étoffe ou, en général, le canevas destiné à recevoir la broderie, peut être enroulé et tendu verticalement au degré convenable, car chacune de ces ensouples porte à l'une de ses extrémités une petite roue à rochet g, g ; les dents de l'une de ces roues étant inclinées en sens contraire des dents de l'autre, il en résulte qu'en soulevant, par exemple, le cliquet de la roue supérieure et en tournant l'ensouple dans un sens, le canevas tire l'ensouple inférieure et tend à la faire tourner, tandis que le cliquet de sa roue à rochet la retient, et l'étoffe G'' se tend de plus en plus : le même effet serait produit en tournant l'ensouple inférieure après avoir soulevé son cliquet. Quand on veut faire passer de l'étoffe de l'une des ensouples sur l'autre, il suffit de soulever à la fois les deux cliquets et de tourner dans le sens convenable l'ensouple sur laquelle on veut enrouler l'étoffe, puis de laisser retomber le cliquet de l'autre en-

souple lorsqu'il ne s'agit plus que de donner la tension.

Outre ce système des ensouples inférieures, il y a un second système de deux ensouples supérieures qui a le même but et qui est disposé exactement de la même manière; mais il se voit moins complètement dans la figure, où il est en partie caché par d'autres pièces.

On conçoit que l'un de ces systèmes présente l'étoffe aux aiguilles supérieures, et l'autre aux aiguilles inférieures: comme les deux ensouples d'un même système n'ont pas leur axe dans le même plan vertical, le plan de l'étoffe G'' serait lui-même incliné et viendrait se présenter obliquement aux aiguilles, si l'on n'avait soin de le redresser et de le ramener au milieu du cadre, au moyen d'une forte règle en bois fixée comme les rouleaux sur les deux côtés verticaux du châssis.

Enfin, l'étoffe doit recevoir aussi une tension latérale dans les deux sens opposés, et, pour la lui donner sans craindre de la déchirer, on commence par coudre sur ses bords de petits rubans de laiton, et ensuite on attache à ces rubans des ficelles g'' , qui les tirent latéralement et qui viennent se fixer aux côtés F du châssis.

Il reste à voir maintenant par quel ingénieux moyen le châssis peut être déplacé dans toutes les directions sans sortir toutefois du plan vertical dans lequel il a été primitivement ajusté, et comment l'étoffe qui est fixée sur lui et par conséquent forcée de suivre tous ses mouvements peut venir présenter vis-à-vis de chaque aiguille les points successifs qui doivent être piqués et traversés par le fil.

M. Heilmann, pour obtenir cet effet, a employé le pantographe dont se servent les dessinateurs pour réduire ou pour amplifier dans des proportions déterminées les dessins de toute espèce. Tout le monde connaît les principes sur lesquels repose la théorie de cet instrument, et nous nous contenterons de les rappeler en peu de mots: $bb'fb''$, représente un parallélogramme dont les quatre angles b, b', f, b'' , sont à charnière et articulés de telle sorte qu'ils puissent devenir à volonté très aigus ou très obtus, les côtés conservant toujours exactement la même longueur; les côtés bb' et bb'' sont prolongés, l'un jusqu'au point d , l'autre jusqu'au point B , et ces points B et d sont choisis sous la condition que, dans l'une des positions du parallélogramme, la ligne Bd qui les joint passe par le point f ; cette condition peut être remplie d'une infinité de manières, puisque, la position du parallélogramme restant la même, on voit que si l'on voulait porter le point d plus loin du point b' , il suffirait de rapprocher convenablement le point B du point b'' , ou vice versa; mais, une fois que l'on a choisi la distance $b'd$, il est évident que la distance $b''B$ en est une conséquence nécessaire. Or, le principe sur lequel repose la construction du pantographe est celui-ci: il suffit que les trois points d, f et B , soient en ligne droite dans une seule des positions du parallélogramme pour qu'ils restent toujours en ligne droite dans toutes les positions qu'il sera possible de lui donner.

Ce principe étant admis, supposons que l'on déplace le point B , dans un sens quelconque, en faisant tourner tout le système autour du point d ; imaginons, par exemple, que le point B vienne en B' : alors, en joignant d à B' , il est évident que le point f sera venu se placer quelque part sur cette ligne dB' , en f' par exemple, puisqu'il tombe toujours sur la ligne droite qui joint le point d à la position quelconque que peut prendre le point B' , et la ligne ff' sera parallèle à BB' .

Si le côté bb'' a été fait égal à la sixième partie de bB , ff' sera aussi $\frac{1}{6}$ de BB' , c'est-à-dire qu'en général les contours décrits par le point f seront exactement la sixième partie des contours décrits par le point B .

Cette proposition est celle que M. Heilmann a adop-

tée. Il a pris en outre $b'd = b'f$, d'où il résulte: $bc = bd$.

Cela posé, il est facile de comprendre le rôle que joue le pantographe dans la machine à broder.

Pour obtenir plus de précision et plus de solidité, les côtés du pantographe sont assemblés de telle sorte que le milieu de leur épaisseur se trouve exactement dans le plan vertical de l'étoffe, et que les axes des charnières soient bien perpendiculaires à ce plan, dans lequel, par conséquent, tous les déplacements s'accomplissent. On arrive à ce résultat en fixant à la grande traverse supérieure D'' , une pièce coudée d , ayant une saillie convenable et sur laquelle s'adapte à son tour la pièce d' qui reçoit à charnière l'extrémité du côté bd ; cette pièce d' se fixe sur d'' par un boulon, mais elle porte un trou allongé, et, avant de serrer l'écrou, on la fait avancer ou reculer jusqu'à ce que le point d'appui se trouve exactement dans le plan de l'étoffe. Cette condition étant remplie, il ne s'agit plus que d'attacher le châssis à l'angle f du parallélogramme, ce qui se fait au moyen de la pièce F'' .

Il est clair maintenant que, si l'ouvrier brodeur prend en main le manche B'' et fait mouvoir le pantographe d'une manière quelconque, le point f décrira une figure semblable à celle décrite par le point B et 6 fois plus petite; mais comme le point f ne peut pas se mouvoir sans que le châssis et tout ce qu'il porte ne se meuve avec lui, si le châssis est bien maintenu de toutes parts et forcé de se mouvoir dans le même plan, chacun de ses points et de ceux qui sont fixement liés avec lui parcourra exactement le même chemin que le point f . Ainsi, dans le mouvement du pantographe, chaque point de l'étoffe décrit une figure égale à celle que décrit le point f , et par conséquent semblable à celle que décrit le point B et six fois plus petite. Il suffit donc de donner à l'ouvrier brodeur qui tient le manche B'' un dessin six fois plus grand que celui qui doit être exécuté par la machine et de lui donner en même temps un moyen sûr et facile de parcourir avec le point B tous les contours de ce dessin: pour cela on adapte en B , et perpendiculairement au plan du parallélogramme, un petit style terminé par une pointe V , et l'on dispose le dessin sur un tableau vertical E , parallèle au plan de l'étoffe et du parallélogramme et reculé seulement de la longueur du style; ce tableau est porté par une tige en fer, fixée elle-même sur un pied en fonte E' , qui sert encore à d'autres usages, comme nous le verrons plus loin; le châssis chargé de ses ensouples et de son étoffe forme un ensemble assez lourd, et l'on conçoit que s'il est nécessaire, comme nous l'avons dit, de le diriger pour qu'il ne sorte pas de son plan, il est nécessaire aussi de l'alléger pour que le brodeur puisse promener la pointe du pantographe sur le tableau sans effort et sans incertitude dans ses mouvements.

M. Heilmann a rempli ces conditions de la manière suivante:

1. Une corde c , attachée au côté dB du pantographe, va passer sur une poulie de renvoi et porte à son extrémité un poids que l'ouvrier peut graduer à volonté: ce poids équilibre le pantographe et tend à soulever un peu le châssis;

2. Le côté supérieur F' du châssis porte deux règles saillantes: elles ont l'une et l'autre une fente longitudinale et horizontale dans laquelle peut glisser avec un léger frottement la cheville c'' , qui sert ainsi de guide pour maintenir dans son plan toute la partie supérieure du châssis, car les chevilles c'' sont fixées à la grande traverse D'' ; on comprend que la longueur de la fente que porte chacune des règles E'' doit être égale à l'amplitude du mouvement latéral que le châssis peut prendre;

3. Le côté inférieur du châssis porte deux tringles horizontales H, H , attachées chacune par deux pat-

tes *h*, *h*, un peu recourbées à gauche ; chacune de ces tringles est engagée dans la gorge d'une poulie, dont la chape de forme ovale est portée par deux couteaux triangulaires sur les deux branches d'un levier fourchu ; les deux leviers doivent être solidaires l'un de l'autre, afin que les deux côtés du châssis soient également soulevés ; c'est pourquoi on les unit par un arbre, dont les deux extrémités sont portées par des pieds en fonte ; un contre-poids qui glisse sur la queue des leviers et qui peut être éloigné ou rapproché de la ligne des points d'appui, permet d'exercer sur le châssis une pression de bas en haut qui se gradue à volonté, et qui, sans empêcher le châssis de se mouvoir dans tous les sens, l'empêche cependant de sortir du plan primitif pour lequel le pantographe a été réglé ; la longueur des tringles doit être égale à l'amplitude du mouvement latéral du châssis, et les bras des leviers fourchus doivent être assez longs pour que l'arc qu'ils font décrire aux couteaux de la chape de la poulie se confonde sensiblement avec une ligne droite dans la plus grande excursion de haut en bas ou de bas en haut que puisse faire le châssis ;

4° Enfin, deux guides *I*, *I'*, portés sur des pieds en fonte, présentent des fentes verticales dans lesquelles reste engagé le côté inférieur *F'* du châssis.

III. — *Disposition des chariots.* Avant de décrire l'arrangement et le jeu des pincées qui portent des aiguilles, nous essaierons de bien faire comprendre la disposition et le mouvement des deux chariots qui portent ces pincées et tout leur mécanisme.

Ces chariots tout à fait pareils, sont disposés l'un à droite et l'autre à gauche du châssis, nous désignerons par les mêmes lettres les pièces qui les composent.

Chacun d'eux exécute ses mouvements sur un chemin de fer composé de deux règles bien dressées et ajustées horizontalement, l'une à l'un des bouts de la machine et l'autre au bout opposé. L'une de ces règles se voit à sa place en *K*, les deux portions saillantes *k*, *k*, viennent se poser et se boulonner sur deux consoles boulonnées elles mêmes contre les deux montants verticaux *AC* et *AB* du bâti : l'une de ces consoles se voit à gauche ; la console correspondante de l'autre règle se voit pareillement à droite, contre le montant *A'B'*. Le chariot lui-même se compose seulement d'un long cylindre creux en fonte *L*, portant à chacune de ses extrémités un système de deux galets à gorge *L'* qui roulent sur les règles *K* ; les galets *L'* sont montés sur une pièce *L'*, fourchue aux deux bouts pour recevoir les axes des galets, et la pièce *L'* est elle-même boulonnée sur une pièce ou appendice *l* fondu avec le cylindre *L*.

Cet assemblage, qui, à proprement parler, constitue le chariot, se trouve donc en équilibre parfaitement stable sur les règles *K*, et l'on conçoit qu'il puisse avec la plus grande facilité s'éloigner ou s'approcher de l'étoffe pour planter ou tirer les aiguilles.

Mais, pour n'être pas obligé d'employer une personne à produire ces mouvements alternatifs du chariot, M. Heilmann y adapte un mécanisme au moyen duquel l'ouvrier brodeur qui mène le pantographe peut de sa place, sans se déranger, conduire lui-même les chariots et régler à volonté l'étendue de leur course et la rapidité de leurs mouvements. Ce mécanisme pourra paraître au premier abord un peu compliqué ; mais, en réalité, il est simple, très ingénieux, et, ce qui est un point essentiel, il est solide et fonctionne avec une précision remarquable. Nous allons essayer d'en faire comprendre la disposition.

Une poulie *J* est adaptée contre le montant de droite *AB* du bâti, au moyen de deux pièces *J'* et *J''* : une poulie pareille est adaptée à l'autre bout du bâti contre le montant correspondant *A'B'* ; dans la figure on les a supprimées pour laisser voir les roues *m*, *m*, sur lesquelles elles se projetteraient. A la hauteur des poulies *J* est attaché un axe en fer *M''* soutenu par des cou-

sinets qui sont fixés contre les grands montants *AC* et *A'C'* du bâti ; cet axe porte vers ses extrémités, mais en dedans du bâti, deux roues dentées *m* ; son extrémité de gauche se prolonge au dehors du bâti pour porter encore une roue dentée *M*. Sur la poulie *J* et sur la roue dentée correspondante *m* passe une chaîne sans fin : la partie de cette chaîne qui doit parcourir la circonférence de la roue *m* est une chaîne de Vaucanson ; l'autre, qui doit parcourir la circonférence de la poulie *J*, est une simple courroie, les deux extrémités de la chaîne, prise dans son ensemble, viennent se fixer sur une pièce qui est portée par l'extrémité d'un boulon fixé lui-même dans la pièce *l* de l'extrémité de l'arbre *L* ; ce même boulon porte encore un galet qui court sous la règle *K*.

Il résulte de cette disposition qu'en faisant tourner l'axe *M''* ou la roue *M* dans un sens, on forcera le chariot à se rapprocher de l'étoffe, et qu'il s'éloignera, au contraire, en faisant tourner la roue *M* dans le sens opposé.

Le chariot de gauche, mû par la roue *M'*, est disposé exactement comme le chariot de droite, que nous venons de décrire.

Quand l'un des chariots s'est avancé pour piquer les aiguilles dans l'étoffe, l'autre est là pour les recevoir, il les pince, les tire, fait sa course en s'écartant pour allonger l'aiguille et serer le point, puis il revient et rapporte les aiguilles pour les piquer à son tour ; pendant son mouvement, le premier chariot est resté en place pour l'attendre ; ainsi, les deux chariots font successivement une allée et un retour, et jamais ils ne se meuvent ensemble.

Pour remplir cette condition, M. Heilmann a disposé sur la pièce *O*, fixée sur les deux montants *AC* et *AD* du bâti, un levier coudé *o* *n'* *n''* mobile autour du point *o* ; le coude *n'* porte une roue dentée *O'*, et l'extrémité *n''* une roue dentée *O''* ; les quatre roues *M*, *M'*, *O'* et *O''*, ont une même denture et un même diamètre ; les deux roues *O'* et *O''* sont fixes l'une par rapport à l'autre, en sorte qu'il suffit de tourner la manivelle *N* pour faire tourner la roue *O''* et par conséquent la roue *O'* : quand le levier *no* est vertical, la roue *O'* ne touche ni la roue *M* ni la roue *M'*, mais, si on l'incline d'un côté ou de l'autre, on fait engrener la roue *O'* successivement avec la roue *M* ou avec la roue *M'*. De sorte qu'on produira l'effet désiré en tournant alternativement la manivelle *N* dans un sens et dans l'autre.

Cependant, l'ouvrier brodeur ayant ses deux mains occupées, l'une au pantographe et l'autre à la manivelle, il ne lui reste que ses pieds pour agir sur le levier *no*, et, comme il a encore bien d'autres choses à faire, M. Heilmann a adapté devant lui un système de deux pédales, au moyen desquelles il exécute avec ses pieds une série d'opérations non moins délicates que celles qu'il exécute avec ses mains.

Pour le moment, nous n'allons considérer ces pédales que comme un moyen de mettre en mouvement, à point nommé, le levier *no*.

Les pédales *P* sont mobiles autour de l'axe *p*, et portent des cordes *p'* enroulées en sens contraire sur les poulies *P'* ; ces poulies sont fixées sur un arbre mobile *P''*, soutenu d'un côté dans le support *E'* et de l'autre dans une pièce attachée aux deux grands montants du bâti *AC* et *AD*, l'arbre *P''* porte à son extrémité une pièce dentée sur une portion de son contour (nous verrons plus loin à quoi servent ces dents, mais, pour l'instant, nous n'avons à considérer que sa partie non dentée) ; on voit qu'elle est armée d'une cheville qui vient s'engager dans l'extrémité fourchue du levier *no* : alors, il est évident qu'en baissant la pédale *P*, qui est maintenant relevée, la partie supérieure de l'arbre *P''* tournera de gauche à droite, et le levier *no* s'inclinera pour apporter la roue *O'* sur la roue *M'*, mais, en même temps, la pédale qui est maintenant baissée

se relèvera, parce que sa corde sera forcée de s'enrouler sur sa poulie autant que l'autre corde se déroulera, de telle sorte que l'appareil sera tout près pour agir en sens contraire quand il le faudra.

IV. *Disposition des pinces.* L'arbre L' porte de distance en distance, à peu près de demi-mètre en demi-mètre, des appendices q, q , qui sont venus à la fonte avec lui; c'est contre ces appendices que viennent se fixer, par deux boulons, les branches courbes Q qui sont destinées à porter tout le mécanisme des pinces; une règle en fer, formant un prisme triangulaire bien dressé, s'étend entre deux branches consécutives Q, Q, et elle se trouve fixée contre chacune de ces branches au moyen d'une oreille dans laquelle passe un boulon qui traverse l'épaisseur de la branche, mais, au lieu d'un simple trou, l'oreille porte une fente qui permet de l'avancer ou de la reculer. On arrive donc aisément à mettre à la suite l'une de l'autre, en ligne bien droite, les trois règles qui doivent se trouver dans les trois intervalles des branches Q; chacune d'elles est même un peu prolongée au-delà de ses deux oreilles, afin que l'assemblage étant fait, les trois règles consécutives semblent ne former qu'un seul prisme triangulaire s'étendant d'un bout à l'autre du chariot. Ce prisme est destiné à recevoir et à porter toutes les pinces qui se trouvent dans une rangée.

Lorsqu'une pince est ouverte et qu'une moitié de l'aiguille vient s'y engager, elle se trouve logée dans une rainure angulaire qui a moins de profondeur que l'aiguille n'a d'épaisseur, et, quand la pince se ferme, la mâchoire supérieure vient la presser dans la rainure; ainsi, l'aiguille est parfaitement tenue, bien qu'elle ne soit prise que par trois points de son contour.

Supposons maintenant que toutes les pinces soient montées et ajustées à une distance convenable sur la règle prismatique S pour former la rangée supérieure du chariot de droite, comme on le voit dans la figure, et essayons d'expliquer par quel mécanisme l'ouvrier brodeur parvient à ouvrir à la fois toutes les pinces de cette rangée lorsqu'elles doivent donner les aiguilles à celles du chariot opposé après les avoir plantées dans l'étoffe.

Il y a pour cela un axe méplat en fer U qui peut tourner sur lui-même et qui s'étend d'un bout à l'autre du chariot. Cet axe est porté par des espèces de fourchettes u qui se boulonnent à l'extrémité des branches Q, et il y est arrêté par une goupille; l'axe est rond dans les parties par lesquelles il repose dans les fourchettes, et celles-ci sont à une hauteur telle, que, quand sa portion plate est tournée en dessous, elle ne fait que toucher les queues de toutes les mâchoires supérieures des pinces, sans les presser, en sorte que celles-ci restent fermées: mais, quand on le tourne un peu sur lui-même, il appuie sur les queues de ces pinces, et les ouvre en forçant l'élasticité de leurs ressorts.

Il faut donc donner à l'ouvrier brodeur le moyen de faire tourner à propos l'axe U, soit pour ouvrir les pinces, soit pour les fermer, car elles se fermeront d'elles-mêmes par l'effet des ressorts aussitôt qu'on aura ramené la portion méplate en dessous.

Pour produire cet effet, M. Heilmann adapte aux deux extrémités de l'axe U, deux secteurs dentés x, x ; chacun de ces secteurs engrène sans cesse avec une règle verticale X qui peut glisser contre la branche Q, où elle est maintenue par des brides, et la règle X porte elle-même à sa partie inférieure une cheville horizontale x' , perpendiculaire à son plan; c'est au moyen de ces chevilles que l'on imprime le mouvement à la règle X, au secteur x , et par conséquent à l'axe U, pour ouvrir et fermer les pinces.

Mais, pour voir comment l'ouvrier brodeur fait cette opération avec ses pieds, reportons-nous au système des pédales P.

Nous avons déjà indiqué que l'arbre P'', qui est mis en mouvement par ces pédales, porte à son extrémité de droite une pièce destinée à faire jouer le levier no ; cette pièce est dentée dans les deux tiers de sa circonférence et fait l'office de pignon; par sa partie dentée elle engrène avec un secteur r monté à l'extrémité de l'arbre R, qui peut tourner sur lui-même et qui se trouve supporté par des coussinets fixés au milieu des traverses horizontales et inférieures du bâti. L'axe R porte en même temps deux branches Z, Z, mises en croix sur lui et terminées par des couples de fourchettes correspondant à chacun des chariots; elles sont destinées à recevoir les chevilles x' dans les fourchettes X, et il est très facile d'en comprendre le jeu. En effet, supposons que l'ouvrier brodeur rappelle le chariot de droite en tournant la manivelle N: alors le chariot revient, il engage les chevilles x' dans les fourchettes, il plante dans l'étoffe la moitié saillante des aiguilles qu'il porte, et ces moitiés pénètrent dans les pinces du chariot de gauche qui sont ouvertes pour les recevoir; il faut donc en ce moment fermer les pinces de gauche pour qu'elles prennent les aiguilles et ouvrir celles de droite pour qu'elles les donnent. C'est ce que l'ouvrier fait avec son pied, d'un seul et même coup: il presse sur la pédale qui est levée pour tirer la corde qui la porte: alors le mouvement de rotation qui en résulte dans la poulie correspondante se communique à l'arbre P'', au pignon p'' , au secteur r , à l'arbre R, et simultanément aux deux branches Z, Z, dont les extrémités se relèvent et emportent les chevilles x' dans leur mouvement ascensionnel; par conséquent les règles à crémaillère X remontent en glissant dans leurs coulisses, font tourner les secteurs x et l'arbre méplat U, qui exerce en tournant une pression sur la queue de toutes les mâchoires supérieures des pinces, qu'il ouvre toutes à l'instant; par le même mouvement des branches Z, Z, les fourchettes qui les terminent à gauche, descendent, entraînent les chevilles des règles à crémaillère X du chariot de gauche, font tourner les secteurs correspondants et l'arbre méplat sur lequel ils sont montés pour amener son côté plat sur les queues des mâchoires supérieures des pinces, et toutes les pinces de ce côté se ferment par l'effet de leurs ressorts. Voilà comment, du même coup, l'ouvrier ferme les pinces de gauche et ouvre celles de droite, qui resteront ouvertes jusqu'à l'instant où elles auront reçu les aiguilles après le retour du chariot de gauche. Le même mouvement de pédale qui a produit ce double effet a aussi changé la position du levier no et amené la roue O' sur la roue M'; au sorte que l'ouvrier n'a plus qu'à tourner la manivelle N pour donner le mouvement au chariot de gauche, qui tire les aiguilles et serre le point.

Les fils sont tendus à mesure que le chariot s'éloigne, mais, cette tension n'offrant aucune élasticité, il en pourrait résulter des inconvénients, que M. Heilmann a prévenus en adaptant aux chariots un mécanisme au moyen duquel tous les fils sont pressés en même temps par un poids qui se règle à volonté; c'est ce qui nous reste à expliquer.

On voit dans la figure, un peu au-dessous de la règle prismatique qui porte les pinces, un arbre Y qui va d'un bout à l'autre du chariot et qui même le dépasse un peu à chaque bout; cet arbre est porté par des pièces y qui sont fixées sur les branches Q et dans lesquelles il peut tourner; à son extrémité de gauche, il porte deux barrettes y' et z , et à son extrémité de droite une seule barrette y' , et un contre-poids y'' , que l'on ne voit pas dans la figure; les extrémités des deux barrettes y' sont jointes par un fil de fer un peu gros et très droit. Quand le chariot approche de l'étoffe et avant que le fil de fer ne puisse la toucher, la barrette z vient rencontrer une cheville w' , qui s'appuie contre elle et qui la relève de plus en plus; les barrettes y', y' et le fil de fer

BRONZE.

que le cuivre; il était employé chez les anciens pour faire des épées, des lances, etc., avant que la manière de travailler le fer fût généralement répandue. L'art de fondre des statues de bronze remonte à la plus haute antiquité, mais il n'a reçu un certain degré de perfection qu'environ 700 ans avant J.-C. Ce fut à Theodoros et à Ræcus, de Samos, que l'on dut ce premier progrès; c'est à eux que Plinè attribue l'invention de l'art de modeler. Les anciens avaient bien remarqué, qu'en alliant le cuivre avec l'étain, on obtenait un métal plus fusible, que la fonte devenait par cela même plus facile, et que les statues étaient plus dures et plus durables; néanmoins celles-ci se trouvaient fréquemment de cuivre presque pur, parce qu'ils ne possédaient aucun moyen de déterminer les proportions de leurs alliages, et que, par leur manière de conduire la feu, le cuivre s'affinait pendant la fusion, ainsi que cela arrive encore quelquefois de nos jours à des fondeurs sans expérience. Ce fut pendant le règne d'Alexandre que les fonderies de bronze acquirent leur plus grand développement. A cette époque le célèbre Lysippe parvint, par de nouveaux procédés de moulage et de fusion, à des résultats remarquables que nous a transmis l'histoire. Bientôt après on coula d'énormes colosses en bronze, aussi élevés que des tours, et dont l'île de Rhodes seule ne possédait pas moins d'une centaine. Le consul romain Mution trouve 3,000 statues de bronze à Athènes, 3,000 à Rhodes, autant à Olympie et à Delphes, quoique dans cette dernière ville on en eût déjà enlevé un grand nombre.

Pour de pareilles statues, l'alliage doit être assez fusible pour couler promptement dans toutes les parties du moule, quelque délicates qu'elles soient; il doit être dur, afin de pouvoir résister aux chocs que les statues peuvent recevoir par accident; il doit être à l'épreuve de l'influence des saisons et de nature à pouvoir acquérir à l'extérieur, avec le temps, cette teinte verdâtre ou patine, qu'on admire tant dans les bronzes antiques. La composition chimique de l'alliage qui fait le bronze est donc un objet de la première importance.

Les frères Keller, fondeurs célèbres du temps de Louis XV, dont les chefs-d'œuvre sont si connus, dirigeaient toute leur attention sur ce point, auquel on attache si peu d'importance aujourd'hui. La statue de Desaix, sur la place Dauphine, et la colonne de la place Vendôme sont des exemples de tout ce qu'on peut faire de plus mauvais dans ce genre de travaux, par la combinaison des alliages dont ils sont formés. En analysant séparément des échantillons pris dans les bas-reliefs du piédestal de cette colonne, dans le fût, et au chapiteau, on a trouvé que le premier ne contenait que 6 parties p. 400 d'alliage de cuivre, le second encore moins, et le troisième seulement 0,24 p. 400; ce qui démontre clairement que le fondeur n'a pas su prévenir l'oxydation de l'étain et son passage progressif dans les scories, pendant la fusion du bronze, et qu'à mesure que la quantité d'étain diminuait dans ce dernier, ce qui le rendait moins fusible et moins propre au moulage, il l'employait pour les parties supérieures de la colonne, où, vu l'élevation, les défauts de fonte devenaient moins sensibles.

Les canons que le gouvernement avait fournis pour la fonte du monument contenaient :

Cuivre.	89,360
Étain.	40,040
Plomb.	0,402
Argent, zinc, fer et perte.	0,498
	<hr/>
	400,000

Le moulage de la plupart des bas-reliefs a été si mal exécuté, que les ciseleurs, employés pour en réparer les fautes, n'enlevèrent pas moins de 70,000 kilogr. de

BRONZE.

bronze qui leur furent abandonnés, outre une somme de 300,000 fr. qu'ils reçurent pour leur travail.

Les statues qui ont été coulées par les frères Keller, à Versailles, ont donné à l'analyse :

	N° 1.	N° 2.	N° 3.	Moyenne.
Cuivre.	94,30	94,68	94,22	94,40
Étain.	4,00	2,32	4,78	4,70
Zinc.	6,09	4,93	5,57	5,53
Plomb.	4,64	4,07	4,43	4,37
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	400,00	400,00	400,00	400,00

L'analyse du bronze de la statue de Louis XV, dont la densité était de 8,482, a donné pour sa composition :

Cuivre.	82,45
Zinc.	40,30
Étain.	4,40
Plomb.	3,45
	<hr/>
	400,00

L'alliage le plus convenable pour les médailles de bronze qu'on doit frapper ensuite, se compose de 8 à 12 parties d'étain, et de 92 à 88 parties de cuivre, ou en moyenne de 4 d'étain pour 9 de cuivre. Si on y ajoute 2 ou 3 p. 400 de zinc, l'alliage prend alors une patine plus belle. L'alliage des frères Keller est célèbre à cet égard. La médaille doit être frappée au balancier à trois ou quatre reprises, en l'adouissant chaque fois, en la chauffant au rouge, puis en la trempant dans l'eau froide.

Le bronze ou métal des cloches est composé, sur 400 parties, de 78 de cuivre et de 22 d'étain. Il présente un beau grain compacte, est très fusible et très sonore. Les autres métaux qu'on y ajoute quelquefois sont plutôt préjudiciables qu'avantageux, et ne servent qu'à augmenter les profits des fondeurs. Il y a des cloches anglaises qui contiennent 80 de cuivre, 40,4 d'étain, 5,6 de zinc, et 4,3 de plomb; ce dernier métal, surtout, lorsqu'il est en aussi grande quantité, se sépare souvent en parties presque pures, qui détruisent l'uniformité de l'alliage.

Les tam-tams, ou cymbales de bronze, inventés par les Chinois, sont forgés au marteau, très minces, et s'appellent aussi *gongs-gongs*, du mot chinois *tshoung*, qui signifie cloche. Klaproth a démontré qu'ils ne sont composés que de cuivre et d'étain, dans les proportions de 78 de cuivre et de 22 d'étain. Leur densité est de 8,845. Lorsque cet alliage vient d'être coulé, il est aussi fragile que du verre, mais en le plongeant à la chaleur rouge-cerise dans de l'eau froide; et en le mettant entre deux disques de fer pour empêcher qu'il ne se déforme, il devient ductile et malléable. Au moyen de ce procédé découvert par feu M. d'Arcet, on peut rendre ductiles tous les objets en bronze, ce qui est très important, par exemple, pour les mortiers en bronze qui présentent des avantages sous le rapport de la dureté, mais qui avaient l'inconvénient assez grave d'être cassants sur leurs bords; comme cette partie est plus mince, plus sujette à casser, et qu'il est d'ailleurs inutile qu'elle présente la même dureté que le fond, on remédie à tous les inconvénients, en trempant dans l'eau cette partie seulement.

Les armes offensives de bronze (airain) des anciens variaient dans leur composition; les épées étaient formées de 87,5 de cuivre, et de 12,5 d'étain; les ressorts des balistes, de 97 de cuivre, et de 3 d'étain.

Le métal des canons se compose d'environ 90 à 94 de cuivre, et de 40 ou de 9 parties d'étain. D'après les expériences de Papacino-d'Antony, faites à Turin en 1770, il paraît que l'alliage le plus convenable pour les gros canons est de 42 à 44 parties d'étain sur 400 de cuivre; mais le comte Lamartinière a conclu de ses expériences, faites à Douai en 1786, qu'on ne doit jamais

BRONZE.

employer moins de 8, ni plus de 44 parties d'étain sur 100 parties de bronze.

Bronze pour la dorure. Cette qualité de bronze doit se fondre facilement, devenir très fluide, prendre parfaitement la forme du moule, et posséder en outre un certain degré de compacité, qui diminue la quantité d'or nécessaire pour obtenir la teinte voulue. L'alliage de cuivre et de zinc seulement a une consistance trop pâteuse. Il est susceptible d'absorber trop d'amalgame et sujet à se crevasser en se refroidissant; enfin il est ou trop dur ou trop tendre pour le ciseleur ou le tourneur. Si l'on augmente la quantité de zinc pour rendre le métal plus dur, il perd cette couleur jaune qui convient au doreur. Une composition quaternaire de cuivre, de zinc, d'étain et de plomb, est préférable pour ces sortes d'ornements en bronze, et les proportions suivantes sont probablement les plus convenables, car elles réunissent la texture serrée du grain aux autres qualités requises : cuivre, 82 ; zinc, 18 ; étain, 3 ou 4 ; plomb, 1, 5 ou 3. Dans l'alliage qui contient plus de plomb, la ténacité se trouve diminuée et la densité augmentée, ce qui est préférable pour des pièces de petites dimensions. Un autre alliage qu'on dit n'exiger, pour être doré, que les deux tiers de la quantité ordinaire d'or, se compose ainsi qu'il suit : cuivre, 82,257 ; zinc, 47,484 ; étain, 0,238 ; plomb, 0,024.

On donne la couleur du bronze antique aux figures et autres objets faits de ces alliages, par les procédés suivants : on fait dissoudre 4 parties de sel ammoniac et 1 p. de bioxalate de potasse dans 448 p. de vinaigre incolore, on trempe un pinceau dans cette dissolution, et, après l'avoir légèrement exprimé entre les doigts, on le passe également sur la surface bien découpée de l'objet, qu'on a le soin de chauffer légèrement, soit au soleil, soit dans un fourneau. L'on répète l'opération jusqu'à ce qu'on ait obtenu la nuance désirée.

Un procédé quelque peu différent du précédent, consiste à dissoudre 1 partie de sel ammoniac, 3 p. de crème de tartre et 6 p. de sel marin, dans 42 p. d'eau bouillante, à laquelle on ajoute ensuite 8 p. d'une dissolution de nitrate de cuivre ayant une densité de 1,460, puis passant à plusieurs reprises le mélange sur la pièce à bronzer, en laissant reposer entre chaque fois quelque temps dans un endroit humide. On ne tarde pas à obtenir ainsi un enduit vert et durable, dont la beauté augmente encore avec le temps. Plus on met de sel marin dans le mélange, plus la teinte verte obtenue tire sur le jaune; moins on en met, plus elle tire sur le bleu. Plus on ajoute de sel ammoniac, plus l'opération marche vite; mais ce procédé n'est pas à recommander, parce que plus la patine est longue à se produire, plus elle est belle et solide.

Le fondeur en bronze doit faire fondre ses métaux rapidement, afin de prévenir les pertes d'étain, de zinc et de plomb qui résultent de leur oxydation. On emploie ordinairement pour la fonte, des fourneaux à réverbère à sole elliptique. Les fondeurs de cloches font usage de fourneaux circulaires sans cheminées, dont la voûte est simplement percée d'ouvertures qui donnent issue à la fumée et déterminent un tirage suffisant, parce que leur alliage, étant plus fusible, n'exige pas une chaleur aussi intense. Toutefois, ils trouveraient aussi leur avantage à employer le mode de fusion le plus rapide. La surface des métaux fondus doit être recouverte avec du menu de houille ou de coke, et lorsqu'on ajoute le zinc, on doit le pousser adroitement au fond du cuivre fondu. On ne doit verser dans les moules qu'après avoir brassé la masse fondue, de manière à en bien mélanger les divers éléments. En général, on doit ajouter en dernier les métaux qui s'altèrent le plus facilement au feu, comme l'étain. Le refroidissement doit être aussi prompt que possible dans les moules, afin d'empêcher que les métaux ne se séparent entre eux dans l'ordre de

BROSSES.

leur densité, ce qui est un inconvénient dont ils sont très susceptibles. On a reconnu qu'il était avantageux d'ajouter au bronze une petite quantité de fer sous la forme d'une feuille de fer-blanc, pour augmenter sa dureté et sa ténacité.

Une partie d'étain et deux parties de cuivre (à peu près un atome d'étain et quatre de cuivre), constituent le métal ordinaire des miroirs des télescopes à réflexion, lequel est, de tous les alliages de cuivre et d'étain, le plus blanc, le plus brillant, le plus dur et le plus cassant. Celui formé de 4 parties d'étain et de 40 de cuivre (ou à peu près 4 atome du premier et 48 atomes du second), est le plus tenace de toute la série de ces alliages.

Lorsque les ornements en bronze destinés à la dorure ont été coulés, on les met ordinairement sur des charbons incandescents jusqu'à ce qu'ils aient acquis la température du rouge obscur, et on les expose alors pendant quelque temps à l'air. Leur surface se trouve délivrée par ce moyen de toute matière grasse; une certaine portion de zinc s'en sépare, et l'alliage prend alors une couleur de cuivre plus prononcée, ce qui le rend apte à recevoir la dorure. La teinte noire que le feu communique quelquefois aux pièces s'enlève au moyen d'un lavage fait avec un acide affaibli. On peut très bien les décaper au moyen de l'acide nitrique à la densité de 1,324, auquel on ajoute une petite quantité de sel commun et de suie; toutefois, cette dernière substance est d'une utilité douteuse. Après cela on doit bien laver à l'eau pure, et sécher avec de la sciure de bois ou un linge propre.

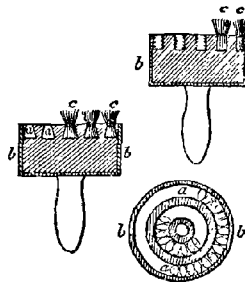
BROSSES (*angl.* brushes, *all.* büirsten). Les brosses à peinture se font en serrant fortement, avec un fil de fer ou une cordelette, des bottes de crin au bout d'un manche en bois. On coupe ensuite de niveau les crins aux deux bouts, et l'on enduit à chaud d'un mélange de cire et de résine le haut de la botte.

Les brosses ordinaires se font avec des soies de sanglier et de porc. La *patte* est un morceau de bois plus ou moins épais, percé de part en part au foret, de trous ronds, égaux, disposés en quinconce et convenablement espacés. On passe dans un de ces trous une ficelle doublée en boucle dans laquelle on engage, par son milieu, un faisceau de poils d'à peu près la même longueur, et l'on tire la ficelle pour forcer le faisceau à se doubler en entrant dans le trou et à se plier en ses deux moitiés. On passe ensuite la même ficelle en boucle dans le trou suivant, pour saisir un autre faisceau de poils, et ainsi de suite; la ficelle reste ainsi engagée dans tous les plis des faisceaux. On coule par dessus la patte de la colle forte chaude et liquide, ou quelquefois du goudron, afin de maintenir le tout solidement. Enfin, l'on coupe avec des ciseaux appelés *forces*, tous les bouts des poils pour les niveler parallèlement à la patte. Celle-ci est ordinairement en hêtre, en noyer ou en tout autre bois dur, et pour les brosses à habits, recouverte d'une feuille de placage.

309.

Quand on fait la patte en os ou en ivoire, on remplace la ficelle par un fil de laiton. C'est ainsi que sont construites les brosses à dents et à mains, les brosses de blaireau pour la barbe, etc.

M. Mason a pris en 1830, en Angleterre, un brevet pour un nouveau procédé pour faire les faisceaux de poils sur la patte, qui consiste à pratiquer dans celle-ci,



308.

310.

BROYER.

au lieu de trous isolés, des rainures *a, a*, en queue d'aronde (fig. 308 et 310), dans lesquelles on juxta-pose les faisceaux de poils *c, c*, préalablement plongés par le bout dans de la colle de menuisier, ou de la poix, qu'on presse à mesure avec les doigts ou de toute autre manière, pour leur faire prendre une forme ovale (fig. 310), de telle sorte qu'ils s'élargissent par le bas et remplissent la rainure où ils se trouvent (fig. 308), et s'y trouvent solidement fixés. Il emploie également des rainures cylindriques (fig. 309), dentelées, de manière à retenir avec force les faisceaux de poils.

BROU DE NOIX (*angl.* walnut husks ou peels). Est très employé en France, par les teinturiers, pour donner plus de fixité à certaines couleurs sombres.

BROYER (art de). C'est en général l'art de réduire un corps solide en particules plus menues de quelque manière et avec quelque instrument que ce soit.

L'art de broyer constitue, dans son ensemble, dans ses moyens de travail, et dans la diversité des matières employées, une industrie à part et bien distincte, qui exige de la part de celui qui l'exploite, de justes notions sur les propriétés et les qualités des diverses matières soumises au broiement, sur les conditions du meilleur choix des instruments de travail, et sur la meilleure manière d'agir sur les corps, suivant le but qu'on se propose.

Quoi qu'il en soit, il est bon nombre de principes généraux sur lesquels les constructeurs et les fabricants les plus éclairés ne sont point d'accord entre eux, principalement sur les avantages et les inconvénients des machines cylindriques, employées dans la fabrication du chocolat, des encres pour l'imprimerie et pour la peinture (voyez CHOCOLAT, ENCRE, COULEURS) : beaucoup de constructeurs ne tiennent pas assez de compte de la nature et de la qualité des produits eu égard à l'emploi qu'on doit en faire.

En un mot, ingénieurs, constructeurs et fabricants

BROYER.

flottent incertains entre les systèmes et les doctrines de broiement les plus différents, et les plus opposés ; de là cette foule de machines plus ou moins ingénieuses qui prennent des noms analogues à l'objet qu'on se propose : machines à moudre les plantes alimentaires, à décortiquer, concasser, pulvériser et couper les graines sèches et grasses, à battre les grains, à piler, à écraser les corps durs et résistants, et à broyer les écorces à tan, le plâtre, les épices, les couleurs, les émaux, etc.

Nous croyons donc faire une chose bonne et utile d'indiquer ici, sinon les propriétés physico-chimiques des matières dont l'étude appartient exclusivement à la science, au moins les principes généraux qui peuvent éclairer la pratique par de justes notions sur la condition du meilleur mode de broiement, suivant le but qu'on se propose, eu égard à la nature de la matière employée.

Nous comprenons sous le titre de *principes généraux*, savoir :

1° Les caractères généraux des matières à l'état inerte et solide.

2° La ténacité des matières brutes, c'est-à-dire la résistance que ces matières opposent à être brisées ou broyées d'une manière quelconque.

3° Le choc ou la force mécanique nécessaire pour briser, écraser, piler, concasser et pulvériser les matières.

4° Les précautions à prendre et les défauts à éviter dans le broiement de certains corps, eu égard à l'économie publique et à l'hygiène.

I. — *Caractères généraux des corps*. Les corps susceptibles d'être broyés et réduits en poussière fine sont ceux qui sont solides à la température ordinaire, et qui présentent au toucher une résistance très sensible. Ces corps sont des produits naturels ou des produits d'opérations artificielles, mécaniques ou chimiques : de là plusieurs catégories de matières que nous classerons sous la forme de tableaux des matières susceptibles d'être broyées et pulvérisées d'une manière quelconque.

1 ^{re} catégorie. Substances minérales dures et très résistantes.	} Métaux et leurs composés métalliques, émail, etc.
2 ^e catégorie. Substances dures et peu résistantes.	
	} Dures et très résistantes. {
	} Moins résistantes. {
	} Filandreuses. {
3 ^e catégorie. Substances végétales servant à la pharmacie, aux arts et à l'industrie.	} Molles ou élastiques. {
	} Oléagineuses. {
	} Résineuses. {
4 ^e catégorie. Substances végétales alimentaires.	} Céréales, fruits et légumes secs, riz, noix, amandes, etc.
	{ Yeux d'écrevisses, écailles d'huitres, ivoire, écaille, etc.
5 ^e catégorie. Substances animales.	} Élastiques. {
	} Peu résistantes. {
6 ^e catégorie. Substances ou produits chimiques.	} Fleurs de soufre, précipités terreux, et divers produits de la sublimation.
7 ^e catégorie. Substances que le fer et certains alliages métalliques altèrent.	
8 ^e catégorie. Substances vénéneuses ou nuisibles à la santé.	} Arsenic, couleurs extraites du plomb, vermillon, vert-de-gris, etc.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer nous paraissent suffisants pour notre objet, nous renvoyons, pour la connaissance complète des matières, aux divers articles de ce dictionnaire, et aux ouvrages de physique, minéralogie, de chimie et de pharmacie.

II. — *De la ténacité et de la résistance du corps au choc ou broiement.* En théorie, la ténacité du corps dépend simplement de l'arrangement et du degré d'adhérence des molécules qui le constituent, ce qui revient à dire que les corps qui sont susceptibles d'être broyés le plus facilement, sont ceux dont les molécules sont tellement disposées qu'elles peuvent être brisées ou séparées par une moindre force. Or, cette définition, suivant le témoignage des physiiciens, est précisément celle qui s'applique aux corps les plus élastiques. Donc, théoriquement parlant, ce sont les corps les plus élastiques qui se brisent et se rompent le plus facilement par l'effet d'un choc. Ainsi, le verre qui est très élastique se brise avec une plus grande facilité que les matières pierreuses, comme le marbre, la porcelaine, qui le sont beaucoup moins. Les corps peu élastiques, comme la craie, les grès tendres, les gypses, l'albâtre, le plâtre, etc., dont les molécules constituantes peuvent être facilement ébranlées et désunies, sont plutôt *écrasés*, *aplatis* par l'effort que *brisés*. Cependant il faut, dans la pratique, faire attention à une multitude de circonstances qui modifient les résultats.

Ces circonstances sont au nombre de cinq, savoir :

1° *La masse du corps à broyer* ; car, plus elle est considérable, plus la résistance du corps est grande.

2° *La manière dont le corps est appuyé et retenu* ; en effet le corps se brise d'autant plus facilement que son adhérence avec le point d'appui est plus grande.

3° *La forme du corps* ; un corps rond est plus résistant que s'il avait la forme rectangulaire qu'on pourrait lui donner en le coupant et en l'aplatissant, et sa résistance augmente avec sa grosseur ou son épaisseur.

4° *L'influence de l'arrangement des particules du corps* ; un corps composé de molécules lamellaires, parallèles, et appliquées les unes sur les autres, offre moins de résistance, que lorsqu'il est composé de petites lames entremêlées de fibres droites ou courbes, divergentes ou entrelacées.

Les corps très peu cellulux, très filandreux, présentent aussi une plus grande résistance ; mais en général le corps, dont la structure présente des *aggrégations granulaires*, est peu résistant, et sa résistance diminue encore suivant la grosseur, l'inégalité de ses molécules et leur degré d'écartement.

5° *Influence de la température.* La température en augmentant l'élasticité du corps, augmente sa ductilité et sa résistance au broiement. Le verre, la cire à cacheter, les résines sont des exemples que nous avons sans cesse sous les yeux. Il y a aussi des corps qui, au contraire, deviennent plus faciles à briser, lorsqu'on élève leur température à un certain point ; tels sont certains alliages métalliques.

Les argiles et les terres à poteries, les pierres dures, comme le silex, le tripoli, le quartz, sont aussi plus faciles à briser et à pulvériser, lorsqu'ils ont été chauffés au rouge, et refroidis brusquement dans l'eau froide, le vinaigre, etc. Cette trempe a pour résultat d'*étonner* les corps pierreux, c'est-à-dire de diminuer l'adhérence de leurs molécules.

Nous ne parlons pas des corps qui sont susceptibles de se décomposer en partie par la chaleur, qui s'enflent ou se carbonisent et qui deviennent dès lors plus ou moins friables.

L'humidité produit aussi sur certains corps le même effet que la chaleur sur d'autres : aussi la terre glaise, la gomme arabique et la chaux vive, humectées d'eau, sont plus tenaces et plus résistantes. On utilise même cette propriété pour obtenir des poudres très fines de di-

verses matières dures, et voici comment : on broie la matière plus ou moins ténue, sous une molette ou sous une meule tournant circulairement avec de l'eau gommée, ou de la dextrine humectée d'eau. L'eau gommée a pour double effet de diviser les molécules et de les retenir pendant longtemps sous l'instrument de broyage, de sorte qu'on peut pousser l'écrasement jusqu'à la dernière limite.

III. — *Du choc et de la force mécanique nécessaire pour briser, écraser, piler, concasser et pulvériser les corps.* Nous ne détaillerons pas ici les principes du choc, étude qui appartient à la mécanique et à la physique ; nous étudierons seulement les effets utiles et pratiques, que fournissent à l'industrie du broyeur les machines généralement connues aujourd'hui.

Nous citerons en première ligne, suivant l'ordre chronologique de l'invention, le marteau proprement dit qui servit sans doute aux premiers hommes pour briser les pierres, *écraser les grains*, et qui sert encore aujourd'hui pour *battre les métaux*, l'or, l'argent, le platine, le cuivre, etc. (voyez *BATTEUR D'OR*), et les étendre en feuilles très minces, afin de les réduire ensuite plus facilement en poudre fine par le frottement d'une meule et d'une molette, en fonte dure ou en acier. Le marteau, ou toute autre force contondante, qui agit perpendiculairement à la plus grande dimension du corps, doit être convexe ; le coup aplattit les molécules sans les écraser et sans les volatiliser.

Le pilon, employé seul, agit comme le marteau sur les corps durs placés dans un mortier, mais par l'action d'un courant d'air à une température constante, dirigé dans le foyer de pulvérisation, on parvient à diviser et à classer en poudres de tous degrés de finesse, d'après le transport produit par la volatilisation, les matières les plus dures et les plus résistantes.

On *écrase et brise* aussi les corps peu résistants, placés sur un plan horizontal, par l'action d'un cylindre plus ou moins lourd qui roule sur eux, en leur présentant successivement les différents points de sa surface : mais cette action, qui est beaucoup moins considérable que celle produite par le pilon ou par le marteau, n'est employée utilement et économiquement que pour *comprimer et aplatir* certaines matières sans les déchirer. On emploie cependant ce moyen depuis un temps immémorial pour broyer le chocolat, sur une pierre horizontale ou concave, au moyen d'un rouleau auquel on imprime un mouvement de *va et vient* horizontal parallèle à la pierre. Quant à l'application nouvelle de la mécanique à de pareilles machines à chocolat, elle n'a pas eu encore pour effet d'obtenir l'entière perfection de l'opération, mais l'économie des forces et de la main d'œuvre. Il y a encore des machines à chocolat composées (voyez *CHOCOLAT, HUILE*), ainsi que celles antérieurement employées à Barcelone, de quatre ou six cônes, en fer ou en granit, liés par leurs sommets, et conduits circulairement par un agent mécanique sur un plan horizontal. Ces cônes font l'office de rouleaux, mais, comme l'explique un savant technologue : le développement de leurs surfaces étant différent de celui du plan sur lequel ils roulent, l'action propre des rouleaux n'a lieu, dans sa pureté, que suivant une zone très étroite, située généralement vers le milieu de leur longueur, tandis que cette action se combine aux deux extrémités avec celle de porphyrisation.

Le système de deux ou trois cylindres en fer ou en granit, agissant comme laminiers, ne fait que comprimer inégalement la matière sans la déchirer ; mais ce système augmente la cohésion, c'est-à-dire la force avec laquelle les particules des corps adhèrent entre elles, de manière à opposer plus ou moins de résistance à leur séparation. C'est ainsi que les fondeurs préparent leurs sables à mouler, afin de les aplatir et de les rendre plus adhérents.

On moud certaines plaates alimentaires entre deux meules d'un petit diamètre, dont l'une est immobile, et dont l'autre fait sa rotation autour d'un pignon placé au centre et construit en forme d'entonnoir; on place la matière dans l'entonnoir pour alimenter la machine sans le secours de l'homme. Un récipient permanent adapté au bas de la meule fixe reçoit le grain pulvérisé, qui s'échappe plus ou moins fin par suite du mouvement et de la force centrifuge. C'est à proprement parler le moulin à moudre le blé, construit *comme* dans son origine et avec tous ses inconvénients; mais plusieurs fabricants habiles, par des additions ingénieuses, ont rendu ce moulin apte à moudre du verre de bouteille, de la porcelaine, des oxydes métalliques, de la graine de colza, du cacao, etc., avec toute la perfection désirable. Tel est le moulin inventé par M. Pelletier (voir Bulletin de la Société d'Encouragement, année 1839, pages 144, 203, 259).

« Ce moulin, dit l'inventeur, se compose de deux meules de 52 centimètres de diamètre. La meule supérieure est armée extérieurement de fonte pour augmenter son poids, et porte sur sa surface broyante un disque en acier ou en fonte d'environ 27 centimètres de diamètre, rayonné dans le sens des tangentes au petit cercle de l'œil de la meule, de manière à faciliter l'expulsion à la circonférence des parties broyées. La meule gisante porte un disque semblable; mais les tangentes y sont en sens inverse de celles du disque supérieur, de manière à favoriser le broiement.

« Ces disques reposent sur des disques en bois, parallèles à la surface inférieure de la meule courante, logés dans l'épaisseur de cette meule et fixés par trois boulons à écrous. Entre le disque en bois et celui en acier, on place un disque en papier d'égale épaisseur, de manière qu'en desserrant les trois boulons à vis en bois à tête fraisée, qui fixent le disque en acier au disque en bois, on peut en quelques minutes enfoncer le disque, au fur et à mesure que la surface des meules, qui n'est pas recouverte, et qui reste unie et sans taille, s'use par le broiement.

« Par ce moyen, on peut remplacer assez promptement les disques hors de service, dont le prix est modique quand ils sont fouds :

Les avantages généraux de ce système sont :

1° D'agir par le seul poids des meules, comme les moulins ordinaires, en réunissant l'avantage des moulins en fonte à pression, qui depuis quelques années avaient été proposés;

2° D'avoir le même avantage qu'eux pour la précision, la dureté, et, par conséquent, la durée de la taille;

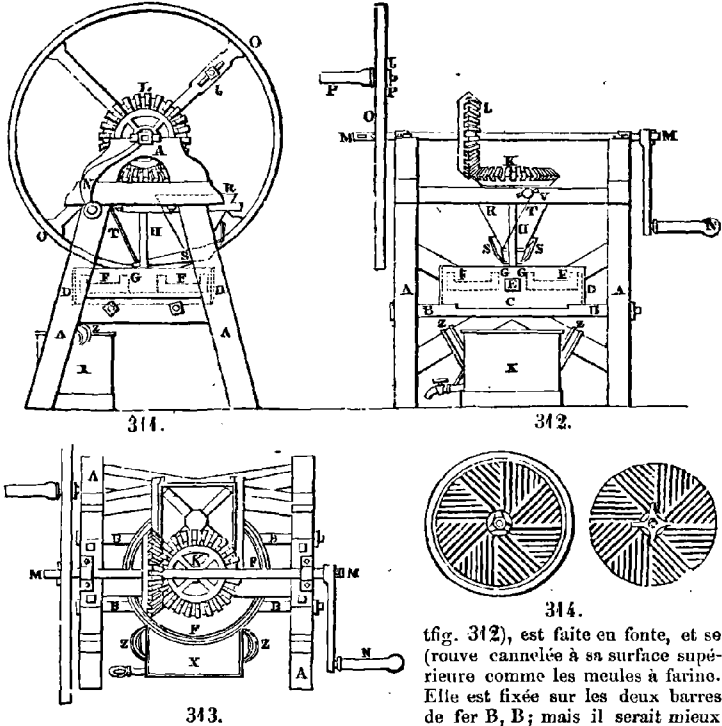
3° Enfin de pouvoir, en quelques minutes, remplacer ces disques avec facilité, comme de pouvoir les enfoncer dans les meules au fur et à mesure que la surface de ces meules, non recouverte de disques, s'use par l'effet du broiement. »

Les meilleures machines actuellement en usage en Angleterre pour broyer les couleurs sèches, sont principalement de deux espèces; ce sont des molettes agissant par le frottement circulaire et alternatif, ou des meules opérant par le mouvement circulaire et continu. Nous pouvons même citer plusieurs établissements où se trouvent réunies plusieurs machines différentes, des meules, des cylindres broyeurs, des blutoirs, etc., qui marchent par la transmission des mouvements incessants partant d'un centre d'action unique, de l'impulsion que donne une machine à vapeur, à laquelle la volonté d'un seul homme imprime en un instant une force motrice accélérée ou une modulation de vitesse, suivant que les besoins l'exigent.

Nous donnons ici le dessin et la description d'un moulin à broyer les couleurs ou autres matières sèches, analogue à celui décrit ci-dessus, qui, par l'effet de la plus ou moins grande quantité d'humidité de l'air, ou de la chaleur produite par le frottement ne sont pas susceptibles de s'agglomérer et d'empâter les meules.

Les fig. 311, 312, 313 et 314, montrent cette machine vue sous plusieurs faces.

Le bâti AA du moulin est fait en bois ou en fonte, et est fortifié par les deux barres de fer R, B, qui le traversent. La meule inférieure C, qui sert de base



(fig. 312), est faite en fonte, et se rouve cannelée à sa surface supérieure comme les meules à farine. Elle est fixée sur les deux barres de fer B, B; mais il serait mieux

de la soutenir par trois vis qui peuvent y être ajustées, en passant en haut à travers les barres de support. La meule est entourée d'un grand cercle de fer D, pour empêcher la couleur de consistance pâteuse de déborder par dessus le bord. Elle ne peut s'échapper que par l'ouverture de l'écluse E (fig. 312), formée dans la circonférence, elle est ensuite reçue dans le tube X placé en dessous.

La meule supérieure F, est aussi en fonte. Les lignes ponctuées en indiquent la forme. Il y a une ouverture au centre avec des bords G, G; il y a aussi un bord sur sa circonférence extérieure, ce bord est assez haut

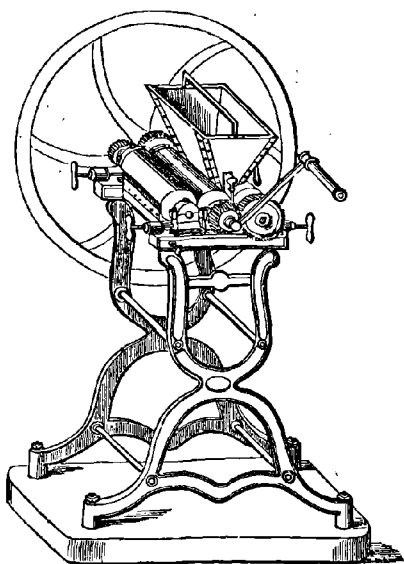
pour arrêter la couleur qui pourrait quelquefois s'accumuler sur la surface. Un axe de fer N passe dans la pierre à tourner, et la fait aller. Une roue d'angle horizontale K, (fig. 342 et 343), pourvue de 27 dents en bois, est attachée à l'extrémité supérieure de la flèche perpendiculaire H. Une autre roue d'angle L, pourvue, comme la première, de 27 dents en bois, est placée verticalement sur l'axe horizontal en fer M, M, et entre dans la roue K. L'axe horizontal M, M, supporte à une de ses extrémités une manivelle N, par laquelle l'ouvrier peut faire tourner la meule P, et à l'autre extrémité du même axe est attaché un volant O, qui sert à régulariser les mouvements de la machine. Sur un des rais du volant, il y a, de la même manière, une manivelle P, dont on peut se servir au besoin pour faire tourner le moulin. Cette manivelle peut s'attacher à la distance convenable du centre, au moyen de la vis J.

La couleur à broyer est mise dans la trémie R, à laquelle se trouve suspendu le seau S, mais toujours à une hauteur convenable pour faire passer la couleur très régulièrement à travers l'orifice G dans la meule F. Une corde ou une chaîne T, au moyen de laquelle le seau se trouve suspendu à une hauteur convenable pour verser la quantité de couleur nécessaire entre les pierres, tire le seau dans une direction oblique, et fait appuyer le bec contre la flèche droite H. Par ce moyen le seau est entretenu dans une agitation continuelle, de manière à décharger plus ou moins de couleur selon qu'il est penché plus ou moins considérablement. Le vase de cuivre X, reçoit la couleur à mesure qu'elle est broyée; une fois rempli, il peut se transporter par les deux manivelles Z, Z; ou être vidé par le robinet Y sans éloigner le tube.

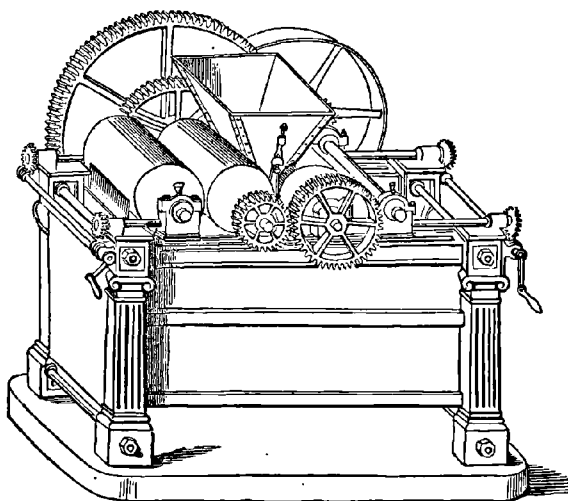
Une observation importante à faire, c'est que toute machine cylindrique, agissant par le frottement continu et périodique, produit toujours une matière composée de lames parallèles susceptibles de contracter entre elles une adhérence plus ou moins forte, suivant qu'elles sont plus minces, plus égales et plus homogènes, après avoir été triturées plus longtemps. Or, on sait que les corps les plus résistants sont les plus difficiles à briser et à diviser; c'est là le défaut à éviter dans les chocolats, les couleurs préparées pour la peinture, les encre d'imprimerie qui ne doivent manifester qu'une faible résistance, qui permette toujours d'isoler et de séparer facilement leurs molécules.

Les cylindres ou laminaires en granit et en fonte sont utiles, pour mélanger avec facilité et économie de travail surtout, l'eau ou l'huile avec les couleurs déjà broyées, séchées et tamisées en poudre fine. Pourtant, il faut employer préférablement les cylindres en granit, en porphyre ou en pierre lithographique très durs; et, en effet, le blanc de céruse, broyé avec un cylindre en fer, jaunit au bout d'un certain temps. Le bleu de Prusse, trituré par le même moyen, verdit, les ocres piquent la fonte et mettent les cylindres hors de service; le chocolat contracte une odeur ferrugineuse; la vanille perd son parfum, quand le broyage est trop prolongé.

Dans les anciennes machines cylindriques, les paliers supportant les cylindres étaient fixés par des boulons contre une plate-bande du bâti; ces paliers s'éloignaient et se rapprochaient par une vis à double filet et à écrou, qu'il fallait tourner à l'aide d'une clef (fig. 345); ces machines exigeaient beaucoup de temps pour être réglées, même imparfaitement. Pour obvier à cet in-



345.



346.

convénient, M. Hermann a rendu dans les machines à trois cylindres (fig. 346) le palier du milieu fixe, les deux autres glissent dans des coulisses et se rapprochent ou s'éloignent simultanément par des vis commandées par une vis sans fin, de manière que tout en tournant la manivelle de la main droite, on peut régler en même temps l'écartement des cylindres de la main gauche.

Mais, nous le répétons, les laminaires ne sont réellement utiles et efficaces que pour mélanger les couleurs avec de l'eau ou de l'huile. Il faut ensuite les broyer à la molette ou à la meule, agissant par le frottement circulaire et alternatif, afin d'opérer tout à la fois le mé-

lange intime, de la matière colorante avec le liquide, et de la diviser en particules extrêmement fines, plus arrondies et par conséquent moins adhérentes entre elles. Voyez COULEURS, ENCRE D'IMPRIMERIE.

Il est encore possible de réduire en poudre ou de broyer différentes substances peu résistantes par le moyen d'une ou de plusieurs boules qui roulent sur des surfaces cylindriques ou sphériques.

Cette invention date, du reste, d'une époque fort reculée, sa simplicité et l'efficacité de son action portent à le supposer : ainsi on a longtemps fait tourner les boules dans une bassine ou tout autre vaisseau de cuivre, en imprimant à ce dernier un mouvement de bascule, tel que cela se pratique encore aujourd'hui dans les petits ateliers de teinture. Ce système a l'avantage de produire un mouvement circulaire continu qui est toujours préférable au mouvement alternatif lorsqu'on veut broyer vite et à bon marché, et possède la propriété de rassembler par la loi de la pesanteur et par la disposition des pièces, toute la matière à broyer sur les points de contact des boules et du réservoir. Cette machine doit parfaitement convenir pour broyer de la houille et du charbon de bois.

Elle ne serait pas d'une application générale dans les fabriques d'indiennes, parce qu'elle ne pourrait servir pour les substances sèches qui ont la propriété de se tasser, telles que les gommes, et différents sels etc., dont la plus grande partie resterait collée aux parois intérieures du vaisseau, sans venir se présenter au point où se fait l'action de la boule.

Pour broyer les substances qu'on mêle avec l'eau, telles que l'indigo ou le bleu de Prusse, il faudrait disposer la porte de manière à pouvoir être bien fermée et à ne pas laisser échapper le liquide. Par ce changement très facile à exécuter, cette machine deviendrait très propre à broyer les couleurs bleues mentionnées ci-dessus ; aussi plusieurs fabriques d'indiennes se sont-elles déjà servies d'appareils analogues.

Description de la machine à concasser les substances dures et sèches, de MM. Barratte et Bouvet. Toute cette machine se compose simplement de trois pièces principales, savoir :

1° D'une trémie en fonte contenant les substances à mouler ou à broyer ;

2° D'une grille fixe en fonte, percée de trous rectangulaires très étroits ;

3° D'un cylindre évidé et à arêtes hélicoïdales, ayant un mouvement de rotation sur son axe.

De la grille fixe. La grille à travers laquelle doit passer toute la substance, après qu'elle a été broyée, est d'une forme circulaire et fondue d'une même pièce ; elle est composée de plusieurs barreaux fort épais, réunis entre eux par de petites nervures qui forment en même temps les séparations des évidements rectangulaires et très étroits, par lesquels la matière est forcée de passer. On conçoit sans peine que, par la forme donnée aux barreaux de cette grille, elle puisse présenter une grande résistance et ne pas céder à l'énorme pression qui s'exerce contre elle, lorsque la machine fonctionne. La seule difficulté était de la fondre d'une pièce, en laissant entre les barreaux des interstices qui n'aient pas quelquefois plus de 2 à 3 millim. de largeur du côté de la surface concave qui se présente à l'action du cylindre. Mais on conçoit qu'un fondeur habile, avec un modèle bien fait, et en employant pour le moulage du sable très fin, peut toujours parvenir à fondre une telle pièce.

Cette grille repose par ses deux extrémités sur les feuillures qui ont été ménagées à l'intérieur de la trémie ; elle touche aussi ses parois latérales par des parties étroites et peu saillantes, qui ont été ménagées sur ses côtés. On peut encore la rendre tout à fait solidaire avec le fond de la trémie en la liant par des brides en

fer. Ainsi, lorsqu'on élève ou lorsqu'on descend la trémie, on élève ou on baisse la grille en même temps. Celle-ci n'est pas exactement concentrique à la surface extérieure du cylindre : elle est d'un diamètre plus grand, afin de présenter de l'entrée, c'est-à-dire un passage un peu plus large vers les bords qu'au milieu.

Du cylindre mobile et de son mouvement. Le cylindre qui doit opérer la trituration de la substance renfermée dans la trémie, présente une forme toute particulière et qui n'a pas, que nous sachions, été appliquée jusqu'ici. Qu'on s'imagine, à la surface extérieure du cylindre, deux filets de vis, l'un à droite, l'autre à gauche, à pas très allongés, et se rencontrant à chaque moitié de circonférence, où ils forment des angles très prononcés ; que l'on suppose ensuite des cavités très profondes pratiquées entre chacun de ces filets, de manière à présenter des espèces de creux prismatiques, et l'on pourra se faire une idée de la construction de ce cylindre évidé. A son centre et dans toute sa longueur il existe d'ailleurs assez de matière pour qu'il ne puisse fléchir, mais, au contraire, tourner exactement.

Il est aisé de concevoir maintenant que si, après avoir rempli la trémie d'os carbonisés, par exemple, l'on imprime au cylindre un mouvement de rotation, soit dans un sens, soit dans l'autre, ces os seront successivement entraînés par les arêtes extérieures du cylindre, et bientôt amenés jusque sur la grille. Il est évident que tous ceux qui ne pourront se loger dans les différentes cavités pratiquées entre les filets hélicoïdaux, seront d'abord pressés par ces derniers contre la partie inférieure de la trémie, puis bientôt contre la paroi intérieure de la grille. Ils commenceront donc à être déchirés et concassés ; puis, au fur et à mesure qu'ils approcheront du milieu de la surface de la grille, comme alors l'écartement qui existe entre elle et la surface extérieure du cylindre est très petit, ils seront considérablement réduits, et de plus forcés en grande partie de passer à travers les ouvertures de la grille. Il y a donc ainsi dans ce travail un double effet : le cylindre déchire, brise ou concasse, et il comprime, disposition qui est extrêmement favorable à l'opération. Tous les os qui ont pu se loger dans les cavités du cylindre sont remontés par lui, mais pour retomber bientôt sur le fond de la grille et être rencontrés par les filets saillants qui les broient et les forcent également à traverser les ouvertures.

Cependant, toutes les parties qui passent à travers la grille ne sont pas complètement réduites en poudre ; il y en a qui sont encore en grains d'une grosseur plus ou moins considérable, mais qui, dans tous les cas, ne peut être au-dessus de la largeur des ouvertures. Ainsi, si ces derniers ont 2 millim. de large, les grains les plus forts ne peuvent avoir, en sortant de la grille, plus de 2 millim. de diamètre. Avec une grille plus fine on obtiendra nécessairement plus de noir en poudre et moins de noir en grains ; mais on peut encore jusqu'à un certain point régler la grosseur du grain ou la finesse de la poudre, en rapprochant plus ou moins la grille du cylindre.

On se sert aussi, pour triturer les matières peu résistantes, et les réduire en poudre grossière, tels que l'écorce à tan et le plâtre, d'un moulin à noix, composé d'un cône en fonte armé de nervures saillantes et mobiles dans une boîte garnie aussi de saillies, entre lesquelles les matières sont concassées. C'est du reste avec une machine à peu près semblable qu'on mout le poivre.

Il nous reste maintenant à parler des machines à découper et à réduire en copeaux toutes espèces de bois destinés à la teinture, machines spéciales et toutes d'invention moderne, à l'exception toutefois de la scie, de la râpe et du rabot de menuisier, employés depuis un temps immémorial pour user et raboter le bois.

Pour bien comprendre les avantages des machines à triturer les bois de teinture, il faut se rappeler quelques-uns des principes de l'art du teinturier, principes qui ont été si habilement établis par l'un de nos illustres savants français, M. Chevreul. Certes, nous ne pouvons mieux faire que de citer ses propres paroles :

« Plusieurs matières colorantes propres à la teinture étant déposées par la végétation sur les parties ligneuses, et ces parties insolubles dans l'eau pouvant avoir une ténacité très forte, il en résulte que, si un bois de teinture n'est pas divisé suffisamment, l'eau dans laquelle on le mettra, afin de préparer un bain colorant, ne pourra agir que très difficilement sur la matière qu'elle doit dissoudre, pour la céder ensuite à l'étoffe qu'on veut teindre. Dès lors, si l'on veut enlever à la partie ligneuse toute la matière tinctoriale, on se trouvera dans la nécessité de prolonger beaucoup l'action du liquide. On voit donc qu'une division mécanique, qui a pour effet de donner à la matière soluble la plus grande surface possible, est extrêmement favorable aux opérations de teinture par l'économie qu'elle apporte dans la durée de la main-d'œuvre et dans la dépense du combustible, car c'est presque toujours à chaud qu'on traite les bois de teinture. »

Feu Vallery avait pris un brevet en France, aujourd'hui expiré, pour une machine fort ingénieuse qui effectuait cette division avec une grande perfection. (Voyez EXTRAITS).

Les bois triturés par ce procédé fournissent plus complètement et plus promptement leur matière colorante, qui se trouve par cela même moins altérée; il y a donc économie de temps et de matière pour le teinturier, et amélioration dans la qualité du produit.

Cette extrême division, à laquelle est parvenu M. Vallery, a permis d'employer, dans la teinture, certains bois qui jusqu'alors n'avaient pu l'être en raison de la difficulté d'en extraire la matière colorante. C'est ainsi qu'aujourd'hui on consomme une immense quantité de bois de santal, resté jusqu'à ce jour sans usage.

Quelques teinturiers prétendent au contraire que les poudres de M. Vallery offrent de graves inconvénients : qu'elles s'attachent et se fixent aux tissus, de sorte qu'il est difficile, quelquefois même impossible de les enlever par les procédés mécaniques ordinaires. Le fait est vrai lorsqu'on opère sur certaines étoffes de laine avec certains mordants et un excès de poudre, afin de monter la couleur, mais les cas sont rares; et d'ailleurs les industriels habiles ne doivent plus s'effrayer de pareils accidents, faciles à prévoir ou à réparer, quand le savoir et l'adresse viennent à leur secours.

Du reste ces accidents se reproduisent encore plus souvent avec les bois triturés par les procédés ordinaires, particulièrement avec les bois réduits en poudre par le moyen des pilons, ou affilés sous une meule en pierre. Cela se conçoit d'autant plus facilement que ces poudres, composées de fragments aplatis irrégulièrement, allongés, fibreux, et très inégaux dans leur grosseur, s'enchevêtrent dans la laine, et vrillent avec elle par l'action de la chaleur du bain de teinture, et par l'affinité chimique elle-même.

Les bois réduits en minces copeaux, soit au moyen de la hache, soit à l'aide de mécaniques circulaires ou horizontales, qui agissent à la manière d'une varlope, n'ont peut-être pas les mêmes inconvénients, mais il en faut un poids plus grand de ceux-ci que des poudres pour porter les étoffes au même ton de couleur.

M. Chevreul fait remarquer avec justesse que, si l'on ne doit se servir des poudres de M. Vallery que longtemps après leur préparation, il faut les soustraire au contact de la lumière et de l'atmosphère, parce qu'elles s'altèrent bien plus vite, à cause de leur division même, par l'action simultanée de ces agents, que les bois non divisés.

Il faut ajouter de plus que les bois réduits en poudre par le procédé Vallery sont difficiles à falsifier, du moins d'une manière avantageuse pour le vendeur, et c'est là un avantage qui n'est pas à dédaigner pour la sûreté des opérations de teinture.

IV.—Des précautions à prendre et des défauts à éviter dans le broiement de certaines matières, eu égard à l'économie publique et à l'hygiène. Afin de prévenir l'action délétère des poussières amilacées et autres, qui compromettent au plus haut degré la santé des ouvriers, et de rendre impossible toute volatisation de poudres, telles que celles provenant de la pulvérisation du blanc de plomb, du jaune de chrôme, du vermillon, du vert-de-gris, qui pourraient occasionner la mort, il faut triturer les corps vénéneux et nuisibles à la santé dans un moulin ou dans un bocard dit volatisateur, lequel sera établi dans un bâtiment bien aéré, construit selon les règles de l'art et de l'hygiène, et soumis à l'action d'un ventilateur.

V.—Nous terminerons en citant, comme un bon modèle à imiter sous tous les rapports, l'établissement fondé par MM. Mesnier et C^e, à Noisiel près Paris, et destiné à la pulvérisation en général, ainsi qu'à la fabrication en grand des chocolats, gruaux d'avoine et orges perlés (voir le Rapport fait à la Société d'encouragement, juillet 1832, page 243).

Cet établissement, suivant l'expression du rapporteur, M. Amédée Durand, réunit l'application des principes hors desquels il ne peut y avoir de succès en industrie, puissance d'action et simplicité de moyens.

L'usine se divise en trois étages; celui par lequel on entre renferme :

1^o Un jeu de meules verticales en grès, agissant sur un bassin en fonte de fer non tourné, mais suffisamment poli pour que le lavage en soit facile et complet. Cette opération se renouvelle à chaque changement de substance. Les commissaires y ont vu préparer de la farine de riz d'une blancheur éblouissante et supérieure, de leur avis unanime, à celles qu'ils avaient vue jusqu'à ce jour.

2^o Un autre jeu de meules verticales en pierres, dont la circonférence est garnie en fonte et qui opèrent dans un bassin en fonte comme le précédent. Cet appareil est employé pour les substances minérales et résistantes.

3^o Tous les appareils à piler, que des convenances de localité ont forcé de concentrer dans cet étage. La forme et l'action des pilons sont et devaient être variés comme les différents genres de matières sur lesquelles ils opèrent; mais une disposition leur est commune à tous, et elle a pour objet de rendre toute volatisation impossible. De là résulte une économie dans la fabrication, et ce qui est bien plus important, une garantie positive contre tout mélange ou altération des substances les unes par les autres.

Voici le nombre et la nature de ces appareils que dans l'usine on appelle pilerie :

1^o Pilerie à poudre impalpable, composée de six pilons;

2^o Pilerie à couteaux pour les matières filamenteuses, telles que la réglisse et la salsepareille, etc.;

3^o Pilerie à poudre commune, composée de douze pilons qui sont réunis par quatre dans chaque mortier;

4^o Pilerie ayant sept pilons à base rétrécie pour la farine de moutarde;

5^o Pilerie à pilons de bois et mortiers de marbre pour les substances que le fer altère;

6^o Pilerie à gomme, comprenant deux pilons;

7^o Dans un cabinet entièrement séparé et hermétiquement fermé, trois pilons sont exclusivement destinés aux substances vénéneuses qui sont traitées de manière à ne faire courir aucun danger aux ouvriers;

8^o Dans un cabinet placé dans la partie opposée des

lâtiments et également séparé, se trouvent trois pilons d'une forme appropriée, et destinés au travail préparatoire des chocolats communs, qui seuls sont soumis à l'action de cet agent.

9° Tamisoirs mécaniques. Ces appareils méritent à eux seuls une attention très grande. L'opération du tamisage joue un si grand rôle dans les arts qu'on peut regarder comme un progrès important tout perfectionnement qui s'y rapporte. L'état où cette opération se trouve dans l'établissement de Noisiel est extrêmement remarquable.

Les moyens employés ici sont d'une simplicité extrême; les appareils tellement réduits, qu'ils peuvent être variés suivant la nature ou les propriétés des différentes substances, pour éviter toute possibilité de mélange. Leur action reçoit d'un moteur mécanique l'avantage immense de modifications graduées à l'infini, et d'une uniformité que la main de l'homme ne peut lui procurer. De ces circonstances résulte une identité parfaite entre les produits de même espèce.

L'ensemble des coups frappés par les différents pilons renfermés dans cet étage est d'environ deux mille, et le travail de chacun peut être considéré comme 7 fois plus grand que celui qu'on obtiendrait du travail d'un homme.

En montant au deuxième étage, on trouve :

1° Deux moulins à orge et gruau d'avoine ;

2° Des tamisoirs ;

3° Un moulin à blé à meules ordinaires ;

4° Un moulin à drogues, même disposition ;

5° Un blutoir à gomme ;

6° Un tamisoir ;

7° Un jeu de cylindres pour écraser les graines oléagineuses.

Passant au troisième étage, on rencontre les appareils à chocolat ; ils sont au nombre de deux, et composés, ainsi que celui anciennement employé chez M. Auger, l'un de quatre et l'autre de six cônes liés par leurs sommets et corduits circulairement sur un plan horizontal..... »

Malgré la longueur de cet article, nous craignons de n'avoir donné qu'une théorie incomplète de l'art de broyer. Nous décrirons plus en détail aux articles spéciaux, tous les faits intéressants que nous n'avons pu traiter ici.

ROUGET DE LISLE.

BRUNISSOIR. Le brunissoir est un instrument en acier ou en pierre dure qui sert à polir un corps, en frottant les inégalités ou aspérités qui sont sur sa surface.

On comprend aussi sous le nom de *brunissoirs* les pierres à brunir à l'usage des doreurs sur bois, des relieurs, des porcelainiers, les pierres à lisser et les molettes des lisseurs d'étoffes, de papiers peints, de cartes à jouer, etc. (Voyez PAPIERS PEINTS, CARTES A JOUER, IMPRESSION SUR ÉTOFFES).

Comme l'a dit M. Héricart de Thury dans un rapport fait à la Société d'Encouragement, les brunissoirs et les molettes sont des instruments essentiels à différentes branches de l'industrie et considérés comme tellement essentiels qu'on a vu souvent des ouvriers estimer 50, 60 francs et au-delà, des brunissoirs que leurs pères avaient payé 2 et 3 fr., et que d'autres estimaient 40, 50 et 60 francs des molettes payées 5 à 6 francs au plus, mais dont ils avaient apprécié la qualité par une longue pratique.

Cette fabrication est d'une haute importance pour nos diverses industries qui ne peuvent se passer de brunissoirs, et qui ont souvent beaucoup de peine à se procurer les différentes formes qui leur sont nécessaires pour leurs opérations.

Ainsi : 1° les bijoutiers, les orfèvres, les doreurs sur métaux se servent de huit formes, ou forces de brunissoirs en pied de biche, d'agate, de silex ou d'hématite rouge (voyez ORFÈVRES, DOREURS SUR MÉTAUX) ;

2° Les doreurs sur bois ont quatre formes de brunissoirs

d'agate, jaspe et silex; savoir la pierre à gorge, la pierre à bande, la pierre moyenne, et la pierre à meule. (Voy. DORTRE SUR BOIS).

3° Les relieurs et doreurs sur tranches emploient trois formes de brunissoirs à dent, la forte, la moyenne et la petite. (Voyez RELIURE).

4° Les porcelainiers ont quatre brunissoirs d'agate et de silex en pied de biche pour dégrossir, et quatre d'hématite pour finir. (Voyez PORCELAINE).

5° Les lisseurs emploient plusieurs molettes d'agate et de silex de diverses dimensions.

6° Le brunissoir des doreurs sur cuir est un caillou dur et poli, monté sur un manche de bois.

Les brunissoirs en acier à l'usage des orfèvres, serruriers, couteliers, graveurs, horlogers et de la plupart des ouvriers en or, argent, en cuivre, en fer et en acier sont courbés ou droits, arrondis ou en pointe pour s'approprier aux saillies ou creux de la pièce.

Le brunissoir du graveur est une lame d'acier qui est amincie pour entrer dans les manches à poignée qui servent à le tenir; la partie du milieu, qui est plate, est arrondie du côté convexe, et aussi un peu courbe; la partie arrondie doit être bien polie, et l'outil trempé dur.

On se sert de ce brunissoir pour donner le dernier poli aux planches de cuivre, en les frottant et en ayant soin de mettre de l'huile pour les lubrifier.

Les brunissoirs en usage dans l'horlogerie sont de diverses formes et grandeurs, ils sont tous d'acier fondu, trempé dur et bien poli : les uns sont taillés en limes à feuille de sauge, d'autres comme des limes ordinaires; les premiers servent à brunir des vis, des pièces de cuivre, les autres servent pour des pièces plates. Les horlogers en ont aussi de petits de cette dernière espèce, pour brunir les pivots; ils les appellent brunissoirs à pivots.

Les brunissoirs habituellement employés pour le brunissage de la poterie d'étain, sont en acier. Les uns pour brunir la vaisselle, les autres pour la poterie, et les derniers pour ce qui est réparé à la main; on les repasse sur la potée d'étain, et on les mouille à l'eau de savon.

Le brunissage de la coutellerie s'exécute à l'aide de brunissoirs à main et de brunissoirs à étai; ils sont tous d'acier fin trempé et bien poli.

Les premiers n'ont rien de particulier, mais les brunissoirs à étai sont formés et montés d'une manière toute différente; sur une longue pièce de bois prise horizontalement dans l'étai, est posée une autre pièce aussi longue, mais en forme d'arc dont la concavité est tournée en bas. Ces deux pièces sont réunies à de leurs extrémités par le moyen d'un piton et d'un crochet qui permettent à la pièce de dessus de se mouvoir librement autour de ce point comme centre. Cette pièce courbe porte vers le milieu de sa concavité le brunissoir, qu'on rend plus ou moins saillant par le plus ou moins de longueur qu'on peut donner à son pied. La pièce de bois mobile à l'extrémité opposée au crochet, est armée d'un manche qui sert à la manœuvrer comme un levier. Cette disposition permet d'appuyer avec plus de force le brunissoir sur la pièce à brunir, qui est posée sur le morceau de bois fixe. On donne au brunissoir, soit la forme du fer d'un marteau à tête arrondie et polie, pour brunir les pièces planes et convexes, soit la forme de deux cônes opposés par leur sommet et à bases arrondies, pour brunir les pièces concaves et les surfaces annulaires.

Détails sur les procédés de fabrication des brunissoirs en pierres dures. 1° Après avoir fait choix des écailles de silex qu'on distingue par leur beauté, l'homogénéité de la pâte, leur couleur et leur translucidité, qualité à laquelle les doreurs tiennent particulièrement, on dessine sur l'écaille, à l'aide d'un patron de cuivre, la forme du brunissoir; 2° on ébauche avec le marteau, opération délicate qui se fait rapidement, mais qui de-

mande beaucoup d'adresse, et un tour de main qu'on n'acquiert que par une longue pratique; 3^e par l'effet de différentes meules, on les dégrossit, puis on les adoucit, et enfin on les termine en leur donnant le dernier poli, à l'aide de divers apprêts.

L'agate étant plus pure que le silex pyromaque, quelques personnes ont pensé que les brunissoirs et les molettes d'agate devaient être préférés à ceux de silex; mais l'expérience, le premier de tous les maîtres, disait Bernard de Palissy, qui était le premier praticien de sa fabrique, l'expérience a prouvé la supériorité des brunissoirs à silex sur ceux d'agate; c'est par les mêmes raisons que les pierres à fusils de silex sont supérieures à celles d'agate à cause de leur plus grande résistance, que les silex sont moins cassants et moins sujets à éclater par le plus léger choc en porte à faux, et qu'enfin l'agate est trop coulante.

Le travail des matières siliceuses dures se fait très avantageusement au moyen de scieries mécaniques convenablement disposées; nous donnons ci-dessous l'idée d'un établissement de ce genre,

Description de la scierie mécanique établie par M. Huttin, sur le canal Saint-Martin, boulevard Beaumarchais. 1^o Une scierie mécanique horizontale pour scier les pierres dures en plaques de 0^m,50 de longueur sur 0^m,30 de largeur; son porte-lame descend seul, suivant un poids déterminé par le nombre de lames et la dureté de la pierre à scier. Une bricole met en mouvement une vis d'Archimède, qui élève à 0^m,50, et verse sur toutes les lames, au moyen d'un excentrique, l'émeri, sans cesse agité, délayé dans l'eau, et mêlé en parties égales, avec du grès fin, qui, reçu dans un bassin inférieur, est repris et élevé de nouveau par la vis d'Archimède. Ce procédé, dont il est facile d'apprécier les avantages et qui aura certainement d'utiles et nombreuses applications, nous paraît mériter de fixer l'attention.

Cette scierie, qui peut comporter jusqu'à vingt lames au besoin, débite des tranches d'agate, de jaspe et de bois agatisés, de palmiers pétrifiés, etc., de toutes les épaisseurs, ainsi qu'on peut le voir dans les galeries de minéralogie du Muséum d'histoire naturelle.

2^o Une scierie à lames circulaires pour couper et détailler en plaques de moins d'un demi-millimètre d'épaisseur les agates, les jaspes, les jades et autres pierres d'ornement.

Comme dans la précédente, l'émeri est élevé par une vis d'Archimède *barboteuse*, de 0^m,50 de longueur, sur la pierre, qui, au fur et à mesure de l'entrure des lames,

avance sur un chariot au moyen d'un poids d'appel. Cette scierie est d'autant plus avantageuse et plus économique que, une fois l'appareil monté, la scie marche toute seule pendant cinq à six heures, et même davantage, sans avoir besoin de personne pour la diriger, jusqu'à ce que tous les traits de scie soient entièrement terminés. Ces scies ont l'immense avantage d'éviter la grave inconvénient que présentaient les sciottes à la main, dont les traits se rencontraient rarement, au point qu'il en résultait presque toujours un noyau ou une saillie sur l'une des surfaces, et sur l'autre, au contraire, un creux ou une cavité qui exigeaient un long travail de planissage et de perte de matière pour les faire disparaître entièrement.

BURIN. Outil servant à graver, qui se compose simplement d'un petit barreau carré d'acier affûté par une de ses diagonales, de telle sorte que la face usée soit un losange, et emmanché dans un manche en bois. Les burins doivent être faits avec le meilleur acier possible, lors même qu'ils ne sont destinés qu'à travailler le bois, sauf alors à leur donner une trempe moins dure; mais leur usage le plus habituel étant de couper le cuivre et même l'acier, ils doivent être généralement trempés durs. Le burin *grain d'orge*, moins employé et plus cassant que le burin *carré*, est taillé plus ou moins obliquement, de manière à présenter un losange beaucoup plus allongé, dont la pointe est très *friande* et sujette à casser. Ce burin sert à faire des tailles fines et profondes, tandis que le burin *carré* les fait plus larges et moins creuses. Le graveur a encore d'autres burins; car ce nom s'applique à toute une série de petits outils, tels que échoppes, burins elliptiques formant ogive du côté de la pointe, etc. Le graveur sur bois fait plus particulièrement usage du burin losange, et des *burins échoppes*, qu'il nomme *langue de chat*.

On emploie aussi des burins carrés, ronds, elliptiques, et de formes très variées pour tourner le fer et l'acier; dans ce cas on emploie plus souvent le côté que la pointe même.

Il semblerait, à voir un burin, que rien n'est plus facile que de le rendre pointu et coupant, et cependant cette opération est extrêmement difficile à bien exécuter. Communément, l'inclinaison du biseau d'un burin doit être de 40°, et ce biseau doit être parfaitement droit, tant dans le sens de la longue diagonale du losange, que dans celui de la plus courte diagonale qui croise à angle droit.

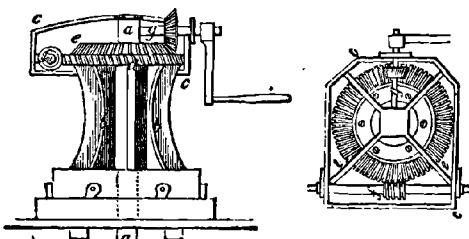
C

CABESTAN (*angl.* capstan, *all.* spille, *ankerwinde*). Le cabestan est un treuil vertical qui se manœuvre généralement au moyen de barres horizontales, qui permettent aux hommes qui le manœuvrent d'agir sans retirer et remettre les barres comme pour le treuil.

Un des emplois les plus importants du cabestan est celui qu'on en fait à bord des navires pour *déraper*; c'est-à-dire pour détacher l'ancre du fond dans lequel elle est fixée. La forme du cabestan ordinaire est trop connue pour la décrire. Nous préférons donner la description de deux systèmes qui ont été exécutés en Angleterre et qui diffèrent un peu du cabestan habituellement employé.

Les fig. 317 et 318 représentent le premier de ces systèmes, dont le dessin montre trop clairement la disposition pour qu'il y ait besoin d'en donner une descrip-

tion détaillée. On voit que l'on peut faire tourner l'ar-



317.

318.

bre au moyen d'une manivelle agissant soit par des roues

d'angle, soit par une vis sans fin et une roue dentée. On a proposé de disposer à angles droits, quatre roues d'angle pour agir par quatre manivelles à la fois.

Les fig. 319 et 320 représentent le second système. On voit que la tête du cabestan porte un système de roues dentées, qui est sans effet quand les clefs *h, h*, sont en place et rendent solidaires la tête et l'arbre du cabestan (Dans ce cas on relève la roue *f*, au moyen d'une vis). Le cabestan est alors tout à fait semblable à un cabestan ordinaire. Mais si l'effort exercé est insuffisant, alors on enlève les clefs *g, h*, on met en place la roue *f*, et on agit par les barres sur la tête *g*; l'effort est alors augmenté par l'effet des roues dentées *d* sur l'engrenage *e*.

Nous donnerons, à l'article TREUIL, le treuil à engrenages, appelé souvent cabestan, par lequel on a généralement remplacé le cabestan à barres, sur les navires bien construits.

Pour éviter les accidents et le déroulement des cabestans, on munit toujours leurs extrémités inférieures d'un encliquetage qui empêche tout mouvement rétrograde et ne permet de mouvement que dans un sens.

La corde qui s'enroule autour du cabestan l'aurait bientôt rempli, ce qui l'empêcherait d'agir si, un homme ne tirait à lui l'extrémité du câble qui a fait deux ou trois tours autour du cabestan, et le cordage se déroule d'un côté pendant qu'il s'enroule de l'autre. Le frottement et la roideur de la corde font naître une résistance suffisante pour que le cabestan puisse encore surmonter d'énormes résistances sans que le cordage se déroule.

CABLES ET CORDES (*fabrication des*) (*angl.* rope-machines, *all.* kettentaue und seil fabrication). La fabrication des cordes se divise en deux parties : *filer* et *commettre*. La première opération a pour objet de réunir les fibres filamenteuses, aussi également que possible, en les faisant adhérer par une torsion suffisante, pour que les fibres rompent plutôt que de glisser les unes sur les autres. Le fil de caret ainsi préparé a donc la même résistance que si les fibres étaient de toute la longueur du fil. Le commettage consiste dans la réunion des fils de caret, pour en former les cordes et câbles ayant une résistance convenable pour l'emploi auquel on les destine.

I. *Filature*. Les procédés mécaniques de filature pour les fils destinés à former les tissus, que nous indiquons à l'article FILATURE du lin et du chanvre, ou au moins des procédés analogues pourraient sans doute s'appliquer à la filature du fil de caret. Des recherches faites en Ecosse, par M. Buchanan, paraissent avoir eu du succès, néanmoins nous n'avons pas eu connaissance qu'il en soit résulté une exploitation sérieuse, pas plus que du brevet qui avait été pris en France par M. C. Demarçay, pour l'exploitation de ces procédés. C'est qu'outre les difficultés qu'on rencontre à obtenir des fils aussi lisses que ceux que procure le travail à la main, et à employer les fibres dans toute leur longueur, la façon qu'il s'agit ici de donner au chanvre n'est pas d'assez grande valeur pour pouvoir permettre des frais de transport considérables, et ce ne serait pourtant que par une fabrication importante qu'on pourrait recouvrer l'intérêt de machines coûteuses. Jusqu'à ce jour, et longtemps encore probablement, la fabrication du fil de caret se fera manuellement par les procédés bien simples que

nous allons décrire. Il n'en est pas de même du commettage pour lequel les machines ont été adoptées avec avantage, plutôt cependant pour obtenir des produits plus parfaits que par raison d'économie.

Les outils nécessaires au cordier consistent : en un rouet faisant tourner plusieurs crochets coudés ; en râteaux destinés à supporter le fil pour l'empêcher de tomber à terre ; enfin, en dévidoirs ou *tourets* servant à enrouler le fil quand il est fabriqué.

Le cordier s'étant mis autour de la ceinture une quantité convenable de chanvre bien peigné ou *filasse*, en accroche l'extrémité à un crochet que le rouet met en mouvement ; puis marchant en arrière il cède de la main droite la quantité de chanvre suffisante, qui se tord par l'action du rouet ; tandis que de la main gauche, il serre ce fil, un peu en avant, au moyen d'une lisière de drap dite *paumelle*. Le tortillement étant arrêté par cette pression, il étend la filasse entre ses deux mains et ne fait glisser la main gauche qu'à mesure qu'il l'a disposée convenablement.

Les fileurs réunissent successivement leurs fils à l'extrémité des fils des ouvriers voisins, au moyen des bouts non tordus et continuent ainsi jusqu'à ce que le touret sur lequel on enroule ces fils soit rempli. On le porte alors au magasin.

Un bon fileur peut faire dans sa journée 30 à 35 kilogr. de fil de caret. Le déchet ne doit pas dépasser 4 p. 400 pour les chanvres de bonne qualité, ni 40 p. 400 pour ceux de qualité inférieure. C'est le plus souvent sur les fils que se fait l'opération de goudronnage nécessaire pour les préserver de l'action destructive de l'humidité, quand ils doivent être employés dans la marine. Cette opération s'exécute pour le mieux en faisant passer le fil d'un touret sur un autre en le forçant, par le moyen d'un rouleau de pression, à traverser une chaudière remplie de goudron chaud. Pour que le fil n'en prenne pas trop, on le fait tourner en hélice, à sa sortie de la chaudière, sur une corde de crin inclinée, et renfermée dans un tube chauffé par le passage de la vapeur provenant du bain marie qui sert à chauffer le goudron. De cette manière l'excédant de ce dernier retourne à la chaudière.

Quelquefois on fait passer le fil à la sortie de la chaudière à travers une espèce de pince chargée d'un poids, qui enlève le goudron excédant.

On a trouvé avantage à débarrasser le goudron de tout principe soluble en le faisant chauffer avec de l'eau avant de l'employer, et de tout principe acide en le chauffant jusqu'à ce qu'il prenne la consistance de la poix et lui rendant sa fusibilité par l'addition de substances grasses, telles que le suif, ou des huiles animales.

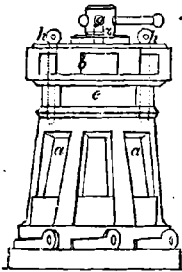
Les cordes goudronnées offrent un peu moins de résistance que les cordes blanches, mais durent plus long temps. Le goudronnage par fils est bien préférable à celui du câble entier, puisque l'eau pénètre bientôt ce dernier, qui n'est recouvert de goudron qu'à la surface. On se contente néanmoins de cette opération pour les cordages servant aux manœuvres dormantes.

II. *Commettage des fils*. Les fils de caret étant fabriqués, il faut les commettre, c'est-à-dire les tordre ensemble pour obtenir les cordes et cordages. Ces derniers seront d'autant plus réguliers et par suite offriront d'autant plus de résistance que les fils de caret employés seront plus fins, mais l'économie oblige à en employer de diverses grosseurs, habituellement de trois numéros dans les arsenaux de la marine.

Une observation assez importante c'est qu'il est bon de garder les fils de caret quelque temps en magasin avant de les commettre ; les fibres longtemps tordues ne tendent plus que très faiblement à se redresser.

Décrivons d'abord le commettage de deux fils, ou de la ficelle, qui se fait aussi quelquefois à trois fils. Le procédé est le même que pour les gros cordages, mais

319.



320.

pour ceux-ci nous décrivons les procédés mécaniques du capitaine Huddart (de la marine anglaise), adoptés dans les arsenaux anglais et avec quelques légères modifications dans les arsenaux français.

Le cordier dévidant le fil des tourets et le plaçant sur les chevalets, va l'attacher à un poteau situé à une distance égale à la longueur qu'il veut donner à la ficelle. Il en place un second parallèlement au premier, ou mieux, c'est le même fil qu'il passe sur un crochet ou une petite poulie que porte le poteau de manière que le second fil n'est que le prolongement du premier, ce qui permet de donner plus facilement une égale longueur aux deux fils. Il prend ensuite les fils à leur point de réunion au poteau et les accroche à un *émérillon*. Celui-ci (fig. 324) se compose d'un crochet, dont l'axe tourne librement dans une douille, laquelle porte un anneau qu'on attache à un chariot, qui peut avancer ou reculer, et qu'on charge plus ou moins de pierres, suivant qu'on veut obtenir un commettage plus ou moins dur. Pour les forts cordages on établit un peu en avant des tourets le *chantier à commettre*. Celui-ci se compose de pièces de bois solidement fixées dans le sol, destinées à porter des manivelles, à l'extrémité desquelles on adapte les extrémités des fils à commettre. Pour la ficelle le rouet du cordier suffit parfaitement.

Il est clair qu'en faisant tourner le rouet, les deux fils s'enrouleront l'un autour de l'autre, de manière à produire une corde. Pour que cet enroulement soit régulier le cordier se sert du *toupin* (fig. 322). C'est un morceau de bois en forme de cône tronqué de grosseur proportionnée à la corde qu'on veut faire; il est sillonné de rainures en nombre égal à celui des fils qu'il s'agit de commettre.

Le toupin étant placé près de l'émérillon, on fait tourner le rouet. Chaque des fils se tord également puisqu'ils sont parfaitement égaux en grosseur. Quand la torsion est suffisante, l'ouvrier éloigne le toupin de l'émérillon et le fait glisser entre les fils jusqu'auprès du rouet. Les fils se réunissent en roulant l'un sur l'autre et forment une corde qui ne tend plus à se détordre par son élasticité, comme le fait le fil de caret abandonné à lui-même.

Ceci demande à être bien compris. Nous empruntons à M. Boitard (*Manuel du cordier*) le passage suivant qui fait parfaitement apprécier pourquoi il en est ainsi.

« Pendant que le toupin était contre l'émérillon, les deux fils ont été tors chacun en particulier, et ont acquis chacun un certain degré de force élastique qui tend à les détordre ou à les faire tourner dans un sens opposé à celui dans lequel ils avaient été tortillés, dès qu'on leur en aura donné la liberté, ce qui se fait sentir par l'effort que le toupin fait pour tourner dans la main du cordier. Aussitôt que le cordier aura écarté le toupin de l'émérillon, la partie du premier fil qui se trouve entre le toupin et l'émérillon, étant en liberté, tendra par la force élastique qu'elle a acquise par le tortillement, à tourner dans un sens opposé à ce tortil-

lement; c'est-à-dire, que si les fils ont été tors de droite à gauche, la partie du premier fil comprise entre le toupin et l'émérillon, qui sera en liberté, tendra à tourner de gauche à droite, et elle tournera effectivement en ce sens par la seule élasticité, en faisant tourner avec elle le crochet de l'émérillon. De même, le second fil ayant été tors de droite à gauche, la partie de ce fil comprise entre le toupin et l'émérillon tendra aussi à se détordre, et à tourner de gauche à droite, et effectivement, elle tournera dans ce sens, et fera tourner le crochet mobile de l'émérillon.

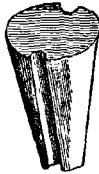
« Il en résulte, que les deux fils, tournant dans le même sens, s'ils n'étaient pas réunis, et qu'ils fussent attachés à deux émérillons séparés, ne feraient que se détordre. Mais, comme ils sont attachés au même crochet, et qu'ils ne peuvent pas tourner autour d'un même axe sans se rouler l'un sur l'autre, les deux fils, par leur seule élasticité et par l'effort qu'ils font pour se détordre, se roulent l'un sur l'autre, mais dans un sens opposé à celui dans lequel ils avaient été tortillés séparément, de sorte que la ficelle ou le bitord se trouve entortillé dans un sens opposé à celui des fils qui le composent.

« On voit : 1° que la portion des fils qui est entre le toupin et la roue, perdrait tout son tortillement, si le cordier n'avait pas soin de faire tourner la roue à mesure qu'il en approche le toupin; 2° qu'une corde ainsi commise reste sans perdre son tortillement.

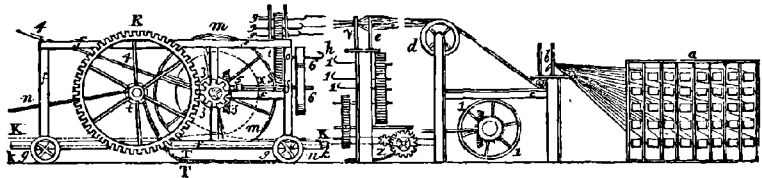
« Le tortillement des fils augmente nécessairement leur élasticité, et l'effet qui résulte de cette élasticité est de détordre les fils, parce que les fibres, ainsi que nous l'avons dit, font ressort et s'efforcent de reprendre leur première position. Cet effet ne peut s'opérer sans que les fils se roulent les uns sur les autres, c'est-à-dire sans qu'ils se commettent, sans qu'ils forment une corde; mais comme le tortillement des fils diminue à proportion que la pièce se commet, et qu'il faut plus de force pour tordre beaucoup deux fils l'un sur l'autre, que pour les tordre peu; il s'ensuit que la puissance d'élasticité des fils diminue, que la résistance, qui est l'effort qu'il faut pour rouler les fils l'un sur l'autre, augmente; quand cette résistance est égale à la force d'élasticité, tout reste en équilibre. »

Il va sans dire que le fil se raccourcit pendant le com-

324.

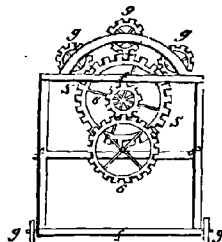


322.



323.

324.



325.



326.



mettage, c'est pour cela que l'émérillon est, soit tenu à la main quand on fait de la ficelle, soit attaché à une partie qui peut se mouvoir par de plus grosses cordes. C'est par cette diminution de longueur qu'on évale le degré de torsion. Elle ne doit pas dépasser le quart de la longueur. Une torsion trop forte mettant les fibres du chanvre dans un état de torsion exagéré, les rend susceptibles de se rompre avec

la plus grande facilité. On appelle *aussière* le cordage fait de plusieurs fils commis et tordus ensemble; l'assemblage de deux brins s'appelle *bitord*, de trois, *merlin*. Le commettage de plusieurs aussières forme le *grélin*, qui prend le nom de *cable* quand il est de forte dimension.

Passons maintenant à la description de la machine à commettre du capitaine Huddart, qui a permis de fabriquer des cordages bien plus parfaits et bien plus réguliers que ceux obtenus par les anciennes méthodes.

Machines pour la fabrication des aussières. La fig. 323 est l'élevation longitudinale de cette machine et du dévidoir placé en tête de la corderie. La fig. 324 est une élévation de face du chariot. La fig. 325 représente le guide-fils, plateau percé de trous servant à guider les fils avant leur entrée dans la pince. La fig. 326 donne une élévation de face et une élévation latérale de la pince qui commette la corde.

a, est un châssis sur lequel reposent les bobines qui portent les fils. Ceux-ci traversent un guide-fils *b*; *c*, est un petit rouleau sous lequel passent les fils de caret; de là ils passent sur la poulie *d*, puis à travers un autre guide-fils *e*, et se réunissent dans la pince *v*, tandis qu'ils s'enroulent et se tordent par l'action du chariot; les mouvements du rouleau et de la poulie sont disposés de manière à faire varier la vitesse d'arrivée du fil.

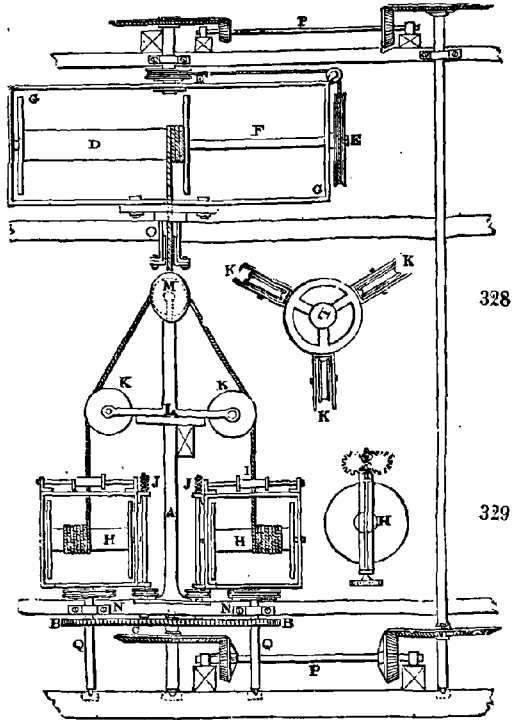
Le chariot est porté sur un chemin de fer; *ff*, est le châssis du chariot; *g, g*, de petites roues sur lesquelles il est porté; *k k*, une corde sans fin s'étendant d'une extrémité à l'autre du chemin de fer, et mue par une machine à vapeur; *m m*, est une roue assemblée à une poulie sur laquelle passe la corde sans fin, qui met le chariot en mouvement.

Vers l'axe de *m m*, sont deux roues dentées 3, 3, folles sur leurs axes, mais que l'on peut en rendre solidaires au moyen de clefs. L'une fait tourner les fils dans un sens, l'autre dans le sens opposé. 4 4, est un levier qui sert à mouvoir les clefs dont nous venons de parler; 5 5, est une roue d'angle qui reçoit son mouvement des deux roues, et le communique dans un sens ou dans l'autre aux deux roues dentées 6, 6, au moyen de l'arbre *x*. On peut remplacer ces roues à volonté par deux autres de diamètres différents de manière à faire varier la vitesse de torsion. La roue supérieure met en mouvement l'axe *o*, sur lequel est monté la roue *S*, qui met en mouvement les pignons *g, g*, auxquels les fils sont attachés. Nous avons déjà vu comment le mouvement de la roue 3 se communiquait au chariot, le long du chemin de fer, par l'enroulement d'une corde autour d'un tambour monté sur le même axe. Le mécanisme représenté en *Z*, composé d'un rouleau portant une roue dentée et d'un pignon, sert à tendre la corde au degré convenable. Quand, par le mouvement du chariot, on a tordu les fils au degré voulu, et qu'on les a étirés à la longueur désirée, on les coupe, et on les attache aux crochets 4, 4, 4, puis on fait agir l'autre roue 3, et on les tord par les deux bouts. On réunit alors les extrémités au grand crochet *h*, on place le toupin et on termine la corde par les procédés ordinaires.

Machines à commettre les cordages C'est surtout dans le commettage des forts cordages, des gros câbles que l'emploi des machines est avantageux. Nous allons donner la description de la machine la plus perfectionnée qui ait été adoptée pour ce genre de travail.

Elle est représentée dans les fig. 327, 328 et 329. A est une forte colonne verticale en fer, supportée par les poutres horizontales *N, N*, et portant à sa partie supérieure le toupin à 3 rainures *M, H, H, H*, sont de grandes bobines autour desquelles sont enroulés les to-

rons élémentaires; ils sont emportés par la rotation de celles-ci en passant toujours sur les poulies *K, K, K*,



327.

qui les guident, et de là sur le toupin. Enfin ils passent à travers le tube *O*, pour s'enrouler ensuite sur la bobine *D*. Les bobines *H, H, H*, tournent sur leurs axes *Q, Q, Q*, qui portent des roues dentées *B, B, B*, engageant avec une roue centrale *C*. De cette manière, chaque toron est tordu au point convenable, tandis que le cordage est tordu en sens inverse pour le commettage par la rotation de la bobine *D*, qui a lieu en sens inverse autour de l'axe passant par *O E*.

Le dévidoir *D* se meut pour enrouler le cordage au moyen d'une courroie passant sur les deux poulies *E, E*.

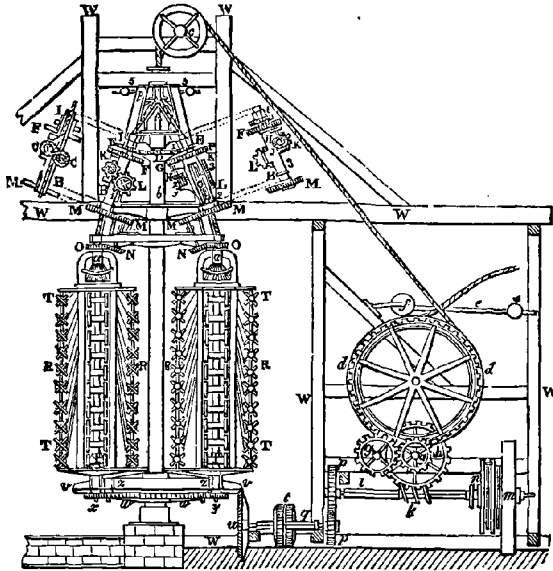
La fig. 328 représente l'anneau portant les 3 poulies conductrices *K, K, K*, qui font entre elles des angles de 120°. La fig. 329 est une vue de profil de la bobine *H*, représentant les vis sans fin *J, J, J*, qu'on voit fig. 327, et qui agissent sur 2 petites roues dentées placées sur les extrémités de deux rouleaux *I, I*, qu'elles font tourner. L'axe de ces vis est mis en mouvement par des poulies et des courroies placées à la partie inférieure. Au lieu de courroies on peut employer des roues dentées pour éviter tout glissement.

M. William Norwell, de Newcastle, a pris en 1833 un brevet pour une machine représentée dans la fig. 330, qui a pour but de faire en une seule opération le commettage des torons et celui des cordages. Nous allons en donner une description succincte, bien que sa complication nous paraisse en rendre les résultats moins certains que ceux des machines que nous venons de décrire. Elle est du reste fondée sur les mêmes principes.

Les fils du caret sont enroulés sur des bobines montées sur des axes, qu'on dispose ainsi que le représente la figure. 3 tubes ou plus reçoivent les torons autour

des toupins *a*, *a* (ces torons se forment par la rotation des porte-bobines); B, B¹, B², B³. sont des vues de la

roue immobile placée au centre, et le mouvement deviendra rétrograde par l'introduction des roues auxiliaires *x*, *x*, qui agiront sur les roues *y*, *y*, solidaires avec les tambours.



disposition des parties de la machine après le commettage des torons.

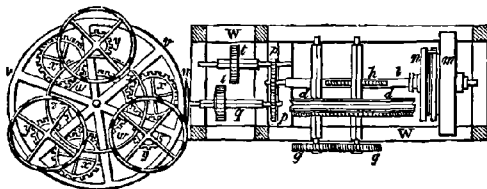
Des rouleaux portant des roues dentées ou des courroies, comme on le voit en B, empêchent le toron de glisser, et font qu'il fait corps avec le tube à travers lequel il passe. Ces tubes servent à donner une égale tension aux torons, au moyen des roues F, G, H, mues par l'axe, et qui égalisent le mouvement et la tension du toron.

M, M, sont des roues qui peuvent être changées à volonté, et qui servent à donner au toron une tension initiale convenable.

Le toupin qui sert au commettage du cordage est en métal et de deux pièces, les torons passant à l'intérieur, il ne peut passer de partie irrégulière. Sous cette pression, la corde est lissée en même temps qu'étirée par la bobine d'envidage, ce qui assure la résistance des cordes ainsi fabriquées.

Nous avons décrit les différences principales de cette machine avec celle précédemment décrite. Il est inutile de la décrire plus en détail, l'examen de sa figure la faisant aisément comprendre. Nous nous contenterons d'indiquer la modification qu'on doit y apporter pour tordre les cordes en sens inverse, ce qui est quelquefois désirable :

On remplace la roue *v* qui imprime le mouvement à la partie inférieure, par le système représenté fig. 331.



Le pignon d'angle *u* entraîne la roue *v*, qui porte les tambours R, R, et les met en mouvement; *w* est une

III. — Des substances qui peuvent servir à fabriquer les cordes. Il est clair que toutes les substances filamenteuses peuvent servir à fabriquer des cordes, et que la résistance sera en proportion de la force et de l'élasticité des filaments. Le *phormium tenax*, l'*aloes*, les filaments de coco, le coton, etc., ont été employés et peuvent être avantageuses pour certains pays et certains usages, mais pour nos pays, où la culture du chanvre réussit si bien, l'étude de ces divers matériaux est sans importance. Les procédés de fabrication resteraient au reste tout à fait les mêmes.

Nous devons seulement citer le lin comme susceptible d'être employé avec avantage pour la fabrication de cordes très fines d'une grande résistance.

CABLES PLATS. La roideur des cordes étant une résistance passive fort importante quand la corde doit être enroulée sur des tambours, on emploie avec avantage, dans ce cas, des câbles plats, c'est-à-dire formés d'aussières juxtaposées et cousues ensemble par du fil retors.

On peut voir dans le Dictionnaire de l'Industrie la description du mécanisme employé pour percer, avec une régularité parfaite, les trous qui doivent livrer passage aux fils.

CABLES EN FIL DE FER. L'usage du fil de fer pour la fabrication des cordages et des câbles date déjà de plusieurs années, mais la difficulté de la fabrication ayant obligé les auteurs des premiers essais à employer des fils de fer soumis préalablement au recuit, opération qui diminue de $\frac{2}{3}$ au moins la ténacité des fils, les résultats ne furent pas complètement satisfaisants, et l'on éprouva même, dans quelques mines, des ruptures de câbles.

Peu de temps après, on parvint à se servir de fil de fer non recuit; les câbles ne furent plus exposés aux ruptures, firent un service de plus longue durée, et se trouvèrent, à résistance égale, être d'un poids beaucoup moindre que ceux de chanvre; aussi l'usage s'en est-il déjà propagé dans un grand nombre de houillères et de mines allemandes.

On a, en outre, trouvé depuis le moyen de diminuer la roideur de ces câbles, en plaçant, à leur centre, une âme de chanvre goudronné qui les rend presque aussi flexibles que ceux de chanvre et les préserve de l'oxydation à l'intérieur. Cette dernière modification a été, en France, l'objet d'un brevet d'importation, délivré à MM. Vigni et compagnie, rue Grange-aux-Belles, et mis à exécution dans l'usine de Toutes-Voies, appartenant à MM. Colliat et compagnie, passage des Petites-Ecuries, à Paris.

Ces câbles, exécutés par des procédés mécaniques, sont à la fois solides et réguliers, et peuvent être établis en fils de fer beaucoup plus gros que ceux dont on s'était servi jusqu'à présent, ce qui les rend beaucoup moins sujets à l'oxydation. Leur force étant au moins trois fois plus grande que celle des câbles en chanvre, tandis que leur prix au kilogramme est à peu près égal, il en résulte, sur le prix d'achat, une économie considérable, augmentée encore par leur plus longue durée et par la valeur qu'ils conservent lorsqu'ils sont usés.

Ces cordes, avec ou sans âme en chanvre, ont été l'objet de plusieurs expériences publiées en Angleterre, et nous pouvons citer, en premier lieu, des résultats d'épreuves faites par ordre de l'amirauté sur des cordages qui, destinés aux manœuvres dormantes des

CABLES ET CORDES.

bâtiments et n'ayant pas besoin d'être très flexibles, n'étaient vraisemblablement composés que de fil de fer.

1° Un cordage de 3^m,660 de longueur, d'aussières en fer, ayant 0^m,069 de circonférence, s'est allongé de 0^m,406, et s'est cassé sous une charge de 9,325 kilogr.

2° Un morceau de câble pour estrope, de 0^m,034 de circonférence, a été rompu par un poids de 3,633 kilogr. Un autre morceau de câble semblable, dont la circonférence était de 0^m,076, n'a cédé qu'à la force de 15,854 kilogr. On a ensuite noué et épissé de différentes manières plusieurs morceaux, et reconnu que, sous ce rapport, l'emploi des cordages en fil de fer ne pouvait donner lieu à aucune objection.

L'amirauté a fait dresser le tableau suivant qui résulte d'expériences faites à l'arsenal de Woolwich.

Charge de rupture, nature du cordage.	Circonférence.
8,420 kil. { fil de fer.	0 ^m ,054
{ chanvre.	0 ^m ,127
24,360 { fil de fer.	0 ^m ,102
{ chanvre.	0 ^m ,254
54,840 { fil de fer.	0 ^m ,152
{ chanvre.	0 ^m ,384

Cette table ne s'applique qu'aux câbles pour estrope, destinés aux manœuvres dormantes des bâtiments, et qui doivent être d'un quart plus forts que les aussières.

Depuis M. Smith a trouvé, par expérience, que les manœuvres d'un navire, lorsqu'elles sont en fil de fer et possèdent la même force, n'occupent que le tiers de l'espace réclamé par les cordes de chanvre, pèsent moitié moins, et ne coûtent que les deux tiers du prix de ces dernières. Il a reconnu ensuite que 1 mètre de corde de chanvre ayant 0^m,076 de circonférence, absorbe environ 0^m,420 d'eau, et se raccourcit de 0^m,043. L'ensemble des cordages d'un vaisseau de premier rang atteint approximativement une longueur de 54,870 mèt., et doit, par conséquent, éprouver un raccourcissement total de plus de 700 mèt., dû à l'absorption de près de 6,600 litres d'eau, qui nuit beaucoup à la conservation des agrès. Il a fait aussi observer que les manœuvres étant moins pesantes, lorsque les cordages sont en fer, le vaisseau tire moins d'eau, est plus stable, et réclame moins de lest. Le premier navire qui ait été ainsi gréé, le *Marshall*, a conservé pendant sept ans les mêmes cordages dont l'état a été trouvé dernièrement, lors d'une inspection, sinon aussi bon, du moins presque aussi bon que quand le bâtiment avait été équipé.

On comprend aisément que des câbles qui, à égale force, sont beaucoup plus légers que s'ils étaient fabriqués en chanvre, doivent procurer une grande économie de puissance motrice lors de l'élévation des charges.

Nous apprenons aussi de MM. Colliau et comp., qui fabriquent les cordes et les câbles de la société *Végni* et comp., que cette société a fourni au chemin de fer de Saint-Etienne à Roanne un câble en fil de fer, d'un seul bout et de 900 mèt. de longueur, qui fonctionne à la satisfaction de la compagnie.

Il est à remarquer que la machine qui a fabriqué cet immense câble, et qui aurait pu le confectionner avec une longueur beaucoup plus grande, est également propre à la fabrication des cordages en chanvre et n'occupe pas un espace de plus de 8 à 9 mèt. en carré. Cette ingénieuse invention est donc d'une haute portée pour l'art de la corderie, puisque, si elle était universellement adoptée, elle dispenserait les fabricants et l'administration de la marine, de la construction fort dispendieuse de vastes bâtiments, en permettant de donner une autre destination à ceux qui existent déjà. L'emploi de cette machine assure d'ailleurs une grande régularité dans la fabrication, en sorte que le fil n'est jamais fatigué par la torsion, ce qui en conserve toute la force.

CABLES EN FER.

MM. Colliau et comp. ont soumis les câbles qu'ils fabriquent à des expériences dont nous mettons les principaux résultats sous les yeux de nos lecteurs, en prévoyant que la force indiquée pour l'emploi a été calculée au sixième seulement de la tension d'épreuve.

Câbles pour tous les usages.

Numéro de grosseur.	Diamètre approximatif.	Poids approximatif du mètre.	Force à l'emploi.
1	30 millim.	2 kil.	3,000 kil.
2	28 —	2,50	2,750 —
3	26 —	2,00	2,500 —
4	24 —	1,60	2,250 —
5	22 —	1,40	2,000 —
6	20 —	1,20	1,750 —
7	18 —	1,00	1,500 —
8	16 —	0,80	1,250 —
9	14 —	0,70	1,000 —
10	12 —	0,60	750 —

Câbles pour les mines.

Numéro de grosseur.	Diamètre approximatif.	Poids approximatif du mètre.	Force à l'emploi.
31	26 millim.	2 kil.	2,500 kil.
32	24 —	1,65	2,250 —
33	20 —	1,20	1,750 —
34	18 —	1,00	1,500 —
35	16 —	0,75	1,000 —

CABLES EN FER (*angl.* cables, *all.* kettenaue). Ces câbles, employés dans la marine pour tenir les vaisseaux au mouillage, tendent chaque jour à remplacer de plus en plus complètement les anciens câbles en chanvre autrefois en usage. Ils ont l'avantage d'offrir une beaucoup plus grande durée; en outre, lorsqu'un vaisseau est amarré au moyen d'un câble en chanvre, ce dernier, dont la densité est peu supérieure à celle de l'eau, se trouve tendu presque en ligne droite, et par suite, s'il arrive qu'un coup de vent subit ou une violente lame d'eau vienne se ruier sur le vaisseau, le câble, n'offrant aucune élasticité, il en résultera un choc qui pourra endormager l'ancre, et en déformer ou même en briser le bras ou la patte; un câble en fer, au contraire, formera dans l'eau, par suite de la grande densité du métal qui le compose, une chaînette dont la flèche sera considérable, et par conséquent formera une liaison élastique entre l'ancre et le vaisseau, laquelle amortira le contre-coup qui résulte de toute impulsion brusque que peut recevoir le navire.

La première idée de l'emploi des câbles en fer dans la marine est due à M. Slater, qui prit à ce sujet, en 1808, un brevet qui expira faute de fonds pour l'exploiter en grand. Le premier qui employa ces câbles fut le capitaine *Brown*, qui s'en servit sur la *Pénélope* en 1814. Leur usage s'est depuis répandu de plus en plus; leur forme a aussi été modifiée, et on a aujourd'hui adopté partout le mode de construction inventé par M. Brunton, qui prit à ce sujet des brevets d'invention en Angleterre et en France; mais comme il ne mit pas son brevet à exécution, dans ce dernier pays, dans le délai de deux ans fixé par la loi, il est rentré dans le domaine public.

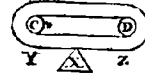
La première condition pour fabriquer de bons câbles en fer est naturellement d'employer du fer fort doux d'excellente qualité, et ensuite de le travailler de manière à ce que l'effort qu'il doit supporter s'exerce dans le sens même des fibres. On peut déterminer, par les considérations qui suivent, la forme la plus convenable à donner aux mailles dont l'assemblage forme le câble: si l'on a une maille annulaire AB, fig 332, et qu'on y applique en C et D deux forces agissant en sens contraires, suffisantes pour l'étirer et lui faire

prendre la forme indiquée fig. 333, la résistance de la maille se trouvera considérablement affaiblie par suite du changement moléculaire forcé qui résultera du changement de forme. Ainsi la partie MN de l'anneau se redressant, le métal sera refoulé à l'intérieur de l'anneau, tandis que le contraire aura précisément lieu aux points E et F. On doit donc rejeter la forme circulaire pour les mailles. Si on introduit dans la maille un étai G, qui empêche les deux points A, B, de se rapprocher, cette circonstance change singulièrement les résultats. La maille, tirée comme tout à l'heure, prend la forme quadrilatère qu'on voit fig. 334; elle offre plus de résistance à la déformation que dans le premier cas, mais par la seule raison qu'elle peut encore se déformer, elle perd de sa force et ne saurait être admise dans des constructions qui exigent une résistance excessive. On ne peut non plus employer des mailles de la forme représentée fig. 333, parce qu'elles auraient trop peu de jeu en reelles manœuvre des câbles plus difficile, et qu'en outre une maille de cette forme, soumise par hasard à une tension transversale contre un obstacle X, se courberait pour prendre la forme indiquée fig. 335, qu'il y ait ou non un étai au milieu, ce qui tendrait à détruire en partie la cohésion des fibres métalliques et à déterminer leur rupture subséquente sous de faibles efforts.

En rejetant toutes ces formes vicieuses, nous sommes naturellement amenés à la forme adoptée par M. Brunton et représentée fig. 336. Cette maille a un



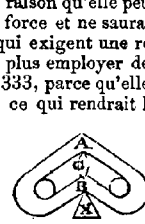
332.



333.



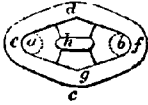
334.



335.

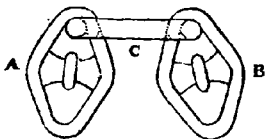


336.



337.

étai en fonte à bout large; elle offre en tous sens une grande résistance à tout changement de forme; car lorsqu'elle se trouve tirée dans la direction ef, les quatre côtés de, df, ge, gf, se trouveront tirés précisément dans le sens de leur longueur à cause de l'étai à larges bords h, dessiné isolément fig. 337, et ne pourront se déformer ni se briser qu'en même temps que la maille entière. La fig. 338 re-

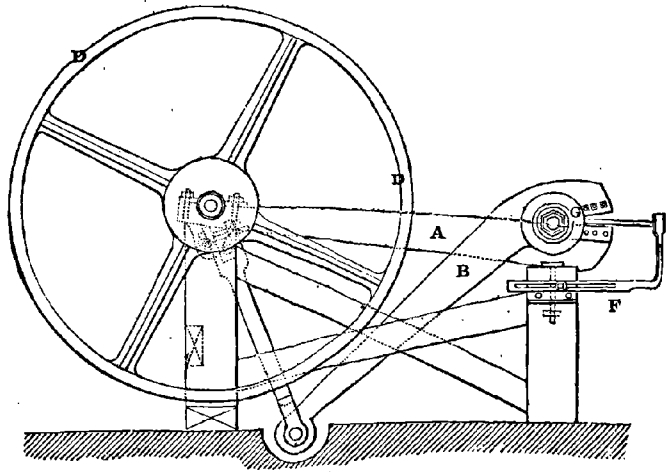


338.

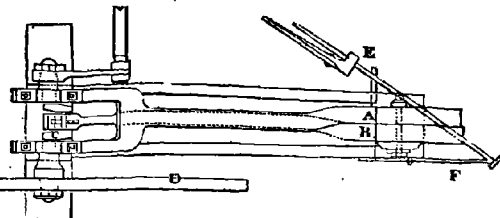
présente un bout de chaînon composé de trois mailles assemblées entre elles.

Fabrication des câbles en fer par le procédé Brunton.
On choisit du fer rond de la meilleure qualité possible et de grosseur proportionnée à la force du câble que l'on veut fabriquer; on le porte au rouge dans un fourneau à réverbère, puis on le coupe à la cisaille en bouts égaux, de longueur convenable, et en biseaux parallèles pour former le croisement et l'amorce de la soudure; ces bouts de barre encore rouges sont portés rapidement sous une machine qui les courbe et leur donne la forme que doivent avoir les mailles. Les fig. 339 et 340 donnent le plan et l'élevation de la cisaille avec laquelle on coupe les barres de fer par bouts égaux pour en former les mailles. A et B sont les deux branches en fonte de la cisaille; la première est fixe, et la seconde est mue par l'arbre coulé C, sur lequel est monté le volant D qui pèse 4 à 500 kilogr. Les mâchoires coupantes sont garnies de morceaux d'acier rapportés avec des boulons qui permettent de les remplacer au besoin. On présente la barre de fer à couper E, immédiatement au sortir du four, à la cisaille, sous un angle constant, en ayant soin de ne pas la laisser tourner sur elle-même, afin que tous les plans de coupe successifs se trouvent parallèles. Un arrêt F sert à déterminer la longueur constante qu'il faut donner à chaque bout pour chaque espèce de câble.

Les fig. 341, 342 et 343 donnent le plan et deux élévations de la machine à courber le fer en mailles de forme elliptique. Elle est représentée au moment où une maille vient d'être ployée dessus; A est un mandrin elliptique en fonte; il se fixe sur le haut d'un poteau en bois B, solidement maintenu en terre; C, mâ-



340.



339.

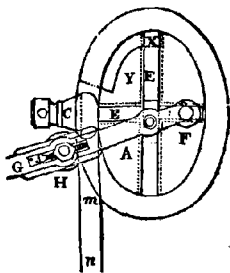
choire d'étai qu'une vis à filet carré serre contre le mandrin A; D, partie du mandrin comprise entre X Y, disposée en plan incliné afin de réserver, entre les

deux faces qui doivent être soudées ensemble, un intervalle égal au diamètre de la barre. E, coulisses glissant librement les tasseaux F, fixés au levier horizontal en fer G, qui a 2 mètres de long, et qui porte en H une poulie ou galet en acier, qu'on peut faire changer de place suivant le diamètre des mailles. On conçoit aisément qu'il faut un mandrin différent pour chaque sorte de mailles.

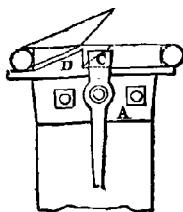
Le morceau de fer mn destiné à faire une maille étant coupé, on l'apporte pendant qu'il est encore rouge à la machine ci-dessus; on le saisit avec la mâchoire d'étau C, par un des bouts, en tournant le biseau oblique en dessus; on fait tourner le levier G, dont chacun des points décrira une ellipse dont la différence des axes sera égale à la distance des tasseaux F, de sorte que le galet H forcera successivement mn à s'appliquer dans la rainure elliptique du mandrin, et que finalement les deux biseaux qui doivent être soudés seront vis-à-vis l'un de l'autre. La longueur du petit diamètre de l'ellipse doit toujours excéder un peu celle de l'étau, afin de rendre libre et facile le placement de celui-ci.

On réunit ensuite les mailles entre elles et on les soude dans des feux de forge ordinaires convenablement outillés.

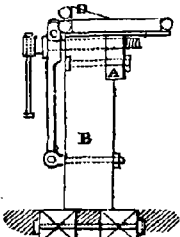
Enfin on place les étais et on donne la dernière forme aux mailles au moyen de la machine représentée fig. 344 : Cette machine consiste en une forte pièce de fonte A, ayant la forme d'une équerre dont une des branches est posée horizontalement et fixée sur un massif par le moyen de boulons; l'autre branche, composée



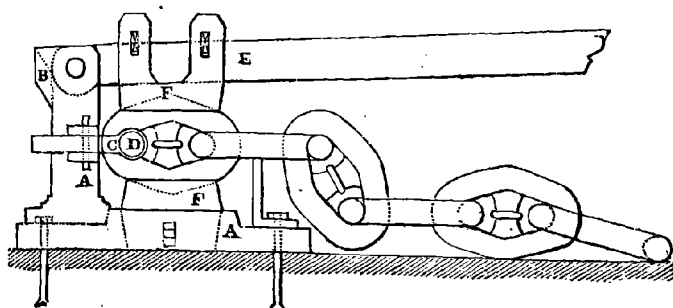
341.



342.



343.



344.

de deux joues laissant entre elles un espace de 0^m,05, s'élève verticalement; ces deux joues sont réunies par le haut et en arrière de leur plan par une traverse B; deux poupées à lunettes C, placées à droite et à gauche des joues, soutiennent un mandrin D, qui représente et

tient lieu de la maille suivante; on presse la maille à l'instant où l'étau est placé convenablement entre l'étau et la contre-étau F, F, fixées l'une à la pièce fixe A, l'autre au levier E de 2^m de long. On a de ces étaux, ainsi que des poupées à lunettes C, de rechange, pour chaque grosseur de mailles.

Les mailles ployées comme nous l'avons dit, sont apportées aux forgerons pour les souder et y mettre l'étau, deux opérations qui se font d'une seule chaude. Aussitôt que la soudure est terminée, et pendant que le fer est encore rouge, on place verticalement la maille entre les étaux F, comme l'indique la figure; un ouvrier introduit alors dans les poupées à lunettes le mandrin D, et présente ensuite l'étau avec une tenaille, tandis qu'un autre ouvrier abat fortement dessus le levier E. Cette compression mécanique fait d'abord parfaitement joindre les côtés de la maille entre les bouts concaves de l'étau; et ensuite le refroidissement du fer augmente encore cette compression.

Chaque maille étant faite avec le même soin, on est sûr de la solidité du câble; néanmoins on ne les livre qu'après les avoir essayés avec une forte PRESSE HYDRAULIQUE horizontale, sur un banc à tirer construit à cet effet.

Forces comparées des câbles de fer et de chanvre.

CABLES EN FER	CABLES EN CHANVRE	SUPPORTENT
Diamètre du fer qui forme les mailles en millimètres.	Diamètre en millimètres.	en kilogrammes.
21,34	65,55	42488
25,40	80,30	48282
28,45	89,90	26407
31,50	97,50	32504
33,03	105,70	35548
34,55	115,95	38595
38,10	129,05	44689
44,45	137,25	52814
44,25	148,30	60939
47,30	160,60	71095
50,40	186,00	84252

Il serait imprudent de vouloir faire supporter à des câbles en chanvre des tensions plus fortes que celles qui viennent d'être indiquées dans le tableau ci-dessus dressé d'après des expériences faites par Brunton; mais

les câbles en fer sont susceptibles d'en supporter plus du double avant de rompre. Cependant on ne doit pas les exposer à une tension plus forte. C'est pour cette raison qu'un câble préparé pour telle force de navire ne doit jamais être employé pour un navire d'un tonnage supérieur. Ne lui faisant point faire un service au-delà de sa force, il durera long temps et même plus que le vaisseau.

Ce que nous venons de dire établit suffisamment la grande supériorité des câbles en fer sur ceux en chanvre. Mais il est juste de reconnaître que cette supériorité tient en partie à la forme des mailles inventées par Brunton. Des expériences répétées ont prouvé qu'elles ont deux fois la force du fer dont elles sont fabriquées; ce qui prouve qu'il n'est pas possible de trouver une

forme plus avantageuse. Une des qualités les plus précieuses de ces câbles est de résister aux efforts latéraux aussi bien que dans le sens de la longueur. Nous citerons, comme exemple, des services qu'ils peuvent rendre, le vaisseau anglais *le Henri*, qui, envoyé en Espagne, chargé de munitions de guerre, pendant la guerre de la Péninsule, fut surpris sur la côte nord d'Espagne, par un ouragan terrible et forcé de chercher asile dans la baie de Biscaye, sur un fond semé d'écueils, au milieu desquels il jeta l'ancre; il était pourvu, heureusement pour lui, d'un câble à la Brunton, de 440^m de longueur, qui tint bon pendant les trois jours que dura la tempête. On remarqua plus tard que les anneaux inférieurs du câble s'étaient polis dans tous les sens par le frottement sur les rochers. Evidemment, dans cette circonstance, tout câble en chanvre eût été rapidement coupé.

Enfin, comme dans certains cas, il peut devenir indispensable de diviser le câble, on réunit les mailles de cinq mètres en cinq mètres au moyen de forts boulons, qu'il suffit de chasser pour désassembler les tronçons qui composent le câble, et que l'on peut ensuite réunir avec la même facilité.

CACAO (voyez CHOCOLAT).

CACHEMIRE (*châles de*). Nous sommes redevables à l'Orient de plusieurs de nos plus brillantes industries manufacturières, et parmi les plus heureux emprunts que nous lui ayons faits, la fabrication des châles peut être placée en première ligne. Avant la campagne d'Égypte, le châle-cachemire n'était connu chez nous que de quelques privilégiés qui avaient entretenu des relations avec l'Inde: il fut révélé au monde commercial par l'envoi que fit à Paris, d'un châle oriental, le général en chef de l'armée d'Égypte. La sensation qu'il produisit fut immense; la nouveauté du travail, la douceur de la matière, l'harmonie des couleurs, l'étrangeté même du dessin furent l'objet de l'admiration générale. Un de ces hommes qui savent deviner et préparer l'avenir d'une industrie, M. Bellanger, conçut de suite tout ce que l'imitation d'un si beau produit pouvait offrir de développement au travail, et de prospérité pour son pays. Il se mit à l'œuvre avec ardeur, s'appliqua avec une activité infatigable à décomposer le tissu oriental, et parvint à créer, par le procédé même employé dans l'Inde, un châle parfaitement semblable à son modèle. Et pourtant, métiers, matière, ouvriers, tout lui manquait; la machine de l'immortel Jacquart n'existait pas encore. M. Bellanger eut le mérite de faire monter le premier métier à la tire; il inventa un harnais à grandes coulisses, et composa son armure en établissant la lisse de rabat et de liage. Le châle-cachemire français fut donc créé, et il faut se reporter à cette époque pour se faire une idée du mouvement industriel qui se manifesta tout d'un coup. La filature de la laine ne fut point sourde à l'appel qui lui était fait: bientôt, elle put livrer à 34 et 36 fr. une qualité qui s'était payée jusque-là 72 et 80 fr. le kilogr.

Accordons ici un juste tribut d'éloges à M. Ternaux, dont le nom se rattache aux découvertes les plus utiles, et qui contribua puissamment au développement et au progrès de cette nouvelle industrie. Il importa de l'étranger la matière même du cachemire, qui consiste dans le duvet cotonneux qui entoure la racine du poil de la chèvre du Tibet. Cette précieuse matière vient en Europe par la voie de Casan, capitale d'un gouvernement de l'empire russe, sur les bords du Volga. Elle est naturellement grise, mais elle se blanchit aisément au soleil. Son prix, dans ces dernières années, était de 47 fr. le kilogr. La perte dans le nettoyage, le cardage et le filage, est d'environ un tiers de son poids. Il est des cachemires fabriqués en France dont les fils sont du n° 430 pour la chaîne, et du n° 228 pour la trame.

M. Ternaux ht venir à grands frais des chèvres du Tibet; il essaya de les acclimater et de les propager

sur notre sol. Si ses efforts ne furent pas couronnés d'un plein succès, le commerce et la France entière ne lui en tinrent pas moins compte, et la reconnaissance publique donna aux nouveaux châles le nom de châles Ternaux, sous lequel ils ont été longtemps connus.

Dès 1782, un fabricant de Paris avait formé, à Bohain et à Fresnoy, des établissements pour le travail des gazes de soie. C'est dans ce pays que la fabrication vint d'abord recruter ses ouvriers, et elle s'étendit bientôt dans le département du Nord, de l'Ain et du Pas-de-Calais. Il nous est impossible de constater le nombre immense de bras que Paris, que Lyon, que Nîmes, et d'autres villes encore, occupent aujourd'hui dans cette branche d'industrie; car l'usage du châle est universel en France, et depuis la grande dame jusqu'à la grisette, il est le complément obligé de toute toilette féminine. Pour répondre à un besoin si général et offrir à toutes les fortunes les moyens de le satisfaire, nos fabriques se sont évertuées à employer de mille manières les duvets indiens, la laine, la soie, le coton, à varier les nuances et les formes du dessin, à rechercher toutes les combinaisons possibles du tissage. Puis, l'impression est venue, avec l'enluminage de ses brillantes couleurs, offrir aux fortunes modestes une imitation séduisante et économique des genres les plus riches.

Ce n'est pas qu'on ne puisse réussir complètement dans l'imitation du travail indien; mais c'est la question économique qui reste encore à résoudre. Les châles de l'Inde, en effet, sont fabriqués par des procédés extrêmement lents et coûteux. En ne considérant que la nature du travail, une distinction se présente de suite à faire entre le châle fait au fuseau, à la manière indienne, dit *époûiné*, et le châle broché au lancé, tel qu'on le fabrique en France. Cette distinction, du reste, est plutôt théorique que pratique; le procédé oriental ne constitue pas une fabrication régulière chez nous. Chaque fabricant a fait sa pièce d'épreuve, mais il ne continue pas.

Dans les deux modes de fabrication, on monte la chaîne de la pièce, ainsi que cela se pratique généralement pour le métier à la Jacquart. Le tissage en imitation s'exécute avec autant de navettes qu'il y a de couleurs dans le dessin. Les navettes sont passées à travers la chaîne, dans l'ordre convenable. Tous ces fils n'étant introduits que par intervalles dans la trame, lorsque la composition du modèle l'exige, ils restent flottants sur le dos de la pièce, et sont ensuite coupés, ce qui n'altère en rien la qualité du tissu, le feutrage empêchant les fils de s'échapper. Mais il y a une porte considérable d'étoffe, laquelle est toute employée dans les tapis.

Le tissage en imitation des véritables cachemires diffère du précédent. Les fils destinés à former la trame sont non seulement égaux en nombre à celui des couleurs du modèle; mais, en outre, il y a autant de petites navettes (semblables à celles dont se servent les brodeuses), remplies de ces fils, qu'il doit y avoir de couleurs répétées dans la largeur de la pièce; on conçoit sans peine que ce nombre soit très considérable, quand le modèle est un peu compliqué ou chargé de couleurs. Chacune de ces navettes passe seulement à travers la partie de la fleur sur laquelle la couleur de son fil doit paraître, et elle revient ensuite sur elle-même après avoir traversé le fil de la navette contiguë. De cet entrelacement réciproque de tous les fils des navettes, il résulte que, quoique la trame soit composée d'un grand nombre de fils différents, ils n'en constituent pas moins une ligne continue dans toute la largeur du tissu sur lequel le battant agit de la manière ordinaire. Ce qu'il y a de plus difficile dans la fabrication des cachemires, c'est d'éviter la confusion des navettes et de ne pas frapper le battant avant que toutes n'aient rempli leurs fonctions. Une femme et deux aides suffisent pour la fabrication de châles de 1^m,20 à 1^m,50 de large, lesquels deman-

dent environ cent jours de travail. (Pour la construction du métier à la Jacquart, voyez JACQUART).

Dans le procédé oriental, toutes les figures en relief sont faites avec un *mince* fuseau, sans la navette employée dans le tissage européen. La fleur et son fond s'exécutent avec le fuseau au moyen d'un entrelacement qui les rend en quelque sorte indépendants de la chaîne. Dans l'imitation des châles orientaux, qui se fait à Lyon, la fleur est unie à la chaîne par la trame qui traverse la pièce, ce qui épargne beaucoup de travail, mais ne laisse pas d'augmenter un peu le prix des châles. D'ailleurs, le fabricant indien lui-même, malgré toutes les conditions de bon marché dans lesquelles il est placé, sous les rapports de la main d'œuvre et de la matière, ne travaille pas avec moins de dépense de temps et d'argent que nous.

Un châle long, à grandes palmes, à larges bordures, de première qualité, et recherché dans le commerce, peut s'établir dans l'Inde sur le pied suivant :

Une paire de châles longs, montée sur douze métiers, peut être confectionnée dans l'espace de six à sept mois. Dans le corps d'une paire de châles longs semblables l'un à l'autre pour le dessin et les couleurs, il y a vingt coutures ou reentrures. Les nœuds de rattachement pour le reentrage des diverses pièces de rapport dont se compose cette paire de châles sont alors placés sur l'endroit et l'envers du tissu.

Pour établir un châle long, unique, c'est-à-dire sans pair et sans aucune reentrure, sur deux métiers ou dans deux ateliers, il faut que la chaîne et les fils soient d'une qualité très supérieure à ce qu'on emploie dans la confection des châles ordinaires, et que les dessins et le mélange des couleurs soient, en tout point, d'une rare perfection. Dans ces conditions, un châle long, sans couture, exigerait un travail de trois années; mais, pendant cet intervalle, il y aurait à craindre pour la chaîne en laine, l'événement, l'altération des couleurs et la piquure des vers, circonstances qui ne permettent guère d'opérer le tissage. Le prix d'un châle de qualité marchande, fabriqué sur douze métiers; et qui demande six à sept mois de travail, varie entre 1,200 et 2,000 roupies, monnaie courante de Cachemire, c'est-à-dire entre 2,400 et 4,000 fr. environ. Dans le milieu d'un châle unique, c'est-à-dire sans pair, il y a toujours deux coutures, c'est l'affaire des reentrures qui font ce travail d'assemblage avec une telle perfection qu'il est impossible de s'en apercevoir. Dans ces conditions, un châle long exigeait un travail de douze mois complets.

Un carré à palmes, fond uni, à large bordure ou encadrement, s'établit sur quatre métiers, selon l'antique usage. Pour exécuter un semblable carré sur un seul métier, il faudrait à peu près onze mois entiers de travail. D'après cela, on peut conclure qu'il n'y a d'avenir chez nous pour le châle *épouliné*, qu'autant qu'on parviendra, à l'aide de la mécanique, à simplifier le travail, comme par exemple, à passer plusieurs *époulines* ou fuseaux à la fois. Et cette espérance, nous pouvons la concevoir en présence des résultats déjà obtenus par quelques-unes de nos nouvelles machines. (Voyez BATTANT-BROCHEUR.)

Mais jusqu'à présent, les châles de fabrique française ne peuvent être considérés que comme tissés et brochés au lancé, et prenant en considération la matière employée, nous les diviserons en :

- Châles de Paris;
- Châles de Lyon;
- Châles de Nîmes.

La fabrique de Paris exploite trois sortes de châles, genre et imitation de cachemire. 1^o le cachemire pur, dont la chaîne et toutes les matières tissées et lancées sont en duvet de cachemire. La majeure partie sont carrés et ont 4^m,80 à 4^m,95 de côté; leur prix varie de 220 à 500 francs. Le nombre des couleurs employés est

rarement au-dessous de 8; il est d'ordinaire de 40 à 44, et il s'élève quelquefois jusqu'à 44 et 45. Les châles longs en cachemire pur doivent avoir de 4^m,50 à 4^m,60 de large sur 3^m,60 à 3^m,80 de long, et leur prix varie entre 300 et 700 francs.

2^o Le châle indou cachemire, qui se fabrique avec les mêmes matières que le cachemire pur, à l'exception de la chaîne qui est en soie de fantaisie. Afin d'obtenir encore une réduction sur le prix de revient, on économise une ou deux couleurs, et l'on peut alors vendre ce châle au prix de 180 à 220 francs.

3^o Le châle indou laine, dont la chaîne est la même que celle de l'indou cachemire, mais dont la trame et le lancé sont en laine plus ou moins fine. C'est l'article de la plus grande consommation du châle parisien, et on peut l'évaluer annuellement à la somme de 42 ou 45 millions. La fabrique de Lyon abandonne à Paris le cachemire pur, mais elle lui dispute avec succès l'exploitation du cachemire indou pure laine. Elle emploie dans le tramé et le lancé une laine fine et douce qui rivalise, pour la souplesse du toucher, avec le cachemire. Mais l'article le plus important de la fabrique de Lyon est le châle thibet. Ce châle se fabrique avec un mélange de laine et de bourre de soie; il se conforme, pour les dessins et les qualités, aux exigences de la consommation, soit intérieure, soit extérieure, et peut descendre à la portée des plus petites fortunes.

Au-dessous du châle thibet, arrive le châle tissé, chaîne et trame en bourre de soie, long ou carré. Ce châle a été longtemps l'unique objet de la fabrication lyonnaise; aujourd'hui cet article est bien réduit, et il est presque entièrement remplacé par le châle thibet.

Lyon fabrique, en outre, une grande variété de châles fantaisie carrés pour l'été, en cachemire, en laine douce, en thibet, en laine, en soie damasquinée, et en soie pure de différentes étoffes et armures qu'il serait trop long d'énumérer en détail. On compte à Lyon environ quatre mille métiers de châles occupant chacun trois personnes; tous ne battent pas constamment; un quart à peu près éprouve un chômage obligé par le changement d'articles, le montage et autres causes. Le châle broché de Lyon, qui, jusqu'à ces dernières années, ne s'exportait que pour l'Allemagne, la Russie, la Hollande et l'Angleterre, vient de trouver, par la modicité de ses prix, un immense débouché dans l'Amérique du Nord, surtout depuis 1838 : tout fait espérer qu'il s'accroîtra encore.

La fabrique de Nîmes met toute son industrie à imiter les dispositions en vogue à Paris et à Lyon, et aucune ne paraît avoir mieux rempli le problème économique, car elle trouve à l'étranger un débouché considérable de ses produits.

Mentionnons encore la fabrique de Reims qui, la première, a monté ses châles sur des chaînes simples, ce qui lui a permis d'en réduire considérablement les prix.

Aujourd'hui le filateur de laine produit mieux et à meilleur marché; le teinturier est devenu plus sûr de ses procédés et plus exact dans ses nuances, le fabricant, le contre-maître, l'ouvrier lui-même ont acquis, par une plus longue pratique, une intelligence plus profonde des procédés de fabrication et des ressources que peut offrir la machine à la Jacquart à l'aide d'ingénieuses combinaisons; aussi l'industrie des châles se perfectionne-t-elle chaque jour, et tout fait présager que bientôt elle n'aura plus rien à envier à l'Orient.

CADENAS. Voyez SERRURERIE.

CADMIUM (*angl. et all. cadmium*). Métal découvert en 1817 par Stromeyer, dans les minerais de zinc de la haute Silésie, qui en renferment 1, 2, et même quel-
quesfois, quoique très rarement, jusqu'à 40 pour 100. On reconnaît aisément sa présence dans un minéral de zinc, par un essai au chalumeau, à l'aurole rougeâtre d'oxyde

de cadmium qui se dépose sur le charbon, tandis que cette auréole est d'un beau blanc si le minerai ne renferme que du zinc.

Le cadmium a beaucoup d'analogie avec l'étain, dont il présente la couleur et l'éclat. Il est assez mou, un peu plus dur cependant que l'étain, est susceptible de prendre un très beau poli, et laisse sur le papier des traces gris de plomb ; il se laisse aisément limer, ciseler et plier ; dans ce dernier cas, il fait entendre un cri particulier qui rappelle celui de l'étain. Il est assez ductible, et peut être étiré en fils assez fins, ainsi que réduit sous le marteau en feuilles d'une très grande ténuité. Fondu, sa densité est de 8,604 ; écroui sous le marteau, elle est de 8,6244. Il fond, selon Daniell, à 360°, et se volatilise peu au-dessus ; il est par conséquent beaucoup plus volatil que le zinc.

Le cadmium s'altère peu à la température ordinaire dans l'air, même humide ; il se recouvre seulement à la longue d'une mince pellicule grisâtre d'oxyde, qui forme vernis à la surface et préserve presque entièrement l'intérieur de toute altération subséquente. Chauffé au contact de l'air, un peu au-dessus de son point de fusion, il s'enflamme et brûle aussi facilement que le zinc, en produisant une fumée épaisse inodore d'un brun jaunâtre. Il se dissout aisément dans les acides nitrique, sulfurique et hydrochlorique, quoique moins rapidement que le zinc, en donnant de même lieu avec les deux derniers à un dégagement de gaz hydrogène.

Le cadmium ne forme qu'un seul oxyde, qui s'obtient soit en chauffant le métal au contact de l'air soit en calcinant le nitrate ou le carbonate de cadmium. Il est d'un brun jaunâtre plus ou moins clair, suivant les circonstances dans lesquelles il a été obtenu ; il n'est ni fusible ni volatil ; le charbon et un grand nombre de métaux, entre autres le zinc, le réduisent au-dessous du rouge avec la plus grande facilité. C'est une base assez énergique. Il se compose de 87,45 de cadmium et de 12,55 d'oxygène pour 100. Il forme un hydrate blanc, qu'on obtient en précipitant un sel soluble de cadmium par une dissolution de potasse ou de soude caustique.

Les sels de cadmium sont incolores, leur saveur est acerbe et métallique ; ils sont en général solubles et cristallisables. L'hydrogène sulfuré et les hydrosulfates alcalins en précipitent du sulfure de cadmium d'un jaune rouge très beau et très éclatant, employé dans la peinture. Parmi les autres sels nous ne citerons que le sulfate, qui est employé en médecine dans les maladies des yeux pour faire disparaître les taies.

Pour retirer le cadmium des minerais ou autres produits qui le renferment, on les grille s'ils contiennent du soufre, et on dissout ensuite dans l'acide sulfurique ou hydrochlorique, puis dans la dissolution rendue fortement acide, on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré qui précipite, à l'état de sulfure, le cadmium un peu de zinc, et le cuivre s'il y en a dans la dissolution. Ou redissout les sulfures dans l'eau régale, on précipite les métaux par du carbonate de potasse ou de soude, et on fait digérer le précipité avec du carbonate d'ammoniaque, qui redissout tout le cuivre et le zinc ; on lave ensuite d'abord avec de l'eau chargée de carbonate d'ammoniaque, puis avec de l'eau pure ; on calcine le dépôt ; enfin on réduit l'oxyde en le mélangeant avec du noir de fumée et le chauffant avec ménagement.

On peut aussi précipiter le cadmium de la dissolution, par une lame de zinc ou de fer ; mais il est toujours nécessaire de le redissoudre et de le purifier, comme nous l'avons dit, pour l'avoir tout à fait exempt de cuivre et de zinc.

Depuis quelque temps on retire environ 500 kilos de cadmium dans les grandes usines à zinc de la haute Silésie, de la manière suivante :

On a remarqué que dans le traitement du minerai de zinc par le procédé suivi en Silésie (voyez ZINC), le cadmium plus volatil que le zinc se dégage complètement pendant les quatre premières heures de la distillation, s'oxyde à la sortie de l'allonge, et forme un oxyde brun jaunâtre qui se trouve mêlé à l'oxyde blanc de zinc qui se forme toujours dans le travail des mouffes, surtout au commencement de l'opération. On recueille donc les oxydes formés pendant ce temps, en choisissant de préférence les parties brunâtres, et on les mélange avec 1/3 de leur poids d'escarbilles de coke, et on les introduit dans une mouffe semblable à celles employées pour la distillation du zinc, mais que l'on place dans les fours servant au grillage de la calamine, chauffés par les flammes perdues, ou par conséquent la température est moins élevée que dans les fours de distillation proprement dits. Cette mouffe se termine par une allonge extérieure conique et légèrement inclinée, en tôle, qui se trouve constamment refroidie par le courant d'air extérieur, de sorte que le zinc qui distille, se condense et se prend en gouttelettes qui adhèrent à la partie supérieure de l'allonge, tandis que le cadmium plus volatil, s'oxyde et se dépose sous forme d'une poudre jaunâtre à sa partie inférieure. Comme le cadmium est très volatil, on fait en sorte qu'il ne puisse être entraîné à l'état de vapeur, en adaptant à l'extrémité de l'allonge de tôle un bouchon en bois, dans l'axe duquel on a seulement percé une petite ouverture pour permettre aux gaz de s'échapper. Chaque charge ne dure que douze heures. Il va sans dire qu'on fait tomber l'oxyde de cadmium qui se dépose à la partie inférieure de l'allonge, et que l'on détache les gouttelettes de zinc collées à la partie supérieure, toutes les fois que cela est nécessaire. Enfin on réduit l'oxyde de cadmium ainsi obtenu dans une cornue cylindrique en fonte munie d'une allonge en tôle, en le mélangeant avec du charbon de bois pulvérisé, et chauffant la cornue à une chaleur modérée, ce qui se fait en l'introduisant dans la cheminée qui surmonte le four de grillage. La température à laquelle on opère est assez basse, et l'allonge suffisamment refroidie par le courant d'air extérieur, pour que le cadmium s'y condense et coule en gouttelettes au dehors. On le refond avec un peu de résine et on le coule en petites barres cylindriques dans des moules en sable. Ce cadmium se vend au profit du maître fondeur qui a dirigé l'opération, et il se paye quelquefois jusqu'à 70 francs le kilogramme. Ainsi obtenu le cadmium renferme encore une faible proportion de zinc, que l'on peut séparer par voie humide, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Si ce n'était sa rareté et son prix élevé, le cadmium pourrait aisément remplacer l'étain dans la plupart de ses applications.

P. DEBETTE.

CAFÉ (*angl.* coffee, *all.* kaffee). L'arbre qui produit le café, le *coffea arabica*, appartient à la famille des rubiacées, et est originaire de la haute Egypte et de l'Arabie-Heureuse ; il y atteint 5 à 6 mètr. de hauteur ; les feuilles ont de la ressemblance avec celles du laurier, mais elles sont moins sèches et moins épaisses. De petits bouquets de fleurs blanches, semblables à celles du jasmin, naissent à l'insertion des feuilles ; elles se faussent très vite, et sont remplacées par des fruits qui ressemblent assez aux cerises, et qui contiennent un mucilage jaune glaireux renfermant deux grains de café, qui, dans leur état naturel, sont accolés suivant leur face plate et enveloppés d'une seule et même pellicule, de manière à présenter la forme d'un sphéroïde un peu allongé.

Ce ne fut que vers la fin du xv^e siècle que l'on commença à cultiver le café en Arabie. La chronique attribue la découverte du café, comme breuvage, au supérieur d'un monastère, qui, voulant empêcher les moines de s'endormir pendant les offices de nuit, leur fit prendre

une infusion de café, sur le rapport de bergers qui prétendaient que leurs troupeaux étaient plus vifs et plus éveillés lorsqu'ils avaient brouté des fruits de cette plante. L'usage du café se répandit rapidement, quoiqu'il rencontrât beaucoup d'opposition de la part du gouvernement turc. Sous le règne d'Amurath III, le mufti fit former par une loi tous les cafés, et cette même loi fut remise en vigueur pendant la minorité de Mahomet IV. Ce ne fut qu'en 1554, sous le grand Soliman, que l'usage du café devint permis à Constantinople, et plus d'un siècle s'écoula encore avant qu'il fût connu en France et en Angleterre. L'aga Soliman en introduisit l'usage à Paris, et en 1672 un Arménien établit le premier café à la foire de Saint-Germain.

A mesure que l'usage du café se répandit, toutes les puissances qui possédaient des colonies sous les tropiques cherchèrent à y transplanter et acclimater l'arbre à café. Les Hollandais furent les premiers qui transplantèrent cette plante de Moka à Batavia, et de là à Amsterdam; en 1714 les magistrats de cette dernière ville envoyèrent à Louis XIV un plant de café qui fut placé au Jardin-des-Plantes, et duquel sont provenues toutes les plantations de la Martinique.

Le principal centre de production du café est encore l'Arabie-Heureuse, surtout aux environs d'Aden et de Moka. On le cultive sur des collines qui l'abritent en partie contre la chaleur des rayons solaires. On le récolte en étendant des draps sous les arbres, puis secouant ceux-ci. On laisse ensuite sécher les fruits au soleil, sur des nattes, puis on les passe sous un rouleau très pesant pour briser l'enveloppe qui recouvre les grains de café, que l'on sépare ensuite par le vannage. On sèche encore ces grains au soleil avant de les mettre en magasin.

Le café le plus estimé est celui de *Moka*; il est en grains presque jaunes, petits et arrondis, et possède un goût et un parfum plus agréables que tout autre. Vient ensuite les cafés de la *Martinique* et de l'île *Bourbon*; le premier est en grains plus gros et plus allongés que ceux du café moka; ces grains sont arrondis à leur extrémité, ont une couleur verdâtre, et conservent presque toujours une pellicule grise-argentée, qui tombe lorsqu'on les torréfie; le café Bourbon se rapproche davantage du moka, dont il provient plus directement. Le café de Saint-Domingue est effilé en pointe aux deux bouts, et est beaucoup moins estimé que les deux précédents.

Malgré les travaux d'un grand nombre de chimistes, nous ne possédons que peu de documents certains sur la vraie composition chimique du café, et nous sommes encore assez éloignés de savoir à quels principes on peut attribuer son action sur l'économie animale. En 1820, Runge a découvert, dans la solution aqueuse du café, une substance cristalline, à laquelle il a donné le nom de *cafféine*, mais qui ne paraît jouer qu'un rôle tout à fait secondaire dans les propriétés de l'infusion du café. Pour préparer la *cafféine*, on traite le café vert ou torréfié par l'eau bouillante, on précipite la dissolution par l'acétate de plomb, on filtre, on sépare l'excès de plomb en faisant passer dans la liqueur un courant d'hydrogène sulfuré, on filtre, et on fait cristalliser par évaporation. La *cafféine* ainsi obtenue est un corps très indifférent, qui est identique ou au moins isomère avec la *théine*, découverte dans le thé, et est une des substances végétales les plus azotées; elle renferme : carbone 8 at., hydrogène 10 at., oxygène 2 at., et azote 4 at.

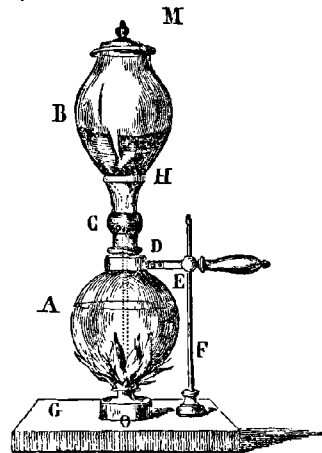
Le café vert est une substance dure, cornée et élastique, qu'il serait fort difficile de pulvériser sans une torréfaction préalable. Non seulement cette opération remplit parfaitement son but sous ce rapport, mais elle a en outre l'avantage de développer l'arôme, ou, comme on dit, le *bouquet* du café. Le grain bien torréfié doit avoir une teinte chocolat bien égale; ce point est facile à reconnaître pour celui qui a quelque habitude de cette

opération; il n'a même pas besoin de voir le café, l'odeur lui suffit; il est atteint lorsque le parfum se développe, et que toute l'atmosphère environnante s'en trouve embaumée; par une torréfaction trop prolongée, il se produit de l'huile empyreumatique et amère, qui donne au café un goût détestable; si l'on donne dans l'excès contraire, la verdeur du grain s'y conserve et masque en partie le bouquet qui ne se manifeste qu'à une température plus élevée. Un café bien conservé perd, par un bon grillage, 16 à 20 p. 100; au-delà, il a été trop fortement torréfié.

Il convient de garder le café torréfié dans des boîtes exactement closes, à l'abri de l'humidité, et de ne le broyer qu'au moment de l'employer; autrement il s'évente, et son bouquet se dissipe.

Pour broyer le café, on se sert de moulins qui portent une noix tranchante, qui permettent d'obtenir une poudre égale et à grains que l'on gradue à volonté en faisant varier la position de la noix au moyen d'une vis.

Parmi les nombreux appareils employés pour préparer l'infusion du café, nous mentionnerons seulement la cafetière la plus élégante, la plus commode, et en même temps celle qui remplit le mieux le but qu'on se propose d'obtenir de ne rien perdre de l'arôme, et en agissant à une température qui atteint à peine 100° d'éviter la dissolution de produits âcres et empyreumatiques.



346.

Cette cafetière se compose : d'un ballon en verre A, supporté par une fourchette D, qui se fixe sur la tringle F, faisant corps avec le pied ou plateau G, au moyen de la vis de pression E; c'est dans le ballon A qu'on introduit l'eau destinée à faire l'infusion de café; on y réunit ensuite le ballon B, terminé à sa partie inférieure par un bouchon C; le ballon B porte en H un filtre sur lequel on verse le café en poudre en enlevant le couvercle M; au-dessous de ce filtre est un entonnoir très plat, qui se termine par un tube en cristal qui traverse le bouchon C, et qui, lorsque l'appareil est monté comme la figure l'indique, vient déboucher tout près du fond du ballon A; ce dernier renfermant une quantité d'eau suffisante, on la porte en peu de temps à l'ébullition en allumant la lampe à esprit-de-vin O; dès que le liquide bout, la vapeur qui occupe la partie supérieure du ballon A acquiert une tension suffisante pour faire remonter l'eau bouillante du ballon A, par le tube de cristal dans le ballon B, en traversant le filtre et soulevant le café situé

dessus, ce qui le met dans une agitation continuelle, et augmente la rapidité et l'uniformité de l'infusion. Lorsqu'on éteint la lampe à esprit-de-vin, la tension de la vapeur diminue dans le ballon, l'infusion repasse à travers le filtre, et retombe parfaitement claire, par le tube en cristal, dans le ballon A; on enlève alors le vase B, on le remplace par un syphon en cristal, et on verse le café dans les tasses par la pression de la vapeur.

CAGNARDELLE. Voyez MACHINES SOUFFLANTES.

CALAMINE (*angl.* calamine, *all.* gallmei). Minerai de zinc carbonaté. Voyez ZINC.

CALANDRE (*angl.* calender, *all.* kalender). Nom donné à une machine qui sert à lisser et lustrer les tissus, et particulièrement les étoffes de coton. Cette machine se compose de deux ou plusieurs laminoirs qui se touchent, et dont la pression respective est réglée par des poids convenables, de manière à lisser et même lustrer l'étoffe qui les traverse. La calandre sert soit à donner le dernier apprêt aux tissus avant de les mettre en vente, soit à donner à leur surface l'uniformité et la consistance nécessaires à l'impression. Le degré de consistance et de lissage à produire varient suivant le but que l'on veut atteindre. Les tissus de coton blancs, qui doivent être imprimés, doivent être très fortement comprimés au calandrage, parce que la beauté et la netteté de l'impression dépendent de l'égalité et de la finesse du lissage antérieur; aussi, dans beaucoup de fabriques, passe-t-on toujours les tissus à la calandre, à deux reprises différentes, avant de les livrer à l'impression. Les tissus, au contraire, qui ont déjà été teints dans la cuve à garantie ou de toute autre manière, et sur lesquels on doit imprimer encore d'autres couleurs, doivent subir un calandrage beaucoup plus faible, parce que les contours de la première impression ayant un peu varié par le lavage, etc., l'imprimeur doit tirer l'étoffe tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, pour faire coïncider ces contours avec ceux de la forme qui sert à l'impression suivante, ce qui ne pourrait avoir lieu si le tissu avait acquis trop de corps par le calandrage. Enfin, dans le calandrage qui sert à donner le dernier apprêt aux indiennes, la pression doit être moins considérable que dans les cas que nous avons énumérés, et dépend tant de la nature même du tissu que du lustre qu'on veut lui donner.

Une calandre se compose de 2, 3, 4 ou 5 cylindres horizontaux, de 4^m,25 environ de table, dont les coussinets sont échelonnés les uns au-dessus des autres, dans deux fortes coulisses verticales en fonte. Lorsqu'il y a, par exemple, 3 cylindres, l'étoffe passant d'abord entre le premier et le second, puis entre le second et le troisième, éprouve un double calandrage. Ordinairement les calandres à 5 cylindres servent à calandrer à la fois deux pièces d'étoffe qui passent elles-mêmes chacune deux fois entre les cylindres. Il y a toujours au moins un des cylindres en métal, soit en bronze, soit en fonte; ce cylindre, extérieurement tourné et parfaitement poli, est creux et est échauffé soit par une plaque de fer rouge qu'on y introduit à l'intérieur, soit, ce qui est bien préférable, en y faisant passer un courant de vapeur, comme on le pratique pour les cylindres de la machine à apprêter (voy. fig. 238 et 239, page 392, BLANCHIMENT). On donne à ces cylindres une épaisseur de 4 à 5 centim., afin qu'ils présentent la rigidité nécessaire et qu'ils concentrent dans leur masse une certaine quantité de chaleur. Les autres cylindres sont faits en carton de la manière qui suit : l'axe est une forte barre de fer carrée; on fixe à peu de distance de l'une des extrémités un disque en fonte, de diamètre un peu moindre que celui que doit avoir le cylindre, percé de quatre ou six trous également espacés, dans lesquels on introduit de longs boulons de fer parallèles à l'axe, munis à l'un des bouts d'une tête et à l'autre d'un écrou; on découpe ensuite un grand nombre de disques en carton épais et

fort, ayant un diamètre plus grand de 5 à 6 centim. que celui à donner au cylindre, et on les perce d'une ouverture carrée pour laisser passer l'axe au centre, et de quatre à six ouvertures équidistantes pour laisser passer les boulons; on les enfle ensuite sur l'axe et les boulons, jusqu'à ce qu'on arrive presque à l'extrémité de ces derniers; on met par-dessus un second disque en fonte semblable au premier; on adapte les écrous aux boulons et on les serre autant que possible; on dessèche le cylindre ainsi obtenu dans une étuve à une forte chaleur; les disques de carton se retirent; on resserre de nouveau les écrous, et enfin on dresse et on termine le cylindre sur le tour; le carton ainsi comprimé offre une masse d'une dureté étonnante, qui prend parfaitement le poli, et qui émousse si rapidement l'acier, qu'il faut deux remouleurs pour affûter les outils qu'emploie dans le même temps un tourneur. Un cylindre de 0^m,50 de diamètre doit faire au plus quarante tours par minute, et l'on doit se servir d'outils très petits qui n'enlèvent que fort peu de matière à la fois. On peut employer avec avantage, pour donner le dernier fini, des burins en diamant qui n'enlèvent qu'extrêmement peu de matière à la fois, mais qui ne s'émoussent point.

On avait d'abord essayé d'employer des cylindres en bois massif, mais on dut y renoncer parce qu'ils se déformaient et se gerçaient rapidement. On a imaginé depuis peu en Angleterre de prendre des planures de bois de sapin, de les dessécher fortement à l'étuve, puis de les comprimer aussi fortement que possible, au moyen d'une puissante presse hydraulique, dans un moule cylindrique en fonte, de manière à en former des disques de 6 à 7 centim. d'épaisseur. Ces disques sont enfilés sur un axe carré en fer et pressés d'abord entre deux disques en bois massif, puis entre deux disques en fonte, comme ci-dessus. On obtient ainsi des cylindres très durables, qui se laissent dresser beaucoup plus facilement sur le tour, et qui reviennent à un prix bien moins élevé que les cylindres en carton.

Lorsque la calandre n'a que deux cylindres, l'un d'eux est ordinairement métallique et l'autre en carton; rarement ils sont tous les deux en carton. Le plus souvent on emploie trois cylindres, dont l'intermédiaire est métallique et les deux autres en carton; quelquefois cependant c'est le contraire. Lorsqu'il y a quatre cylindres, il y a, en allant de haut en bas, un cylindre en carton, un cylindre métallique, et enfin deux cylindres en carton entre lesquels l'étoffe passe d'abord. Lorsqu'on emploie cinq cylindres, les 4^{es}, 3^{es} et 5^{es} sont en carton, et les 2^{es} et 4^{es} sont métalliques.

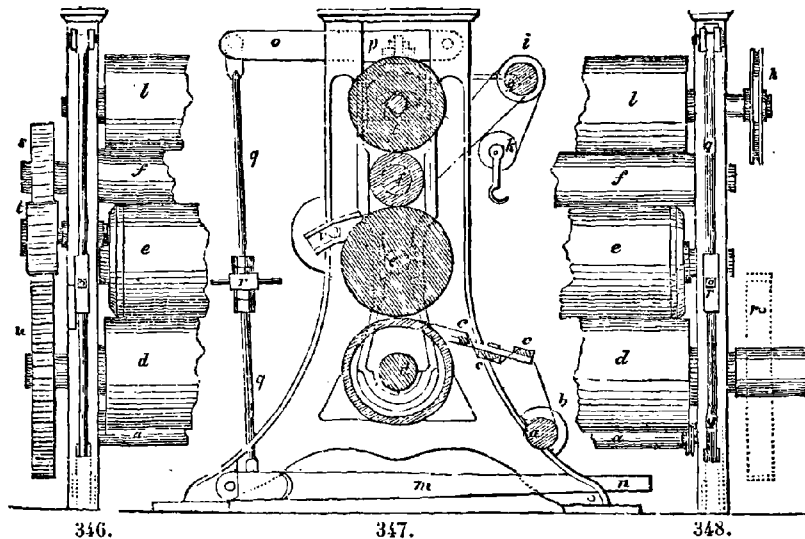
Les cylindres sont mis en mouvement au moyen de courroies sans fin ou de roues dentées. Le plus souvent le cylindre métallique communique seul directement avec la force motrice, et les autres cylindres se meuvent seulement en vertu de leur pression respective, de sorte que leur vitesse à la circonférence se trouve la même (elle est d'environ 0^m,50 par seconde), et le lissage de l'étoffe n'a lieu que par la compression qu'elle éprouve en passant entre les cylindres. Lorsqu'au contraire, on communique au moyen de roues d'engrenages des vitesses à la circonférence différentes à deux cylindres consécutifs, de telle sorte que la surface du cylindre en métal soit supérieure à celle du cylindre en papier; il y aura glissement du cylindre métallique sur l'étoffe, ce qui en augmentera considérablement le lustre; aussi nomme-t-on souvent les calandres ainsi disposées, *calandres à lustrer*. On donne à l'étoffe un moiré particulier en l'aspergeant d'eau, immédiatement avant son passage entre les cylindres; on augmente la beauté de ce moiré, en communiquant à l'étoffe, pendant son passage entre les cylindres, un léger mouvement de va-et-vient dans le sens de sa largeur, au moyen d'un mécanisme particulier. Pour obtenir à la calandre un lissage complètement mat, on emploie deux cylindres dont le

supérieur à coussinets mobiles presse sur l'inférieur par l'action de son propre poids, et au besoin, de poids additionnels; après avoir passé entre les cylindres, l'étoffe s'enroule sur le cylindre supérieur, de sorte que la compression au lieu de s'exercer entre deux surfaces dures et polies, s'exerce entre une surface de ce genre et une surface élastique et peu dure.

La fig. 347 représente une coupe transversale, et les fig. 346 et 348 une élévation de la calandre habituelle-

l'on veut opérer avec l'action de la chaleur on introduit des barres de fer rouges dans le cylindre creux en fonte *d*, ou mieux on y fait passer un courant de vapeur d'eau.

On dispose les calandres d'une infinité d'autres manières que celle que nous venons de décrire. La disposition qui paraît la plus parfaite est celle inventée par *Kar: Dolfuss*, et qui est employée dans les meilleures fabriques d'indiennes de l'Alsace (voyez pour la descrip-



346.

347.

348.

ment employée en Angleterre : on enroule d'abord l'étoffe sur le cylindre en bois *a*, sur l'axe duquel est montée une poulie *b*, qui porte un contre-poids servant à régler la tension de l'étoffe; celle-ci passe ensuite sur les barres *c*, *c*, qui servent à l'étendre, puis entre le cylindre creux en fonte *d*, et le cylindre en papier *e*, chacun de 0^m,40 de diamètre; elle repasse ensuite entre le cylindre en papier *e*, et le cylindre plein en fonte *f*, de 0^m,20 de diamètre, et vient enfin s'enrouler sur le cylindre en bois *g*; ce dernier est mis en mouvement par une courroie sans fin qui passe sur les gorges des poulies *h* (fig. 348) et *i* (fig. 347); le rouleau de pression *k*, sert à donner la tension convenable à l'étoffe. *l*, est un cylindre de pression, en bois de platane, de 0^m,35 de diamètre, qui sert à répartir uniformément la pression sur les cylindres de la calandre. Celle-ci est produite par des poids suspendus en *n*, à l'extrémité d'un système de tiges et leviers articulés *m*, *q*, *o*, s'appuyant en *p* sur les coussinets du cylindre de pression *l*; les deux pièces *q*, *q*, sont jointes au manchou *r* au moyen d'écrous, se vissant les uns à gauche, les autres à droite, de sorte que l'on augmente ou que l'on diminue la pression exercée par le cylindre *l*, en tournant dans un sens ou dans l'autre le manchou *r*, ce qui diminue ou augmente la longueur de la tige *q*. En tournant suffisamment le manchou, on peut séparer les bouts de tige *q*, *q*, et enlever s'il est nécessaire le cylindre de pression *l*.

On communique le mouvement aux cylindres, avec une vitesse plus ou moins différente à la surface, au moyen des roues d'engrenage *s*, *t*, *u*, (fig. 346); la roue *u* a 62 dents, la roue *s* en a 20, et la roue *t* en a 33, 32 ou 20 suivant la différence de vitesse que l'on veut obtenir; l'axe de la roue intermédiaire *t*, que l'on peut changer à volonté, est mobile dans deux coulisses *v*, où on le fixe d'une manière convenable; la force motrice est appliquée directement sur l'axe de la roue *u*. Si

tion complète de cette calandre, le n° 48 du Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse). On passe deux pièces d'étoffe à la fois dans cette calandre; celles-ci s'enroulent ensuite sur un rouleau, ou sont pliées au sortir de la machine, au moyen d'un mécanisme très ingénieux que nous décrirons au mot *PLIAGE des étoffes*. Enfin une disposition très simple s'oppose complètement à ce que, par accident, en présentant l'étoffe, les doigts de l'ouvrier ne puissent être pris et écrasés entre les cylindres.

CALCAIRE (voyez CARBONATE DE CHAUX).

CALCEDOINE (voyez QUARTZ).

CALCINATION. Autrefois, *calciner* signifiait changer en chaux, c'est-à-dire oxyder une substance métallique par le contact de l'air; mais aujourd'hui l'acception de ce mot a totalement changé. L'opération que l'on appelle maintenant *calcination* a pour objet, soit de séparer d'une substance minérale ou organique une substance volatile quelconque, par l'effet seul de la chaleur et sans le concours de l'air, soit de lui faire éprouver des changements brusques de température, pour la rendre plus fragile, soit enfin de lui donner plus de cohésion, et de la rendre moins facilement attaquable par les agents atmosphériques et chimiques.

On calcine, pour en séparer l'eau, les hydrates de fer, de zinc, et tous les minerais à gangue argileuse; pour en séparer l'acide carbonique, les carbonates de chaux, de fer, de zinc; pour en séparer à la fois l'eau et l'acide carbonique, les carbonates hydratés de fer, de zinc (voyez MÉTALLURGIE, CHAUX, FER, ZINC, etc.); pour en séparer une portion du soufre et de l'arsenic, plusieurs sulfures et arsénio-sulfures; mais dans ce cas il y a presque toujours fusion; enfin, on calcine pour expulser le bitume, etc., les bois, houilles et autres combustibles minéraux (voyez CARBONISATION). On calcine pour les étonner et les rendre fragiles, le quartz et toutes

les pierres très dures (voyez POTERIE, VERRERIE); dans ce cas, après les avoir fait chauffer jusqu'au blanc, on les étonne en les projetant brusquement dans une grande masse d'eau froide. On calcine, pour leur faire prendre de la cohésion et leur assurer une durée pour ainsi dire indéfinie, les argiles (voyez BRIQUE, POTERIE).

Quant aux appareils de calcination ils varient suivant le résultat à obtenir et la nature de la matière que l'on traite; aussi en renvoyons-nous la description aux articles spéciaux.

CALCULER (MACHINES A). Plusieurs machines ingénieuses ont été inventées pour effectuer mécaniquement des calculs assez compliqués. La plus ancienne de ces machines est due au célèbre Pascal, dont le génie entrevit l'avenir de ce genre d'invention, qui certes est loin d'être arrivé au dernier degré de perfectionnement. Nous passerons rapidement en revue les principaux systèmes connus aujourd'hui, en ne nous arrêtant que sur ceux d'une utilité pratique incontestable.

Nous décrirons d'abord les machines à compteur à chiffres, puis celles à division logarithmique, enfin les machines graphiques.

Machine à calculer, addition et soustraction, du docteur Roth. Cette ingénieuse machine consiste en une boîte longue et étroite, dont la face supérieure est recouverte d'une plaque sur laquelle on a gravé des chiffres. A l'une des extrémités de la boîte est placé un style à pointe mobile destiné à écrire les nombres. La plaque est divisée en huit cadrans ou anneaux demi-circulaires; les six premiers, en allant de gauche à droite, servent à poser les nombres depuis les centaines de mille jusqu'à l'unité; les deux derniers sont consacrés aux fractions décimales du nombre à écrire. Autour de chaque cadran sont gravés deux séries de 10 chiffres de 0 à 10; les noirs servent pour l'addition, les rouges pour la soustraction, et dans les entailles demi-circulaires existent des dents dont les intervalles correspondent aux chiffres. Au-dessous des cadrans règnent deux rangées de trous destinés à présenter sur une ligne horizontale le nombre que l'on pose; nous leur donnerons le nom de tableau. Le tableau rouge supérieur est destiné à la soustraction, le tableau noir inférieur à l'addition.

Lorsqu'on veut faire une addition et poser un nombre quelconque, on commence par ramener tous les trous ronds à zéro, puis on dégage le style placé à l'extrémité de la boîte, on en enfonce verticalement la pointe dans l'entaille au cran correspondant au chiffre que l'on veut poser, et on conduit ce cran de droite à gauche jusqu'à l'extrémité du cadran; le chiffre se produit aussitôt dans le trou placé immédiatement au-dessous du cadran sur lequel on a opéré; on procède ensuite de la même manière, jusqu'au dernier, pour les chiffres suivants du nombre à poser, en observant que s'il se rencontre un zéro il n'y a pas à le marquer.

Supposons que l'on veuille écrire le nombre 4,630 francs 23 centimes; on placera le style dans le cran correspondant au chiffre 4 noir sur le cadran des mille, et on amènera les dents jusqu'à l'extrémité gauche; on écrira de même le chiffre 6 sur le cadran des cents, 3 sur celui des dizaines, et rien sur celui des unités, puisque le chiffre des unités est zéro; puis aux cadrans des fractions, 2 sur celui des dixièmes, et 3 sur celui des centimes; on aura pour résultat de cette opération le nombre. 4630,23, écrit au tableau noir;

si on veut ajouter à ce nombre celui de 29837,55, par exemple, on opérera comme pour le premier nombre et la somme. 31467,78 se trouvera écrite au tableau noir. On peut de cette manière ajouter à un premier nombre tous ceux que l'on veut jusqu'à un million, et toujours l'addition exacte se fait à mesure que l'on écrit. Il est indifférent d'écrire les nombres en

commençant par la gauche ou par la droite; seulement le premier procédé est le plus commode.

Le mécanisme de cette ingénieuse machine est tellement simple que nous espérons le faire aisément comprendre sans figures. Les dents qui saillent dans chaque entaille demi-circulaire appartiennent à une roue à rochet concentrique, à laquelle un cliquet permet seulement de se mouvoir de droite à gauche. Ces roues portent sur deux circonférences concentriques et écrits en noir et en rouge la série double des chiffres 0, 1, 2... 9, 0, 1, 2... 9, écrits les uns dans un sens, les autres dans l'autre, comme cela a lieu pour les deux séries simples gravées sur le pourtour des entailles circulaires. Les trous ronds des deux tableaux sont respectivement pratiqués au-dessus de ces deux circonférences. Il est alors évident que l'une de ces roues étant disposée de telle sorte qu'il y ait 0 au tableau noir, si l'on amène avec le style le cran 5 au cran 0, le chiffre 5 viendra remplacer le 0 dans le tableau noir; si on amène de nouveau le cran 2 au cran 0, la roue avancera de deux dents, et le chiffre $7 = 5 + 2$ remplacera le 5 au tableau noir. L'axe de chacune des roues à rochet porte une double came, contre laquelle vient appuyer, par le moyen d'un ressort, une saillie pratiquée sur l'un des bras d'un levier coudé, dont l'autre bras porte lui-même un ressort ou cliquet qui, à chaque demi-tour de la roue, fait sauter une des dents de la roue à rochet de gauche, de telle sorte que, lorsque la somme des unités, successivement écrites sur un cadran, atteint une dizaine, ce cliquet fait sauter une dent ou un chiffre du cadran de gauche. On conçoit donc que les additions se fassent comme nous l'avons indiqué, et que le nombre des cadrans et des roues à rochet détermine la grandeur des nombres sur lesquels on peut opérer.

Lorsque ayant terminé une addition, on veut en commencer une autre, il faut commencer par ramener tous les trous ronds du tableau noir à zéro; pour cela on attire d'abord à soi le bouton de cuivre placé à l'extrémité gauche de la boîte, lequel termine une tige cachée dans l'intérieur; par ce mouvement, la tige est dégagée d'un crochet qui la retient; on la fait alors sortir doucement et horizontalement, en tirant le bouton jusqu'à ce que l'on sente de la résistance, et par ce moyen on amène au tableau une succession de 9 représentant 99,999 francs 99 centimes. Si, après avoir repoussé la tige dans l'intérieur jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau saisie par le crochet (précaution indispensable), on ajoute 4 centime, on obtient instantanément des zéros sur toute la ligne, et on peut dès lors commencer une nouvelle addition. Ce dernier mécanisme est aussi simple que les précédents; l'axe de chaque roue à rochet porte une seconde double came qui offre à peu près la forme d'un rhombe ou losange allongé et à faces légèrement évidées. La tige dont nous venons de parler pénètre jusqu'au milieu environ de la boîte, et est liée par deux boulons à une autre tige parallèle à la longueur de la boîte, portant huit mentonnets qui, lorsque la première tige est saisie par le crochet, se trouvent à la droite et un peu au-dessus de la ligne des axes de chacune des doubles cames ci-dessus, dont ils traversent le plan, et qu'ils ne peuvent pas alors toucher; mais, lorsqu'on dégage la première tige et qu'on la tire de droite à gauche, les boulons qui joignent les deux tiges glissent dans deux anneaux ou guides à peu près demi-circulaires, de telle sorte que tous les points de la seconde tige, et par suite les huit mentonnets qu'elle porte, décrivent des courbes égales et parallèles, pour venir se placer de l'autre côté de chaque roue à rochet dans une position symétrique. Quelle que soit alors la position de chaque double came, si elle n'est pas dans celle qui correspond au 9 sur le tableau noir, l'une des cames simples qui la compose se trouvera au-dessus de la ligne droite qui passe par les positions primitives des mentonnets, et sera entraînée

par le mentonnet de droite, qui la ramènera dans la position voulue. Il est indifférent que le mentonnet touche l'une ou l'autre des cames de la double came, puisque chacune des moitiés de la roue à rochet porte les mêmes chiffres, dans le même ordre, en allant toujours dans le même sens.

Ces divers mécanismes étant bien compris, il est facile de voir comment il faudra s'y prendre pour faire une soustraction, en remarquant que les chiffres rouges sont écrits sous les chiffres noirs, en sens inverse, c'est-à-dire de droite à gauche, de telle sorte que la somme d'un quelconque des chiffres noirs et du chiffre rouge placé en regard au-dessous, soit sur l'un des cadrans, soit sur l'une des roues à rochet, est toujours égale à 9. A cet effet on mettra, avant de commencer l'opération, tous les chiffres du tableau noir à 0; les chiffres rouges seront alors à 9; on écrira le nombre le plus grand avec les chiffres rouges, en ne marquant pas les 9 s'il s'en présente. On écrira ensuite le plus petit nombre avec les chiffres noirs, et on lira la différence sur le tableau rouge. Pour éviter toute confusion, il sera convenable de mettre à 0, sur le tableau rouge, tous les cadrans non employés pour écrire le plus grand nombre avec les chiffres rouges.

Machina de Babbage. Le savant géomètre anglais, M. Babbage, a construit une machine à calculer fort remarquable. Elle consiste dans des horloges réunies entre elles de telle sorte que la sonnerie de l'une fasse marcher les aiguilles de l'autre. Ainsi, soit une première horloge qui sonne 2 à chaque pression d'un ressort, une seconde partant de la division 3 (les cadrans sont divisés en 4000 parties), sonnera 5, une troisième partant de la division 4 sonnera 9. On voit que cette dernière donnera ainsi toute la suite des nombres carrés, dont les secondes différences sont égales à 2.

Par des dispositions analogues on peut obtenir toutes les séries qui peuvent être formées par voie d'addition et de soustraction entre les nombres qui forment ces séries; et par des transformations convenables presque toutes les tables peuvent être obtenues ainsi.

MACHINES A ECHELLE LOGARITHMIQUE. Règle à calcul. La plus usitée des machines à calculer est la règle à calcul qui se compose de deux règles (angl. sliding rule), dont l'une, plus étroite, peut glisser dans une coulisse pratiquée sur l'autre; elles portent toutes les deux une série de divisions numérotées, et espacées à partir du zéro, proportionnellement aux logarithmes des chiffres correspondants; pour s'en servir, par exemple, pour effectuer la multiplication de 5 par 7, il suffit d'ajouter à la suite de la longueur, qui, sur une des règles porte le n° 5, celle qui, sur l'autre, porte le n° 7, en plaçant le bout de la règle mobile au point 5 de la règle fixe; et le produit sera le nombre 35 qui, sur cette dernière, correspond à la somme, au-dessus de la division 7. La division se fait de même par une simple soustraction. Rien n'est plus ingénieux et moins compliqué que cette opération, et on est réellement surpris de la promptitude avec laquelle on fait par ce moyen les calculs les plus longs et les plus difficiles. On connaît aisément qu'on puisse avec des règles analogues

résoudre des triangles rectilignes et sphériques, extraire des racines de tous les degrés, estimer les volumes des corps d'après leur poids, ou réciproquement, etc. Pour



349

poids et mesures		polygones		cercle		ellipso		poids spécifiques	
29 k = 165 lb	189 1/2 = 39 lig	soit A. aies	Coste	R. R. diam.	circ. = 2	aire = 2	aire = 2	ha. = 1	Kau. = 1
29 ft = 300	19 1/2 = 39 lig	A. C. R. V. C. R. C. R. C. R.	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2	aire = diam. = 2
4 1/2 pr. = 12 1/2	2 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2
S D = 15	2 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2	1 1/2 = 3 1/2
20 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2	19 1/2 = 39 1/2
15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2	15 1/2 = 39 1/2
12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2	12 1/2 = 39 1/2

350.

les instructions pratiques, nous renverrons à la brochure publiée par M. Lapointe (Paris, Mathias).

La fig. 349 représente la règle à calcul vue de face.

La fig. 350 en représente la face postérieure sur laquelle on inscrit ordinairement les données les plus utiles dans le cours des expériences.

Abaque. M. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées, dont les travaux sur les machines à calculer, ont été justement appréciés, vient de faire paraître récemment un abaque, qui repose sur les mêmes principes que la règle à calcul, et permet de faire plus facilement qu'avec celle-ci, certaines opérations assez compliquées.

Cet abaque consiste en une espèce de table de Pythagore, dont les côtés sont divisés proportionnellement aux logarithmes des nombres, et dont les divisions égales sont réunies par des lignes parallèles à la diagonale. L'emploi en est très facile.

DES MACHINES GRAPHIQUES. Les nombres sur lesquels il s'agit d'opérer au moyen des machines à calcul qui précèdent, ne sont dans la pratique que le résultat de mesures, poids, longueurs, etc. Dans le cas le plus fréquent, celui qui se rapporte aux longueurs, on est parvenu au moyen du planimètre, à rendre inutile cette mesure même et à obtenir le résultat de la mesure d'une surface sans avoir évalué les contours, résultat admirable pour les opérations du cadastre et des levés en général. Si de plus on remarque que les procédés graphiques, les tracés de courbes (voyez DYNAMOMÈTRES) servent dans beaucoup de cas à indiquer des résultats, représentés par les aires renfermées dans leurs contours; on comprendra mieux tout l'avantage qui résulte d'un procédé qui permet d'obtenir avec une approximation suffisante. L'étendue de la surface comprise dans ces tracés.

Enfin si on combine cette machine avec des règles logarithmiques, on entrevoit la possibilité d'obtenir les résultats de calculs fort compliqués. La machine donnant des multiplications par la nature de ses mouvements, est d'un ordre supérieur à celui de la règle à calcul qui ne donne que des additions, et permettra des calculs renfermant des élévations de puissances et des extractions de racines.

Le planimètre a été inventé vers 1827 par M. Oppi-

kofer, ingénieur au service du canton de Berne. Mais il n'était parvenu à exécuter qu'un appareil très imparfait, jusqu'à ce que M. Ernst, aujourd'hui constructeur d'instruments de précision à Paris, à l'aide de perfectionnements nombreux, l'eût amené à l'état auquel il est parvenu aujourd'hui, travaux qui ont été récompensés par le prix de mécanique Montyon en 1837.

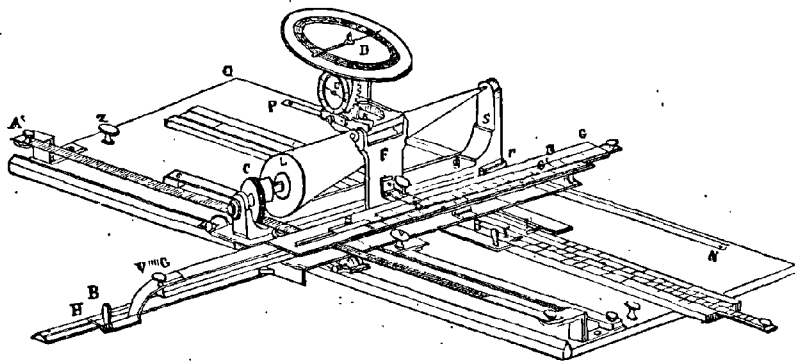
C'est à M. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées, qu'est due l'idée de combiner le planimètre avec la règle logarithmique, et d'en faire une machine à calcul à laquelle il a donné le nom d'arithmoplanimètre.

Du planimètre. Le principe fondamental du planimètre, repose sur l'emploi d'un cône, tournant sur son axe sur lequel repose une roue qui tourne avec lui, ce qui constitue une série d'engrenages croissant d'une manière continue, entre les limites marquées par la longueur du cône. Cette machine nous semble si intéressante, qu'on nous saura gré d'en emprunter la description à l'intéressant mémoire publié par M. Lalanne dans les Annales des Ponts et Chaussées.

La fig. 354 représente la perspective du planimètre

et solidaire avec cet axe, pose contre une règle métallique A' tendue parallèlement à l'arête et au-dessus de celle-ci. La règle A' est toujours pressée contre la roue C par une roulette qui agit au moyen d'un ressort contre la face inférieure de cette règle. Par suite de ces dispositions, lorsque l'on pousse le bouton B en avant ou en arrière, le cône tourne en même temps que la roue C, dans un sens ou dans l'autre, d'une quantité proportionnelle au mouvement du bouton. D'ailleurs, pour empêcher tout glissement, la roue C et la règle A' sont rayées sur toute l'étendue des surfaces de contact, de manière à agir l'une sur l'autre comme une roue dentée sur une crémaillère.

2° Une règle transversale G, pouvant glisser parallèlement à elle-même et à la génératrice horizontale du cône, entre trois roulettes r, r, r, qui maintiennent ce parallélisme. A la règle est fixé un montant vertical F, qui porte un compteur, au moyen duquel on lit des indications proportionnelles au mouvement de rotation du cône; car la roue inférieure K du compteur pose sur la génératrice horizontale L du cône; et le mouvement



354.

(en faisant abstraction des règles à calcul, addition qui constitue l'arithmo-planimètre dont nous parlerons plus loin).

MNPQ est un plateau en bois d'environ 0^m,59 de longueur sur 0^m,27 de largeur, que l'on doit poser sur une table plane et horizontale autant que possible. Sur ce plateau est monté un chariot qui supportent trois roulettes verticales en cuivre rouge, savoir deux du côté droit et une du côté gauche.

Les deux roulettes de droite sont à rebords saillants, et maintenues sur un rail en cuivre jaune élevé le long de l'arête du plateau. La roulette de gauche est sans rebords, et pose sur une bande métallique NP, noyée dans le bois du plateau MNPQ. Le bouton B sert à faire avancer ou reculer le chariot, qui se meut toujours ainsi parallèlement à lui-même et à l'arête du plateau, sur une longueur d'environ 0^m,425 égale à la différence entre la longueur et l'intervalle de l'arête compris par les deux roulettes de droite. Dans ce mouvement, le chariot entraîne avec lui une série de pièces, savoir :

1° Un tronc de cône en métal de cloches, dont l'axe est incliné de telle sorte qu'une génératrice L soit, tous jours horizontale et perpendiculaire au mouvement du chariot, lorsque le cône tourne autour de cet axe. Les botes des tourillons, dont celle de droite est mobile, sont dans les deux supports S, S, fixés sur le plan de base du chariot. Une roue C perpendiculaire à l'axe du cône

est renvoyé de cette roue à un pignon dont la vitesse de rotation est indiquée par une aiguille sur le cadran D, tandis que par un autre renvoi de mouvement du pignon à une seconde roue, l'aiguille du cadran E avance d'une division, lorsque l'aiguille du cadran D a fait un tour entier. Comme on peut amener la roue inférieure K du compteur, en un point quelconque du tronc de cône, en faisant glisser la règle G parallèlement à elle-même, au moyen du bouton B', il est clair que, pour un même mouvement de progression du chariot, les indications du compteur seront différentes, selon sa position sur le cône, ces indications étant d'autant plus faibles que la roue K se rapproche plus du sommet. A peu de distance du bouton B', est une pointe métallique H, affleurant à la fois le plan de la table sur laquelle est posé l'instrument, et le bord de la règle, dont il va être question tout à l'heure.

3° Une autre règle transversale IH, que l'on peut désigner, sous le nom de directrice, terminée contre les lettres I, H par une partie en corne transparente taillée en biseau, et parallèle à l'arête horizontale du cône. La directrice est fixée invariablement au corps du chariot.

Il résulte de la description précédente que le compteur, la pièce la plus importante de l'appareil, peut se mouvoir successivement dans le sens de la longueur et dans le sens de la largeur du plateau. Il prend le pre

mier mouvement, lorsque l'on pousse en avant ou en arrière le bouton B; il prend le second, lorsque l'on fait glisser à gauche ou à droite la règle G, au moyen du bouton B'. Le premier ne saurait avoir lieu sans que le chariot avance, et sans que les aiguilles tournent sur leurs cadrans. Dans le second mouvement, le même point de la roue K étant toujours au contact avec la même génératrice horizontale du cône, les aiguilles restent en place.

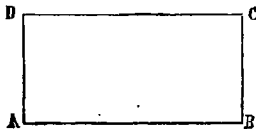
A l'avant-corps du compteur est fixée une vis de pression qui peut servir à l'arrêter en un point quelconque de son mouvement transversal. De même, à l'avant de la base du chariot, est attachée une autre vis de pression V', qui agit sur la triangle aa', de manière à fixer le chariot en un point déterminé de son mouvement longitudinal.

On remarquera que le compteur est mobile autour d'un axe horizontal terminé par les deux tourillons fixés dans le montant F; de sorte qu'on peut soulever légèrement le compteur d'une main et l'empêcher de marcher, pendant que l'on pousse le chariot dans un sens ou dans l'autre. On peut aussi, en soulevant légèrement le compteur, faire tourner à la main l'une des deux roues K ou K', de manière à amener les aiguilles sur les zéros des cadrans.

Le zéro du cadran horizontal D est en avant, sur le rayon dirigé dans le sens de la longueur de l'instrument. Ce cadran est divisé en 50 parties égales, chiffres de gauche à droite et de droite à gauche, et subdivisées elles-mêmes chacune en 40 parties. Le zéro du cadran vertical E est aussi en avant, sur le rayon horizontal. Ce cadran est divisé en 50 parties égales chiffres aussi dans les deux sens, et partagées chacune en deux. L'aiguille du cadran E avançant d'une demi-division lorsque l'aiguille du cadran D a fait un tour entier, si l'on considère chacune des 50 parties égales de ce dernier comme représentant des ares, chacune des divisions de l'autre cadran indiquera un hectare. Plus généralement, si les dernières subdivisions du cadran D, sont regardées comme valant n unités, chacune des demi-division du cadran E vaudra $500n$.

Si l'on soulève légèrement le compteur et que l'on fasse tourner avec la main l'une des deux roues K ou K', on verra que lorsque l'aiguille du cadran D marche *dextrorsum* (de gauche à droite), l'aiguille du cadran E tourne de bas en haut dans la moitié de gauche du cadran E, et de haut en bas dans la moitié de droite. Il n'y aura donc jamais de doute sur la manière dont la lecture doit être faite simultanément sur les deux cadrans. Lorsque l'aiguille du cadran E sera éloignée du zéro après avoir suivi un arc ascendant (qui commence au-dessus d'un rayon horizontal passant par le zéro), la lecture devra être faite *dextrorsum* sur le cadran D; lorsqu'au contraire le mouvement final de l'aiguille du cadran E sera un arc descendant, on lira *sinistrorsum* l'indication du cadran D. Comme le cadran D porte, sur un grand nombre de circonférences concentriques, des divisions différentes, sur lesquelles on doit lire les indications de l'aiguille, celle-ci marque par un de ses bords qui est dirigé suivant un rayon, et non pas par sa pointe.

Usage du planimètre pour la mesure des aires planes.
Pour montrer comment cet appareil peut servir à mesurer la superficie d'un polygone plan quelconque, considérons d'abord le cas où l'on aurait à évaluer l'aire d'un rectangle ABCD (fig. 352), dont la base AB = b est per-



352.

pendiculaire au mouvement longitudinal du cône et dont la hauteur BC = h , est parallèle à ce même mouvement.

On amènera le bord de la règle de corne sur la ligne AB, et la pointe H sur le point B, le plus éloigné du sommet du cône. Puis, après avoir placé les aiguilles du compteur à zéro, on poussera le bouton du mouvement longitudinal de manière à faire suivre à la pointe H le côté BC. Ensuite on fera glisser le bouton du mouvement transversal de droite à gauche jusqu'à ce que la pointe soit en D; et enfin on redescendra avec un mouvement longitudinal contraire au premier, jusqu'à ce que la pointe soit arrivée en A. Je dis que l'indication du compteur sera l'expression de l'aire du rectangle.

En effet, lorsque l'on pousse le bouton du mouvement longitudinal de manière à faire parcourir à la pointe la longueur BC, les aiguilles du compteur tournent évidemment d'une quantité proportionnelle à cette longueur h , et au rayon R de la section du cône sur laquelle le compteur est placé, de sorte que la première indication de l'aiguille a pour expression

$$K h R$$

K désignant un coefficient constant. Lorsque l'instrument revient en sens contraire, la pointe H suivant le côté DA, les aiguilles tournent en sens contraire de leur marche primitive d'une quantité représentée par

$$K h r$$

où K et h ont les mêmes valeurs que ci-dessus, et où le rayon de la circonférence sur laquelle pose le compteur est désigné par r . L'indication finale sera donc la différence des deux indications, c'est-à-dire

$$A = K h (R - r).$$

Or, α étant l'angle générateur du cône, B la distance au sommet du point de contact du compteur quand l'index est au point B, B' quand il est au point D, on a $B \sin. \alpha = R$, $B' \sin. \alpha = r$, d'où : $A = K h \sin. \alpha (B - B')$. Or, B - B', ou la distance des points sur les quels a posé le compteur, n'est autre que la quantité dont la pointe s'est avancée transversalement, autrement dit la base b du rectangle, la relation précédente donne

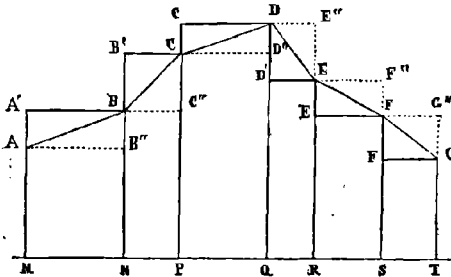
$$A = K \sin. \alpha . b h.$$

Or, on peut toujours, dans la construction de l'instrument, disposer le compteur, le cylindre d'engrenage à la base du cône et l'angle au sommet, de telle sorte que le coefficient constant $K \sin. \alpha$ ait une valeur déterminée pour une certaine échelle, à laquelle sont rapportées les figures des aires à évaluer. Dans le modèle adopté, on suppose l'échelle de $\frac{1}{2000}$ et on a pris $K \sin. \alpha = \frac{1}{2}$, de sorte que l'indication A du compteur sera précisément en hectares, ares et centiares la moitié de l'aire du rectangle. Cette aire aura donc pour expression $2A$. On verra tout à l'heure pourquoi on a mieux aimé donner au coefficient $K \sin. \alpha$ la valeur $\frac{1}{2}$ que la valeur 1.

Avant de passer au cas général, observons que l'on peut commencer par suivre avec la pointe le côté AD au lieu du côté BC; l'indication du planimètre exprimera toujours l'aire du rectangle : seulement, elle sera marquée sur les cadrans du compteur, en sens contraire, selon que l'on suit les directions BCDA ou ADCB. On voit encore que l'on peut commencer indifféremment par l'un des quatre sommets A, B, C, D, pourvu que les chemins suivis par la pointe soient dirigés en sens contraires sur les côtés AD, BC. L'aire du rectangle sera toujours marquée par les aiguilles du compteur, d'un côté ou de l'autre des 0 des limbes des cadrans.

Considérons maintenant l'aire comprise au-dessous de la droite MT, fig. 353, entre un contour polygonal quelconque ABCDEFG, et deux ordonnées AM, GT,

perpendiculaires à MT, et parallèles au mouvement longitudinal du cône. Si par chacun des sommets du polygone on mène une parallèle à la base MT, comprise entre les deux ordonnées voisines ou entre leurs prolongements, on aura d'abord un premier contour polygonal rectangulaire MA'BB'CC'DD'EE'FF'GT déterminé par les portions de ces parallèles comprises entre chaque sommet et l'ordonnée la plus voisine à gauche; puis ensuite un autre contour MAB'BC'CD'DE'EF'FG'T déterminé par les portions des mêmes parallèles comprises entre chaque sommet et l'ordonnée la plus voisine à droite. Or, il est évident que l'aire limitée par le premier contour polygonal surpasse l'aire du polygone MABCEFGT, des triangles AA'B, BB'C, CC'D, et qu'elle est surpassée par cette dernière d'une surface égale à la somme des triangles DD'E, EE'F, FF'G. Tout au contraire, l'aire que comprend le second contour polygonal est surpassée par l'aire cherchée, d'une quantité égale à la somme des triangles AB'D, BC'C, CD'D respectivement égaux aux triangles AA'B, BB'C, CC'D; et elle la surpasse de la somme des triangles DE'E, EF'F, FG'G respectivement égaux aux triangles



353.

DD'E, EE'F, FF'G. En un mot, tout triangle rectangle excédant par rapport à l'aire cherchée, dans le premier polygone, est remplacé par un triangle déficient égal dans le second, et réciproquement. La somme des superficies des deux polygones rectangulaires est donc le double de l'aire cherchée, et la détermination de celle-ci se réduit à la mesure des deux polygones rectangulaires.

Mais rien n'est plus facile que cette mesure, au moyen du planimètre, pour le polygone MA'BB'CC'DD'EE'FF'GT. Par exemple, après avoir placé la directrice sur MT et la pointe sur M, les aiguilles étant amenées sur zéro, on poussera le compteur en avant jusqu'à ce que la directrice rencontre le sommet B, sur lequel on amènera la pointe: on ira de nouveau en avant jusqu'à ce que la directrice rencontre le sommet C, et ainsi de suite; de sorte que le chemin parcouru par la pointe sera le contour polygonal dont il s'agit de déterminer la surface, et qui est marqué par un trait fort sur la figure. L'indication du compteur sera absolument la même que si l'on avait pris successivement les superficies des rectangles MA'BN, NB'CP, PC'DQ... et ainsi de suite...; car en opérant cette décomposition en rectangles, on descendrait et on remonterait successivement le long des lignes BN, CP, D'Q, E'R, F'S et ces deux mouvements contraires et égaux ne pourraient en rien changer l'indication dernière du compteur, laquelle est la moitié de l'aire limitée par le contour polygonal.

Cette première portion de la surface cherchée étant obtenue, on ramène les aiguilles du compteur à zéro, et en commençant par le point T, on parcourt le contour

polygone TG'FF'EE'DD'CC'BB'AM; la nouvelle indication du compteur est la seconde portion de la surface cherchée, et la somme de ces deux indications est l'aire du polygone MABCEFGT. On voit maintenant pourquoi les cadrans du compteur sont gradués de manière à ne marquer que la moitié des surfaces mesurées; c'est afin de réduire à une simple addition de deux nombres la mesure de l'aire d'un polygone, sans que l'on soit obligé de prendre la moitié de la somme obtenue.

On remarquera que les décompositions de figures que nous avons opérées pour l'intelligence du procédé sont complètement inutiles pour la pratique de ce procédé, et que le planimètre donne l'aire du polygone MABCEFGT sans exiger la moindre construction géométrique.

On démontrera avec une extrême facilité que ce procédé est général et s'applique à un polygone quelconque (voir le mémoire déjà cité). Remarquons enfin qu'il peut résulter de la position de la figure à mesurer, que l'aire de celle-ci soit donnée par la différence des nombres indiqués, au lieu de l'être par leurs sommes; ce qu'indique alors le changement de sens des mouvements des aiguilles.

Il est évident qu'il faut que les échelles du planimètre et des plans dont on mesure la surface se correspondent. On prend habituellement celle de $\frac{1}{2000}$ adoptée par le cadastre. Si le plan était à une autre échelle, il faudrait faire supporter aux résultats obtenus une correction facile à calculer.

Nous terminerons cet article en indiquant la disposition qu'a adoptée M. Morin, pour relever au moyen du planimètre l'aire très allongée qui mesure le travail mécanique dans certaines expériences dynamométriques (voyez DYNAMOMÈTRES).

Pour obtenir l'aire des courbes au moyen du planimètre, en opérant comme nous l'avons expliqué pour les polygones, par des mouvements rectangulaires, il faut décomposer la courbe en petits contours polygonaux sur lesquels on agira comme nous l'avons expliqué. La mesure sera d'autant moins inexacte qu'on aura agi sur de plus petits côtés, mais elle le sera évidemment toujours trop quand on aura besoin de précision.

Voici comment opère M. Morin :

Il remarque que, si l'on suppose la roulette placée sur le sommet du cône, l'index décrira une ligne droite, et le compteur restera à zéro, qu'on la place ensuite en un point quelconque, et qu'on fasse décrire à l'index une ligne parallèle à la première, le compteur marquera la surface du rectangle compris entre ces deux lignes droites.

Si l'on place un rectangle quelconque de manière qu'un côté soit parallèle à cette première ligne, et qu'on en suive les contours, il est évident que les deux indications du compteur (de l'allée sur un côté, et du retour sur le côté parallèle) qui auront lieu en sens contraire, ou la différence qu'indiquera le compteur indiquera la différence des deux rectangles formés par la base correspondant au sommet imaginaire et chacun des côtés parallèles du rectangle à mesurer, c'est-à-dire donnera précisément l'aire à mesurer.

Si une courbe est comprise tout entière du côté d'une ligne droite, on aura de même l'aire comprise entre la courbe et la ligne droite, placée parallèlement à la ligne telle que la roulette ne varie pas dans le sens de l'axe du cône quand l'index la parcourt. Cela fait, on place les aiguilles du compteur à zéro, on suit la ligne base rectiligne *ab* avec l'index, puis on revient en suivant le contour *bc* de la courbe jusqu'au point *a*. Le compteur indiquera l'aire cherchée qui peut être considérée comme composée d'une infinité de petits rec-

CALCULER.

tangles auxquels s'appliquerait le raisonnement fait précédemment.

S'il s'agissait d'évaluer une courbe fermée, il suffirait de la traverser par une ligne droite, et d'opérer successivement sur chaque partie comme nous venons de le dire, en opérant de manière à ce que les résultats s'ajoutent, la somme sera l'aire cherchée.

Une observation importante à faire, et à laquelle la pratique a conduit M. Morin, c'est que le mouvement oblique de l'index devenait une cause d'erreurs qui n'existent pas quand il n'est soumis qu'à des mouvements rectangulaires pour lesquels l'instrument est réellement disposé, et il arrive alors que dans de petits intervalles la roulette glisse sans rouler; la résistance du glissement étant très faible (le cône est en acier poli) et la résistance au roulement étant augmentées par les engrenages du compteur. Pour obvier à cet inconvénient, M. Morin a employé un cône en bois à surface non polie, qui lui a donné de bons résultats.

Arithmoplanimètre. La fig. 351 représente l'appareil muni des deux règles à calcul, longitudinales et transversales que M. Lalanne ajoute au planimètre, pour en faire une machine à calculs. Une règle transversale G', mobile le long d'une rainure parallèle à la génératrice horizontale L et pratiquée dans l'épaisseur d'une plaque G'', laquelle est fixée au chariot, parallèlement au plan du plateau. Deux index i et f', fixés à l'avant-corps F du compteur, et dont le premier fait partie d'un vernier, servent à placer ce compteur sur un point déterminé de la règle G' ou de sa coulisse G''. La partie antérieure de la règle G'' est recouverte par une plaque d'ardoise affleurant la règle G', et sur laquelle on peut écrire des nombres à des distances déterminées, soit par les divisions égales que porte l'ardoise elle-même, soit par les divisions de la règle mobile G'. Une deuxième règle g est mobile dans une coulisse g' parallèlement au mouvement du chariot. Différentes échelles sont gravées sur les deux bords de la règle et sur les côtés de sa coulisse; cinq index de saillies inégales, attachés à la base du chariot, dont deux à droite de la règle en L', et trois à gauche en L'', servent à lire sur chacune de ces échelles. Celui de ces index qui marque sur le bord à droite de la règle mobile, fait partie d'un vernier.

Il est clair qu'au moyen de ces règles on pourra obtenir les produits de la forme $Pp = P'p'...$ en prenant des longueurs $2P'2P''... p'p''$ sur les règles. Mais si l'on imagine, dit M. Lalanne, que la distance p, soit comptée sur la règle transversale, non plus à partir d'un point quelconque de cette règle, mais bien à partir d'un point tel que l'index du mouvement transversal y étant placé, la roue inférieure du compteur porterait en son milieu sur le sommet réel du cône, une seule opération suffira pour obtenir le produit Pp. Car dans la première position du compteur, la roue inférieure étant placée sur une section circulaire qui se réduit à un point, le mouvement longitudinal donnerait une indication nulle; le mouvement longitudinal du cône, lorsque l'index transversal aura été placé à la distance p du front pris pour origine sur la règle transversale, indiquera donc exactement le produit Pp. Réciproquement étant donnés, le produit Pp et l'un des facteurs p, il suffira de placer l'index transversal à la distance p du point pris pour origine et de chercher sur quelle longueur on doit faire marcher le cône pour que le compteur marque le produit Pp. Cette longueur sera le quotient cherché.

Une chose très remarquable dans cette machine, c'est que bien que le compteur n'enregistre que des multiplications, elle se prête pourtant avec la plus grande facilité à l'addition de ces mêmes quantités, c'est-à-dire au calcul des formules de la forme $Pp \pm P'p'...$ Il suffit pour cela de soulever un peu le disque du compteur; l'espace

CALCULER.

d'engrenage n'aura plus lieu, et l'index étant reporté de p en p', les secondes indications viendront s'ajouter aux premières.

Mais puisque la machine donne immédiatement le résultat d'expressions de la forme $Pp \pm P'p'...$, il en résulte qu'à l'aide d'échelles logarithmiques convenablement tracées sur les règles et sur le limbe circulaire, on obtiendra sans plus de difficultés les résultats compris dans la formule.

$\text{Log. } x = m \log. a \pm n \log. b \pm p \log. c \pm \dots$ c'est-à-dire qu'on pourra calculer mécaniquement pour ainsi dire une expression de la forme :

$$x = \frac{a^m b^n c^d \dots}{a^m b^n c^d \dots}$$

Nous avons cru devoir décrire avec quelques détails suffisants, pour la faire bien comprendre, la remarquable machine qui nous occupe et qui fait grand honneur à ses inventeurs. Nous renvoyons au Mémoire de M. Lalanne les personnes qui désireraient l'étudier plus complètement, prévoir les quelques difficultés de détail qui se rencontrent dans son emploi, et connaître les applications les plus avantageuses qu'on peut en faire, notamment pour obtenir avec la plus grande célérité et une exactitude bien suffisante les résultats qui ne se déduisent que par les calculs fort longs et fastidieux, du tableau du mouvement des terres, dans un projet de route, chemin de fer ou canal.

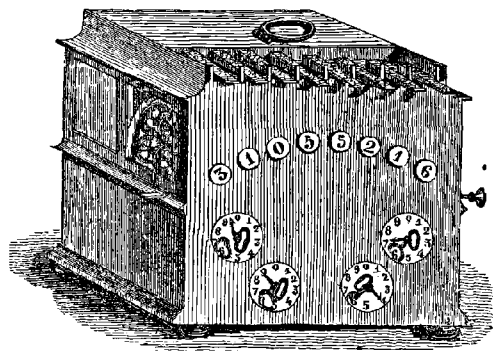
Machine à calculer de MM. Maurel et Jayet (appelée par les inventeurs ARITHMAUREL). Une nouvelle machine à calculer numériquement, présentée en 1849 à l'Académie des Sciences, a vivement impressionné l'opinion publique, en fournissant une solution très satisfaisante du problème pour les machines destinées à faire les quatre opérations fondamentales de l'arithmétique. Non pas que nous prétendions que ces machines ne pourront être modifiées, comme on a changé diverses pièces du mécanisme des montres depuis leur invention, en remplaçant celles qui, dans la pratique, remplissaient les fonctions auxquelles elles étaient destinées d'une manière imparfaite, par d'autres pièces d'un jeu plus certain; nous disons seulement que les organes employés par MM. Maurel et Jayet fournissent la solution complète du problème cherché, et il est probable que des dispositions secondaires seulement seront modifiées dans l'avenir. On peut espérer que ces machines vont être employées dans les usages civils, et par suite la construction en être fréquemment répétée. Nous emprunterons au rapport fait par M. Binet à l'Académie des Sciences, l'exposé, en quelque sorte officiel, des résultats que la machine dont nous traitons permet d'obtenir.

Le savant rapporteur rappelle d'abord la célèbre machine arithmétique de Pascal, déposée au Conservatoire de Paris, et qui ne se compose que d'une série de compteurs, qui ne la rendent propre en réalité qu'aux additions et aux soustractions. Plusieurs mécaniciens et géomètres, parmi lesquels on cite Leibnitz, s'étaient efforcés de perfectionner cette invention, et cependant, après un siècle, Bossut disait: « La machine de Pascal est aujourd'hui peu connue et nullement en usage. »

Il passe ensuite à la manière de se servir de la machine :

« Le volume de l'instrument (fig. 354) n'est pas très différent de celui de Pascal; sa structure, plus complexe, repose également sur la possibilité de représenter tous les nombres entiers à l'aide de disques circulaires portant chacun les dix chiffres; 0, 1, 2, 3, . . . , 9 : l'un de ces disques présente, à une première ouverture ou fenêtre, le chiffre des unités simples; un second disque, portant aussi les chiffres 0, 1, 2, 3, . . . , 9, amène, à une ouverture placée à gauche de la pre-

mière, le chiffre des dizaines; à la troisième fenêtre se présente le chiffre des centaines, fourni par un troisième disque, et ainsi des autres. Dans la machine de Pascal,



354.

ce sont des cylindres convexes qui portent les chiffres des unités, des dizaines, etc. La plupart des machines à faire des additions ou soustractions, etc., ont emprunté ce dispositif; mais leurs différences essentielles résident dans la manière de faire mouvoir les disques ou les cylindres, dans la rapidité et la justesse des mouvements, et dans la simplicité des impulsions que le calculateur imprimera aux pièces de l'instrument, pour commander le déplacement de celles qui doivent écrire le résultat d'une opération.

« Le mérite et la célérité de l'instrument de MM. Maurel et Jayet se révèlent surtout dans la multiplication et dans la division de nombres d'une certaine grandeur. Ainsi, par exemple, les deux nombres 2749 et 3937 multipliés entre eux ont donné, en moins de vingt secondes, le produit 10,877,793. Pour former ce produit, il a fallu écrire avec les échelles, en tirant les règles placées à la partie supérieure de l'instrument, le multiplicande 2749; il a fallu mouvoir les quatre aiguilles des cadrans : la première a parcouru sept divisions d'un cadran, et ce mouvement est déterminé par le chiffre 7 des unités du multiplicateur; la deuxième se mouvra de cinq divisions, parce que 5 est le chiffre des dizaines; la troisième se mouvra de neuf divisions à cause du chiffre 9 des centaines, et enfin la quatrième sera mue de trois divisions d'un dernier cadran. Le nombre des aiguilles à mouvoir est toujours le nombre des chiffres du multiplicateur. L'instrument en expérience, exige que les deux facteurs n'admettent pas à la fois plus de quatre chiffres, c'est-à-dire que ces nombres soient au-dessous de dix mille; ou bien que l'un étant de cinq chiffres, l'autre n'en ait que trois, ou moins; et en général que le nombre des chiffres des deux facteurs réunis n'exécède pas huit, pour que la machine vous donne sur-le-champ le produit qui sera au-dessous de cent millions. On voit, au reste, quel parti on pourrait tirer de l'instrument pour obtenir des produits de nombres supérieurs : on formerait alors des produits partiels, qui seraient à ajouter l'un à l'autre par les procédés ordinaires, en ayant égard à l'ordre des unités décimales de ces produits partiels; l'instrument fournirait très brièvement les produits partiels à ajouter. Il dispenserait toujours le calculateur de ce qu'il y a de fatigant lorsqu'il s'agit de multiplier de grands nombres.

« Dans la règle la plus compliquée de l'arithmétique, dans la division, la machine de MM. Maurel et Jayet exécute rapidement la soustraction répétée du diviseur placé sur les échelles, du dividende placé dans

les lucarnes (ce qui s'opère en l'écrivant sur les échelles et le multipliant par 1, ce qui le fait immédiatement paraître aux lucarnes); elle opère immédiatement sur tout dividende moindre que cent millions, qui serait à diviser par un entier au-dessus de dix mille, en sorte que le quotient n'ait pas plus de quatre chiffres. Chaque cadran donne (nous y revenons plus loin) le chiffre du quotient par une simple rotation en arrière. Ainsi le diviseur, moindre que le dividende, pourra être de plus de dix millions; le quotient ne comportera alors qu'un seul chiffre et s'obtiendra dans un instant, ainsi que le résidu de la division; si le diviseur est au-dessous de dix millions, le quotient aura ou deux, ou trois, ou quatre chiffres qui seront fournis dans un temps fort court, ainsi que le reste de la division : la machine aura encore épargné au calculateur le travail de mémoire, et l'aura dispensé de toute écriture à la plume. Si le diviseur était un nombre au-dessous de dix mille, et que le dividende eût huit chiffres, la machine ne donnerait pas le quotient complet; elle fournirait d'abord les quatre premières figures à gauche du quotient; par une seconde division, plus simple que la précédente, on obtiendrait le chiffre des unités.

« La rapidité des opérations de la multiplication et de la division s'étend nécessairement au calcul du quatrième terme d'une proportion : quelques secondes donnent le résultat si le produit des moyens est au-dessous de cent millions, et que le diviseur soit dans les limites prescrites. »

Composition de la machine. Donner une idée de la machine de MM. Maurel et Jayet sans avoir sous les yeux le mémoire descriptif, sans une multitude de planches, n'est pas chose facile. Nous nous contenterons d'en indiquer les principes fondamentaux :

Supposons que nous ayons à faire une multiplication, l'opération principale en vue de laquelle la machine a été construite, et dont toutes les autres se déduisent.

On commencera, comme nous l'avons dit plus haut, par écrire un facteur sur les règles placées à la partie supérieure de la machine, c'est-à-dire qu'on les tirera jusqu'à ce que le chiffre tracé sur l'échelle et à indiquer affleure la partie verticale voisine. Cette opération de traction fait avancer, par l'intermédiaire de griffes, quatre petits pignons, un pour chaque chiffre, quatre pour une machine permettant quatre chiffres au multiplicande. Chaque pignon glisse sur l'axe sur lequel il est entilé suivant un carré d'un nombre d'épaisseurs égal au nombre de divisions égales dont on a fait avancer les règles, égal au nombre d'unités de chaque ordre. Or, ces épaisseurs sont précisément celles de roues dentées, solidaires avec des cylindres qui font tourner les chiffres des multiplicateurs.

Ces roues dentées sont d'un nombre de dents tel qu'elles forment une série dans le rapport des nombres 1, 2, 3, 4, 9 (ou n'ont que ce nombre de dents et ne garnissent que partie de la circonférence, et alors le mécanisme est disposé pour faire effectuer un tour entier aux cylindres pour chaque avancement d'une division d'aiguille), de telle sorte que pouvant engrener avec les petits pignons de quatre dents dont nous venons de parler, et qui marchent toujours d'une dent pour une dent de la roue si l'échelle est sur la division 1, de deux dents pour la division 2, de trois dents pour la division 3, et ainsi de suite; c'est-à-dire qu'à l'aide de ce curieux organe le produit du chiffre du multiplicande par le chiffre du multiplicateur, la somme des produits du chiffre du premier par les unités successives du second est immédiatement obtenue.

Si l'on a bien compris ce que nous venons d'indiquer, on pourra saisir la disposition fondamentale de la machine de MM. Maurel et Jayet.

En effet, en tournant une aiguille d'un des cadrans qui correspondent à l'un des chiffres du multipli-

cateur, on tourne l'axe des cylindres montés sur le même axe que cette aiguille en nombre égal au nombre de chiffres du multiplicateur, c'est-à-dire s'il a trois ou quatre chiffres, trois ou quatre cylindres. Les pignons différents qui engrènent avec chaque cylindre, et dont nous venons de parler, tournent donc d'un nombre de dents proportionnel au nombre d'unités, de dizaines, de centaines, etc., du produit.

Le problème se réduit à ajouter ces différents produits enregistrés sur chaque axe des pignons des dizaines, des centaines. Cette opération se fait à l'aide d'un appareil, analogue à ceux dont nous parlons, à mouvement différentiel, qui permettent de faire des sommes. Seulement le dernier rouage qui montre le chiffre du produit à la partie supérieure agit comme dans les compteurs, c'est-à-dire qu'un arrêt placé sur un point de la roue (qui marque zéro quand on commence une opération) fait avancer d'une dent la roue de l'unité supérieure lorsque le nombre d'unités qu'elle doit marquer atteint 10, lorsqu'elle a fait un tour complet.

Reprenons maintenant la multiplication, et voyons comment les choses se passent :

Soit à multiplier 3650 par 324. 3650 étant écrit sur les règles, et les cadrans multiplicateurs étant encore tous au 0, la galerie des produits marque 0 également ; puis, quand on met la main à l'aiguille des unités pour la reporter sur le 4, on la fait nécessairement passer devant les chiffres 1, 2 et 3 ; or, si on opère lentement, et que l'on porte les yeux sur la galerie, on voit successivement apparaître d'abord 3650, puis son produit par 2, puis par 3, puis par 4. De même si l'on agit sur le cadran des dizaines, on voit que le passage de son aiguille sur les unités de seconde espèce détermine dans la galerie les apparitions successives de nouveaux produits, lesquels se composent du premier produit partiel obtenu par le jeu du premier cadran, plus le multiplicande multiplié successivement par 10, par 20 et ainsi de suite pour les cadrans des centaines et des mille, s'il y en a.

En réalité la machine arithmétique de MM. Maurel et Jayet procède, pour faire une multiplication par une voie moins directe encore que la nôtre, car elle forme successivement autant de produits partiels qu'il y a d'unités comprises dans la somme des valeurs absolues de tous les chiffres du multiplicateur, et elle additionne tous ces produits au fur et à mesure qu'ils se forment. Mais comme la génération de ces produits s'accomplit à cause de la légèreté des organes, avec une vitesse excessive, il en résulte que l'opération mécanique plus compliquée dans son ensemble, s'effectue en réalité plus rapidement que celle à laquelle le temps nécessaire à la succession de nos idées assigne une durée plus longue.

L'analyse du procédé arithmétique adopté par les auteurs de la machine en question va nous servir à comprendre comment cette même machine, fondée sur ces principes, est immédiatement propre à opérer la division, l'addition et la soustraction. Il nous suffira d'ajouter que la multiplication, une fois faite, on peut la défaire en faisant rétrograder les aiguilles du multiplicateur vers le zéro. Il arrive alors que le produit obtenu se réduit peu à peu par la soustraction successive de tous les produits partiels dont il s'était formé, et qu'il s'annule en même temps que le nombre indiqué aux cadrans multiplicateurs. Or, un produit était donné et inscrit à la galerie, et l'un de ses facteurs aussi inscrit aux échelles du multiplicande, l'autre facteur étant inconnu, et les aiguilles au zéro sur tous les cadrans multiplicateurs, on peut utiliser la propriété qu'a la machine de marcher en arrière ; on sollicite les aiguilles à rétrograder sur leurs cadrans, on voit en même temps s'évanouir le nombre proposé comme dividende, et l'on est averti de la fin de l'o-

pération par une résistance opposée par la machine elle-même. Les aiguilles, ayant ainsi rétrogradé jusqu'à la manifestation d'un obstacle intérieur, s'arrêtent à des numéros dont l'ensemble compose précisément le quotient cherché. Si la division n'est pas possible exactement, le reste demeure en évidence à la galerie des produits. Il va sans dire que le mouvement rétrograde indicateur du quotient doit s'évaluer sur des chiffres disposés dans le sens où s'opère ce mouvement lui-même.

Quant à l'addition et à la soustraction, rien de plus simple. Comme nous avons dit, la multiplication est ramenée à une série d'additions et de multiplications par 10, par 100, par 1,000, que de même la division n'est qu'une série de soustractions et de divisions par 10, par 100, par 1,000. Si donc on veut additionner plusieurs nombres ensemble, il suffira de les inscrire successivement aux échelles du multiplicande et de les faire passer et s'accumuler à la galerie des produits en les multipliant par 1. Pour la soustraction on inscrit le plus fort des deux nombres à la galerie des produits, le nombre à soustraire aux échelles du multiplicande, et on le soustrait une fois en faisant rétrograder d'un cran l'aiguille du cadran affectée aux unités du multiplicateur ; le reste apparaît à la galerie des produits.

Observations sur les machines numériques. Si l'on réfléchit un instant comment il se fait que la machine précédente résolve le problème de la construction des machines propres à effectuer les quatre règles de l'arithmétique, on reconnaîtra facilement que cela résulte de ce que les rapports des vitesses des pièces, qui se conduisent par engrènement et par suite d'une manière certaine, sont exprimées par des fonctions de la nature de celles qu'il s'agit d'obtenir, spécialement la fonction produit. L'organe spécial et bien intéressant pour la cinématique dont il s'agit se réduit à un système de pignons et de roues dentées. On comprend par cela même combien il serait impossible de représenter d'autres fonctions, d'autres séries de nombres par machines, du genre de celles dont nous parlons, que celles qui expriment les relations de vitesse des pièces qui engrènent.

On peut se demander si la machine dont nous venons de parler épuise tous les résultats possibles en ce genre. Il le paraît à première vue, puisqu'elle réussit parce qu'elle peut réaliser la fonction produit, et surtout par l'emploi de la fonction somme, qui résulte des systèmes différentiels, le dernier progrès obtenu dans la théorie des engrenages et des mouvements de rotation.

Cependant il est une fonction complexe qui n'a pas été encore utilisée, c'est la fonction puissance. On sait en effet qu'un système de k roues dentées égales de w dents engrenant avec k pignons égaux entre eux, fournit la relation entre les vitesses du premier et du

dernier axe $\left(\frac{w}{p}\right)^k$. (Voir notre *Cinématique*.) Si donc

on disposait un système de roues et de pignons tel que le rapport $\frac{w}{p}$ pût varier en en faisant varier l'engrènement d'un système de roues, le nombre k restant toujours le même, on obtiendrait une machine très curieuse. En un mot, il ne paraît pas complètement impossible de tirer parti de cette fonction, soit pour obtenir des puissances, soit pour extraire les racines des nombres, soit pour construire rapidement les valeurs successives d'une équation pour une valeur de x (voir *Introduction*), et construire ainsi par suite la courbe qui permettrait d'obtenir les racines de l'équation.

Toutefois, en cherchant à indiquer les conditions auxquelles il faudrait satisfaire dans la construction de semblables machines, on reconnaît qu'il faudrait une

complication très grande pour embrasser une étendue de nombres un peu considérables, et par suite pour obtenir des avantages assez minimes, bien moindres certainement que ceux de la machine dont nous venons de parler, surtout au point de vue de l'utilité pratique.

Arithmomètre de M. Thomas, de Colmar. Il est juste de dire que l'organe mécanique si remarquable de la machine de MM. Maurel et Jayet, celui qui permet de faire les multiplications, se trouvait déjà dans une ingénieuse machine à calculer inventée vers 1820 par M. Thomas. « On retrouve dans la machine de MM. Maurel et Jayet, dit avec raison M. Mathieu dans son rapport à l'Institut, le principal organe de l'arithmomètre de M. Thomas, à savoir, des cylindres cannelés et des arbres parallèles sur lesquels glissent des pignons destinés à représenter les nombres. »

Ce qui est différent dans l'arithmomètre, c'est le moyen de faire agir successivement les divers ordres d'unités du multiplicateur par le déplacement d'une partie de la machine; et aussi, bien qu'encore équivalent au fond, le système de compteur à toc, qui sert pour passer d'un ordre d'unités à celles d'un ordre supérieur. D'abord imparfait, ce système a depuis été beaucoup perfectionné par son inventeur, et l'arithmomètre forme aujourd'hui une très bonne machine à calculer. (Voir un rapport fait à la Société d'Encouragement par M. Benoit, mars 1854.)

Il est heureux que les efforts faits par plusieurs inventeurs concourent ainsi à la solution de l'intéressante question de la construction des machines à calculer. Elles entreront, grâce à eux, plus facilement dans la pratique de chaque jour, et elles deviendront tout à fait usuelles.

CH. LABOULAYE.

CALEBASSE. Dans les fonderies de peu d'importance, où le moulage constitue le travail le plus important de l'atelier, et lorsqu'on n'a besoin que de faibles quantités de fonte, et par intervalles irréguliers, on se sert, à Paris, pour refondre la fonte, de creusets en terre de Picardie ou en graphite, chauffés dans des fourneaux à vent ou des fourneaux à courant d'air forcé. Ce procédé est très coûteux, tant par suite du prix et de la casse des creusets que par l'énorme consommation relative de combustible, et en outre exige l'emploi de plusieurs creusets, si l'on a besoin d'une quantité de fonte qui dépasse 50 ou 75 kilogrammes. Dans ce cas, il est bien préférable sous tous les rapports d'employer le système de fonderie dit à la calebasse, qui, d'après Réaumur, était déjà employé en France au commencement du dernier siècle, qui est encore actuellement très répandu en Belgique, et qui cependant paraît être tout à fait inconnu de nos fondeurs.

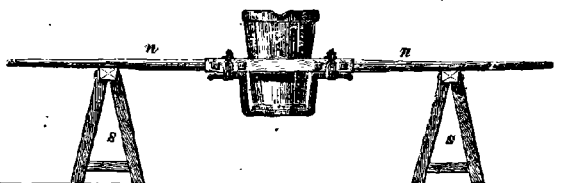
Les dimensions des calebasses sont très variables; dans les unes, dont se servent les calebassiers ambulants, on ne fond que quelques kilogrammes de métal; dans les autres, établies à demeure, on peut liquéfier à la fois jusqu'à 500 kilogrammes de fonte. Nous ne décrivons que ces dernières, dont les autres sont un diminutif.

Dans une calebasse fixe, on distingue le fourneau, dont les parties essentielles sont le creuset ou calebasse et la cuve ou *tour du feu*, la soufflerie et la cheminée.

La calebasse *c* (fig. 355) est une sorte de poche en tôle forte intérieurement revêtue d'argile; le tour du feu *t* (fig. 356) est une portion de cylindre en tôle forte également torchée avec de l'argile, et munie de deux oreilles, *v*, *o*, dans lesquelles on engage une barre de fer pour le manoeuvrer.

On élève le fourneau le long d'un mur *m*, sous une hotte *h*, en plaçant d'abord la calebasse *c* avec le support *nn* qui sert à l'enlever lorsque la fusion est

terminée; on la recouvre avec le tour du feu *t*, que l'on accole au mur *m* (fig. 357), de manière à former complètement le cylindre. L'assemblage de la calebasse et du tour du feu, ainsi que la jonction de ce dernier avec le mur, se font avec de la terre argileuse; enfin on en-



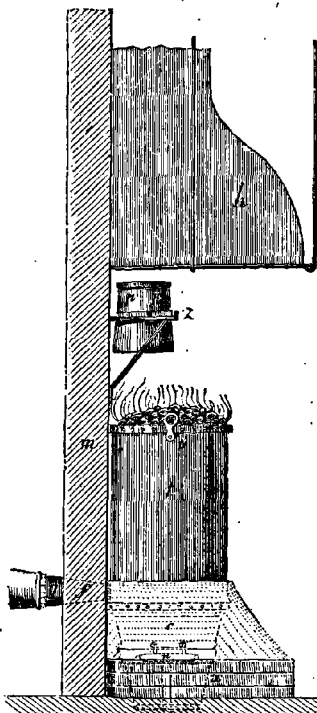
355.



356.

duit d'argile tout l'intérieur du fourneau, de manière à lui donner une forme à peu près semblable à celle du vide d'un cubilot. Pour conserver la chaleur, on enterre la calebasse et la partie inférieure du tour du feu dans du sable maintenu ordinairement sur chaque côté par un petit mur en briques *x*. Des crochets *z*, *z*, fixés dans le mur *m*, servent à soutenir au-dessus du feu, afin de les chauffer, les pochettes *p*, *p*, au moyen desquelles la fonte est versée dans les moules.

La tuyère *f* ne fait pas saillie, elle traverse le mur *m* et reçoit le vent soit d'un soufflet en



357.

cuir *g*, soit d'un ventilateur à bras. Lorsque l'on fond au coke ou au charbon de bois, la tuyère est pres que horizontale et rase le bord supérieur de la calebasse; lorsqu'au contraire on fond avec de la houille point trop collante, on lui donne une inclinaison assez forte, afin d'avoir une chaleur suffisante dans la calebasse.

La conduite du feu se fait à peu près comme pour un petit cubilot; tantôt on charge en une seule fois par-dessus le combustible toute la fonte à refondre; tantôt, et le plus souvent, on l'introduit à plusieurs reprises, en l'alternant

avec des charges de charbon. Lorsque la fusion est complète, ce que le fondeur a reconnu en sondant le fourneau avec un petit ringard, on déblaie le sable, on arrête le vent, on enlève le tour du feu, on retire le coke avec un râteau et on l'éteint avec de l'eau, puis saisissant la calebasse pleine de fonte par son support *nn*, on la place sur deux tréteaux *s, s* (fig. 355), et on verse le métal dans les pochettes *p, p*, au moyen desquelles il est coulé dans les moules.

On peut aisément fondre à la calebasse jusqu'à 50 à 100 kilogr. de fonte à l'heure; dans les calebasses au coke, on consomme de 35 à 45 kilogr. de coke pour refondre 100 kilogr. de fonte, et dans les calebasses à la houille, la consommation est de 50 à 60 kilogr. de houille par 100 kilogr. de fonte. Le déchet sur la fonte est de 5 à 10 p. 100, comme dans les cubilots. P. D.

CALORIE (TRAVAIL MÉCANIQUE D'UNE). On appelle calorie l'unité de chaleur, la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 kilogr. d'eau d'un degré centigrade. Le rapport de l'unité de chaleur à la quantité de travail mécanique et l'analyse de la manière dont la chaleur produit un travail, forment les éléments qui peuvent permettre la solution des problèmes qu'offre le bon emploi de la chaleur.

Or la chaleur est la source de force la plus générale et la plus importante; c'est elle qui, par la vaporisation, est la cause des chutes d'eau; c'est elle, si on voulait aller plus loin, qui est la cause du travail de l'homme, dont la respiration est une véritable combustion. Mais, bornons-nous à la chaleur produite par la combustion dans les foyers, en ayant soin de la considérer en elle-même et de ne pas la confondre avec les excipients qui servent à l'utiliser, vapeur d'eau, d'alcool, etc., etc.

Il est important, non-seulement de faire cette distinction élémentaire, mais encore de mettre hors de doute un principe trop souvent oublié dans la théorie de la machine à vapeur, sans lequel elle est impossible, principe qui paraît presque évident; c'est que le travail d'une unité de chaleur, d'une calorie, a un maximum de travail théorique, comme un poids d'eau qui tombe d'une certaine hauteur. On ne saurait admettre, en effet, qu'une quantité limitée de chaleur pût dans aucune circonstance produire un travail infini, ce serait admettre un effet qui ne fût pas en rapport avec la cause qui le produit. C'est ce qui va paraître encore plus clair en étudiant la manière dont la chaleur produit du travail.

M. Poncelet établit ces principes fondamentaux de l'emploi de la chaleur par une induction très satisfaisante.

Il démontre d'abord qu'un gaz comprimé développe un même travail de quelque manière qu'il se détende, pourvu que ce soit d'une même fraction de son volume. Ainsi, s'il se détend dans deux corps de pompe fermés par des pistons différents *A, a; e, E*, étant les chemins parcourus; le travail sera dans les deux cas pAe, paE , la pression p étant supposée constante pour un mouvement très petit; or les quantités Ae, aE représentant le volume dont le gaz s'est détendu, quantités égales par hypothèse, le travail est donc le même.

Ceci admis, le calorique pouvant, dans tous ses effets, être considéré comme un fluide sans inertie ni pesant, d'une élasticité parfaite, produisant des dilatations quand il s'accumule, des contractions quand il diminue; on doit lui appliquer à fortiori le principe posé pour la détente des gaz, ce qui revient à dire :

« Qu'une certaine quantité de chaleur introduite dans un corps ou soustraite de ce corps doit faire naître, contre des résistances directement opposées à son action, des quantités de travail absolues qui sont toujours les mêmes ou indépendantes de la nature des corps, mais dont une certaine partie est, dans les liquides et les solides, employée à contre-balancer la force d'agrégation des molécules. »

On peut établir avec plus de certitude et sans se baser sur une conception idéale de la nature intime du calorique, ce principe établi pour la première fois au moyen de considérations différentes, en 1824, dans un opuscule remarquable de M. S. Carnot, ancien élève de l'École polytechnique. Nous allons résumer les considérations consignées dans cette brochure intitulée *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, ce qui nous permettra d'établir les meilleurs moyens d'utiliser le travail engendré par la chaleur.

1^o *Le travail est produit, non par une consommation absolue de calorique, mais par le passage de celui-ci d'un corps chaud à un corps froid.* En considérant la machine à vapeur, il est facile de se rendre compte que c'est ainsi que la force se produit. En effet, le calorique développé dans le foyer par l'effet de la combustion traverse les parois de la chaudière et vient donner naissance à de la vapeur en s'y incorporant en quelque sorte. Celle-ci l'entraînant avec elle la porte dans le cylindre où elle agit, et de là dans le condenseur dont l'eau froide s'emparant du calorique développé dans la combustion produit le vide. Il ne suffit donc pas pour produire une puissance motrice d'obtenir de la chaleur, il faut en même temps disposer d'un corps froid. Ainsi la condensation qui est aussi cause de travail n'a lieu que par la présence de l'eau froide qui sert à condenser la vapeur. On ne peut rejeter celle-ci simplement dans l'atmosphère, comme on le fait dans certaines machines à vapeur à haute pression, qu'autant que la température extérieure est telle que l'eau reste à l'état liquide par l'effet de la pression atmosphérique, température nécessairement moindre que celle de la vapeur; autrement il n'y aurait pas d'eau liquide et par suite pas de machines à vapeur, l'action du foyer serait alors nulle sur de la vapeur qui serait à la même température que les produits de la combustion.

Quelle que soit la température propre à un système de corps isolé, il n'y peut évidemment naître aucun mouvement tant que la température d'une partie du système ne varie pas. Mais si elle vient à varier, nous reconnaissons comme la loi la plus certaine de la physique la variation du volume des corps, leur dilatation par l'effet de l'élévation de température. C'est ce phénomène si général qui conduit à considérer les corps comme composés de molécules qui tendent à se réunir sous l'action des forces d'attraction moléculaire et à s'éloigner par l'effet de la chaleur. Pour chaque température donnée correspondant à un état de dilatation déterminé, il s'établit un équilibre entre les forces moléculaires et le calorique.

La dilatation est l'effet nécessaire de la chaleur; tout l'effet du calorique est produit sous cette forme dans les gaz permanents pour lesquels les forces d'attraction de molécule à molécule sont nulles; l'effet du calorique sert en partie à équilibrer les forces d'attraction moléculaires dans les solides et les liquides, suivant une loi qui est indiquée par les variations des coefficients de dilatation et de chaleur spécifiques des corps.

Pour les solides et liquides, lorsque le corps revient à sa température primitive, en supposant la rotation complète, les forces de cohésion restituant en sens inverse la force qui leur faisait équilibre en partie, la restriction indiquée par M. Poncelet pour les forces moléculaires, vraie quand on ne considère que partie de cette rotation, paraît inutile.

On peut, en tous cas, établir comme parfaitement évidente cette seconde loi.

2^o *Partout où il y a différence de température, il y a production de force motrice.* En effet, tous les corps sont susceptibles de changements de volume, de contractions et de dilatations successives par les alternatives de chaleur et de froid, tous sont capables de vaincre dans leurs

changements de volume certaines résistances et de développer ainsi une certaine puissance motrice. Le chemin parcouru, la dilatation en raison de la température, et l'effort que le corps échauffé exercerait contre des obstacles qui s'opposeraient à la dilatation, tels sont les deux facteurs du travail mécanique produit par la chaleur communiqué à un corps. Ainsi un corps solide, une barre métallique alternativement chauffée et refroidie, augmente ou diminue de longueur et peut mouvoir des corps placés à ses extrémités. Un liquide alternativement chauffé et refroidi peut vaincre les obstacles plus ou moins grands opposés à sa dilatation. Un fluide aériforme produira dans les mêmes conditions des mouvements de grande étendue. Tous ces changements supposent des alternatives de chaleur et de froid, c'est-à-dire la disposition d'un corps chaud pour transmettre la chaleur à un corps froid.

Puisque le passage de la chaleur d'un corps chaud à un corps froid est une source de travail par la dilatation qui en résulte, tout passage de chaleur qui ne sera pas accompagné de dilatation utilisée, tout passage direct de la source de chaleur au réfrigérant diminuera d'autant l'utilisation de partie du *maximum théorique* du travail de la chaleur, et le travail utile n'en sera qu'une fraction d'autant moindre.

On peut donc établir comme base fondamentale du bon emploi de la chaleur, qu'il ne se fasse dans les corps employés pour réaliser la puissance qu'elle engendre aucun changement de température qui ne corresponde à un changement utilisé de volume.

Ceci va devenir très clair en employant la chaleur sur un gaz parfait, de telle sorte que toute la puissance de la chaleur soit évidemment utilisée.

Soit A (fig. 358) une source de chaleur, un corps toujours maintenu à une température T', comme la chaudière d'une machine à vapeur; B, un corps maintenu toujours, à une température T' moindre que T; *abcd* un cylindre renfermant un gaz à l'aide d'un piston mobile. On sait que si on comprime ce gaz, sa température s'élève; si au contraire on le dilate, la température s'abaisse. Quelles que soient les lois suivant lesquelles s'opère ce phénomène, on pourra, à l'aide de compressions et de dilatations, faire varier la température d'un gaz, comme on en fait varier la pression pour un volume fixe en variant la température.

Cela posé, figurons-nous la suite des opérations qui vont être décrites.

1° Contact du corps A avec le gaz, avec la paroi de la capacité *abcd*, que nous supposons transmettre facilement le calorique. Le gaz prend la température du corps A.

2° Le piston s'élève graduellement et vient prendre la position *ef*. Le contact a toujours lieu entre le corps A et le gaz, qui se trouve ainsi maintenu à une température constante pendant la raréfaction. Le corps A fournit le calorique nécessaire pour maintenir la constance de température.

3° Le corps A est éloigné et le gaz ne se trouve plus en contact avec aucun corps capable de lui fournir du calorique; le piston continue cependant à se mouvoir, et passe de la position *ef* à la position *gh*. Le gaz se raréfie sans recevoir de calorique, et sa température s'abaisse. Imaginons que cette augmentation de volume soit suffisante pour que la température du gaz

devienne égale à celle du corps B; à ce moment le piston s'arrête et occupe la position *gh*.

4° Le gaz est mis en contact avec le corps B; le piston est, par la moindre compression, ramené de la position *gh* à la position *cd*, et reste cependant à une température constante, à cause de son contact avec le corps B, auquel il cède son calorique.

5° Le corps B est écarté, et l'on comprime le gaz, qui, se trouve alors isolé, sa température s'élève. La compression est continuée jusqu'à ce qu'il ait pris la température du corps A. Le piston passe alors de la position *cd* à la position *lk*.

6° Le gaz est remis en contact avec le corps A; le piston retourne de la position *lk* à la position *ef*; la température demeure invariable.

7° La période décrite sous le n° 3 se renouvelle, puis successivement les périodes 4, 5, 6, — 3, 4, 5, 6, et ainsi de suite.

Dans ces diverses opérations, le piston éprouve un effort plus ou moins grand de la part du gaz renfermé dans le cylindre; la force élastique de ce gaz varie, sans qu'il y ait jamais contact entre les corps de température différente, tant à cause des changements de volume que des changements de température; mais l'on doit remarquer qu'à volume égal, c'est-à-dire pour des positions semblables du piston, la température se trouve plus élevée pendant les mouvements de dilatation que pendant les mouvements de compression. Pendant les premiers, la force élastique du gaz est donc plus grande, et par conséquent la quantité de travail produit par les mouvements de dilatation est plus considérable que celle consommée pour produire les mouvements de compression. Ainsi, l'on obtiendra un excédant de puissance motrice dont on pourra disposer pour des usages quelconques. Un gaz nous a donc servi à constituer une machine à feu; nous l'avons même employé de la manière la plus avantageuse possible, car il ne s'est fait aucun rétablissement inutile d'équilibre dans le calorique.

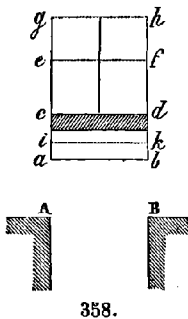
Toutes les opérations ci-dessus décrites peuvent être exécutées dans un sens et un ordre inverses.

Imaginons qu'après la sixième période, c'est-à-dire le piston étant arrivé à la position *ef*, on le fasse revenir à la position *lk*, et qu'en même temps on maintienne le gaz en contact avec le corps A; le calorique fourni par ce corps pendant la sixième période retournera à sa source, c'est-à-dire au corps A, et les choses se trouveront dans l'état où elles étaient à la fin de la période cinquième. Si maintenant on écarte le corps A et que l'on fasse mouvoir le piston de *lk* en *cd*, la température de l'air décroîtra d'autant de degrés qu'elle s'est accrue pendant la période cinquième, et deviendra celle du corps B. L'on peut continuer une série d'opérations inverses de celles que nous avons d'abord décrites, c'est-à-dire porter le piston en *gh*, le gaz étant en contact avec B, etc. Il suffit de se placer dans les mêmes circonstances et d'exécuter dans chaque période un mouvement de dilatation au lieu d'un mouvement de compression, et réciproquement.

Le résultat des premières opérations avait été la production d'une certaine quantité de travail et le transport du calorique du corps A au corps B, du corps le plus chaud au corps le plus froid; le résultat des opérations inverses (pendant lesquelles les pressions résistantes sont les mêmes que les pressions motrices dans les premières) est la consommation du travail produit et le retour du calorique du corps B au corps A, du corps le plus froid au corps le plus chaud; de sorte que ces deux séries d'opérations s'annulent, se neutralisent en quelque sorte l'une l'autre.

Nous pouvons maintenant nous poser la question suivante :

3° La puissance motrice d'une même quantité de cha-



leur est-elle constante ou varie-t-elle avec l'excipient employé pour l'utiliser ? On peut démontrer qu'elle est constante. En effet, la quantité de chaleur qui produit la dilatation d'un corps, produisant une certaine quantité de travail (nous supposons nulle pour cette démonstration l'action moléculaire qui, comme nous l'avons dit, cause une consommation que restitue le refroidissement, nous supposons qu'on agit sur un gaz parfait), cette même quantité de travail exercée en sens inverse pour comprimer le corps devra à son tour produire le dégagement de la quantité de chaleur qui l'a produit, et qui a fait prendre aux molécules les positions d'écartement qu'on fait cesser par une action mécanique.

Si donc, pour une même quantité de chaleur, un corps A donnait un travail mécanique supérieur à tout autre B, par une série d'opérations analogues à celle que nous avons décrite, l'emploi de ce travail mécanique produit par le corps A, employé par des opérations inverses à comprimer cet autre corps B, devrait fournir une quantité de chaleur supérieure à celle qui a produit le travail initial, et capable par suite d'engendrer en étant communiquée au premier corps A, une quantité de travail supérieure à celle qu'a exigée la compression; c'est-à-dire d'engendrer en répétant la même opération une source indéfinie de chaleur et de force par l'utilisation des excédents successifs, et cela sans consommation d'aucun agent, un mouvement perpétuel, ce qui ne saurait être admis, un effet sans cause, ce qui est absurde. On ne doit donc pas chercher à faire varier l'excipient dans l'espoir d'un bénéfice de travail, mais chercher seulement à utiliser le mieux possible le travail du calorique.

On doit donc poser comme loi générale :

La puissance motrice de la chaleur est indépendante des agents mis en œuvre pour la réaliser, et a un maximum théorique pour l'unité de chaleur.

Mais de même que la puissance théorique d'une chute d'eau ne peut être réalisée pratiquement, de même la puissance théorique de la chaleur ne peut être communiquée entièrement à un récepteur. On en approchera d'autant plus que l'on disposera le récepteur de telle manière qu'il ne s'y fasse aucun changement de température qui ne corresponde à un changement de volume utilisé, ou, ce qui est la même chose autrement exprimée, qu'il n'y ait jamais de contact entre des corps de températures sensiblement différentes.

L'important principe que nous avons cherché à établir ci-dessus, d'après M. S. Carnot, relativement au travail de la chaleur, peut, ce nous semble, être sinon vérifié aujourd'hui par les résultats des données expérimentales que fournit la physique actuelle, au moins être rendu tellement probable qu'on ne doive pas hésiter à l'admettre; ce qui nous paraît d'autant plus nécessaire que nous croyons que c'est en partant de ce principe qu'on parviendra à établir la véritable théorie des machines à feu, en apportant des corrections nécessaires aux formules admises aujourd'hui pour calculer le travail des machines à vapeur, et qui ne représentent qu'avec une trop faible approximation les résultats de l'expérience.

Ce même principe de l'égalité de l'action de la chaleur offre de plus l'utilité d'écartar tous les inutiles et coûteux essais répétés encore chaque jour, pour remplacer la vapeur d'eau par les vapeurs d'alcool, d'éther, l'acide carbonique liquéfié, le chloroforme, etc., et de faire disparaître toutes les chimères fondées sur l'emploi de la vapeur d'eau à très haute pression, dont les expériences de Perkins ont déjà démontré pratiquement l'inutilité.

La vérification de la loi établie ci-dessus consisterait à évaluer le travail produit à l'aide de tous les corps par une même quantité de chaleur, en opérant théorique-

ment, sans perte aucune, et à prouver que cette quantité est constante. Ce calcul ne peut être fait d'une manière tout à fait satisfaisante : il faudrait, pour y parvenir, des expériences spéciales. Toutefois on peut, à l'aide des évaluations des actions diverses de la chaleur sur les corps, obtenir quelques approximations, et surtout des vérifications nombreuses de la constance du travail produit.

Nous allons donc indiquer les meilleurs moyens d'utiliser la force motrice de la chaleur dans les divers cas, d'après les principes ci-dessus, tout en cherchant à vérifier la loi établie et à déterminer, s'il est possible, la valeur du maximum théorique du travail dû à une calorie.

Nous commencerons par les gaz qui présentent le cas le plus simple.

1° Gaz. Le moyen d'employer la chaleur à l'aide des gaz de la manière la plus avantageuse, consiste dans le système d'opérations que nous avons décrit. La grandeur de la dilatation des gaz, le grand volume qu'ils occupent sous un poids donné, rend leur emploi dans la pratique bien inférieur à celui de la vapeur d'eau. Il faudrait presque nécessairement, pour s'en servir, commencer par les comprimer à l'aide d'une pompe à air sous une pression élevée, ce qui exigerait une grande consommation de travail pour fournir un corps bien moins avantageux que l'eau, que la vapeur liquéfiée.

Cherchons à évaluer le travail théorique du travail fourni par l'action de la chaleur sur les gaz, en calculant les éléments des opérations décrites.

Air. Soit 1 kilogramme d'air à 0°. occupant 0,77 de mètre cube, à la pression 0^m,76, ou 40,330 kil. par mètre carré; si on l'échauffe d'un degré, il se dilatera, à pression constante, de 0,00367 de son volume, et le travail produit par cette dilatation sera :

$$0,00367 \times 0,77 \times 40330 = 29,19 \text{ kilogr. mèt.}$$

Si on laisse détendre ensuite le gaz (en supposant que la pression extérieure diminue), jusqu'à ce qu'il soit revenu à sa température primitive (on sait qu'il faut que l'air se dilate de 1/416 pour que sa température baisse de 1°), tout le travail dû à la chaleur aura été utilisé, puisque le gaz sera revenu à sa température primitive, et que la chaleur n'aura produit que des changements de volumes continus par l'effet de changements continus de température.

Le travail produit par cette utilisation de la chaleur sera peu considérable; car ne pouvant naître qu'autant qu'on diminue la pression, puisque d'après la loi de Mariotte la pression varie en raison inverse des volumes, le volume devenant $1 + \frac{1}{416} = \frac{417}{416}$, la

pression deviendra $\frac{416}{417} = 1 - \frac{1}{417}$. La force élastique correspondante à l'utilisation de la chaleur ne sera que 1/417 de la pression atm., et le volume $\frac{4}{416} \times 0,77$.

Le travail pour cette détente sera donc :

$$\frac{1}{416} \times 0,77 \times 40330 \times \frac{1}{417} = 0,58.$$

Le travail total produit est donc 29,19 + 0,58 = 29,77 kil. mèt.

Ce travail est celui correspondant à la quantité de chaleur nécessaire pour échauffer 1 kil. d'air de 1°, quantité égale à 0,267 de calorie, d'après les expériences connues (qui sont malheureusement fort imparfaites); le travail pour une calorie sera donc obtenu par la proportion 0,267 : 1 :: 29,77 : x, d'où x = 111 kil. qui doit être la valeur théorique du travail d'une calorie.

Nous pouvons évidemment négliger les opérations 4, 5 et 6, nécessaires théoriquement pour recommencer l'opération fondamentale; et dans lesquelles, après avoir refroidi le gaz par le contact du corps B, on le comprime pour l'amener à la température du corps A, et on le laisse ensuite dilater au contact de ce corps, ce qui, pour d'autres petites différences de température, fournit une dépense et un produit de travail sensiblement équivalents.

Si l'on cherche à appliquer le même calcul à d'autres gaz, et notamment à des gaz composés qui soient soumis à des lois différentes de celles qui régissent les gaz simples et qui varient peu d'un gaz à l'autre, on trouve des résultats qui n'approchent qu'assez peu du chiffre ci-dessus. Ainsi nous avons trouvé pour l'acide carbonique 89, pour l'oxyde de carbone 99 kil. mètr.

Mais il est juste d'observer que ces chiffres sont obtenus à l'aide de résultats d'expériences de chaleur spécifique d'une valeur plus que douteuse, et qui nécessairement causent ici des erreurs considérables.

En attendant des déterminations plus précises, nous admettrons 440 kil. mètr. pour la valeur de travail théorique d'une calorie.

Le travail théorique d'un kil. de charbon développant par sa combustion 7,500 calories, serait donc $440 \times 7,500 = 825,000$ kil. mètr.

Comme le refroidissement et le tirage du fourneau occasionnent toujours une dépense de près de moitié de la valeur calorifique du combustible, comme il faut toujours une dépense considérable de travail pour opérer la combustion dans le fourneau le mieux établi (voyez TIRAGE), le maximum pratique ne peut guère s'élever au-dessus de 4 à 500,000 kil. mètr. En effet, dans la plupart des chaudières les mieux établies, on n'évapore pas plus de 7 à 8 kil. d'eau par kil. de charbon, ce qui revient aux chiffres de 4,500 à 5,200 calories par kil. de houille. Les machines si parfaites de Cornouailles qui, comme nous le verrons à MACHINE A VAPEUR, rendent par kil. de charbon jusqu'à 300,000 kil. mètr. de travail utile, soit de 60 à 75 p. 400 de travail qu'il est possible d'utiliser, sont donc bien plus voisines de la perfection réalisable en fait de machines qu'on n'admet généralement.

M. Joule, de Manchester, a fait un grand nombre d'expériences dont il nous faut dire quelques mots; car il s'est proposé de déterminer la quantité de travail nécessaire pour échauffer l'eau de 4°, évidemment inspiré par l'expérience bien connue de Davy, qui fondait la glace en faisant frotter des morceaux de glace l'un sur l'autre. D'un grand nombre d'expériences qui consistent à faire tourner un agitateur dans l'eau, à l'aide d'un poids connu descendant d'une hauteur facilement mesurable, il a pu conclure, en mesurant l'accroissement de température produit dans le liquide, le rapport entre le travail mécanique dépensé et la quantité de chaleur produite. Il espérait sans aucun doute en déduire la relation inverse, mais le résultat de ces expériences, faites en général près de zéro, nous paraît prouver fort peu de chose sous ce rapport.

Voici les chiffres que nous trouvons dans les ouvrages anglais :

D'après des expériences nombreuses faites à des températures qui passaient de 32 à 33° Fahrenheit, il fallait 772 livres pieds pour élever 4 kil. d'eau d'un degré. Or, 32° correspond à zéro du thermomètre centigrade et 33 à 0,56; ainsi il eût fallu pour échauffer l'eau de 4°.

$$772 : 0,56 :: x : 4. \quad x = \frac{772}{56} \times 408 = 4378 \text{ liv. pieds.}$$

La livre anglaise = 0,37; le pied anglais = 0,30.
Pour 4 kil. $x : 4 :: 4378 : 0,37 \quad x = 3724$.

Enfin, la livre pied anglais = $0,37 \times 0,30 = 0,44$ kil. mètr.

Donc une calorie est produite par 443 kil. mètr.

Ce résultat prouve tout simplement qu'une grande partie du travail mécanique dépensé dans ces expériences ne produit aucune augmentation de température; le mouvement imprimé se perpétuant et l'action se prolongeant beaucoup, ce qui ne produit pas de chaleur sensible. Cela résulte trop évidemment du mode d'opérer pour être discutable, et par suite il n'est pas admissible qu'une calorie pût produire 443 kil. mètr., comme on devrait le conclure s'il était possible que l'expérience ne laissât rien à désirer.

2° *Corps solides.* Rappelons d'abord que les solides ayant une force de cohésion que le calorique détruit en partie, avant de produire un effet sensible, il y a d'abord une partie de travail annulé par cette cause, mais cette quantité est restituée lorsque, par le refroidissement, le corps revient à son état primitif.

La physique ne fournit pas les données suffisantes pour calculer les effets dus à la dilatation des solides. On connaît seulement l'étendue des dilatations, mais non l'effort qu'elles peuvent produire. Chacun connaît l'application faite par Molard pour redresser les murs du Conservatoire, exemple qui, ainsi que nombre de faits, prouve que la force ainsi engendrée est considérable si le chemin parcouru est petit. Des expériences bien faites, consistant à mesurer le poids qu'une barre de fer pourrait soulever par son refroidissement, confirmeraient le principe posé.

Les faibles mouvements, produits par la dilatation des corps solides, rendent leur emploi presque impossible pour l'établissement de machines pouvant les utiliser. Il faudrait employer des mécanismes compliqués, des pièces d'une grande force pour transmettre des pressions énormes, etc. Le seul moyen qui n'a guère été employé que dans des appareils régulateurs, qu'on peut considérer comme employé à produire une pression et une traction, consiste à faire dilater et refroidir successivement une barre de métal liée avec la résistance, moyen trop imparfait pour que nous ayons à nous y arrêter.

Revenons à la détermination théorique du travail produit par la chaleur servant à dilater un corps solide, et voyons si elle nous fournit quelques résultats tendant à vérifier, ou au moins à rendre de plus en plus probable le principe que nous avons établi par des considérations théoriques.

Nous ne nous occuperons que des corps sur lesquels la chaleur agit sans causer d'altération, des métaux, par exemple, et non des bois, des pierres, etc., que la chaleur décompose.

Lorsqu'une certaine quantité de chaleur vient à agir sur un corps solide, à une certaine température, elle équilibre partie de la force de cohésion qui réunit les molécules, et devient sensible par une dilatation. Cette partie seulement produit un effet mécanique; puis, par le refroidissement, la force de cohésion rapproche les molécules. Les lois de ces actions, de ces détente successives, dépendent du mode d'action des forces moléculaires, en raison des variations infiniment petites de l'écartement des molécules.

Il paraît impossible d'étudier théoriquement des questions aussi complexes; peut-être expérimentalement pourrait-on arriver à constater la valeur du travail mécanique produit pour une même quantité de chaleur communiquée à des corps solides différents, et en déduire quelques données précieuses. Toutefois, de semblables expériences offriraient de grandes difficultés.

Mais il est une température où le travail mécanique produit par la chaleur communiquée à un corps a une valeur plus facilement assignable. Nous voulons parler

CALORIE.

de la liquéfaction d'un corps par communication de la chaleur latente nécessaire, la chaleur sensible restant la même à l'état solide et à l'état liquide.

Puisque la température ne change pas pendant la liquéfaction, tout le travail de la chaleur est utilisé, et la quantité de chaleur que nous savons mesurer, et qu'on appelle chaleur latente, produit le travail de séparer et désunir les molécules qui adhéraient fortement ensemble.

Si le principe que nous avons établi est exact, le même travail sera produit pour chaque métal pour une même quantité de chaleur latente. Le rapport du travail produit par la désunion des molécules à la chaleur latente nécessaire pour la produire sera une quantité constante pour les divers métaux.

M. Person, professeur à l'Académie de Besançon, est parvenu aux déterminations qui nous sont nécessaires, et cela d'une manière très satisfaisante, en se servant des expériences sur l'élasticité faites par M. Wertheim. Nous empruntons ce qui suit au mémoire qu'il a publié sur ce sujet dans les *Annales de chimie et de physique*.

« J'ai pensé, dit-il, que le travail pour séparer les molécules devait être dans une relation simple avec le travail nécessaire pour les écarter d'une certaine quantité. Déjà si l'on jette un coup d'œil sur le tableau des coefficients d'élasticité que M. Wertheim a donné dans les *Annales de chimie et de physique*, on reconnaît que les chaleurs latentes de fusion sont à très peu près proportionnelles à ces coefficients. Par exemple, il faut deux fois autant de chaleur pour fondre le zinc que pour fondre l'étain; or le tableau montre que le coefficient d'élasticité du zinc est double de celui de l'étain. Ainsi un métal qui exige un effort double pour le même allongement demande aussi une chaleur double pour se fondre. Le rapport est encore plus remarquable pour le plomb; c'est un métal qui offre très peu de résistance: avec un effort cinq fois plus petit on l'allonge autant que le zinc. Eh bien! il se trouve aussi que la chaleur nécessaire pour le fondre est cinq fois plus petite que celle qu'il faut pour le zinc. On retrouve encore la proportionnalité entre le zinc et le bismuth, quand on a soin de prendre le zinc cristallisé par un refroidissement lent, parce qu'alors sa constitution se rapproche de celle du bismuth.

« Ainsi donc, en désignant par q , q' les coefficients d'élasticité de deux métaux, par l , l' leurs chaleurs latentes de fusion, on a, au moins approximativement,

$$\frac{q}{q'} = \frac{l}{l'}$$

« Le tableau, placé en tête de la colonne suivante, fera juger du degré d'approximation. Comme l'état physique des métaux a une grande influence sur leur coefficient d'élasticité, on a pris le rapport pour des états physiques aussi identiques que possible; c'est-à-dire qu'on a comparé les métaux coulés avec les métaux coulés, les métaux recuits avec les métaux recuits, et ainsi de suite. »

Cherchons maintenant pourquoi la proportionnalité n'est qu'approchée. Le coefficient d'élasticité est le poids qui doublerait la longueur d'une tige d'un millimètre de section, en supposant que l'allongement restât proportionnel à la traction. Il résulte de cette définition que, dans la mesure des coefficients d'élasticité, l'on ne compare pas des poids égaux comme dans la mesure des chaleurs latentes; dès lors il n'est pas étonnant que la proportionnalité n'existe pas rigoureusement. Le poids d'une même longueur, la densité, doivent évidemment jouer un rôle dans cette détermination. M. Pierson a proposé la formule suivante, pour la fonction de l'élasticité et des densités proportion-

CALORIE.

Comparaison des coefficients d'élasticité et des chaleurs latentes de fusion.

DÉSIGNATION DU MÉTAL.	RAPPORT $q : q'$			MOYENNE.	RAPPORT $l : l'$
	d'après les vibrations induites	après vibrations traus-	d'après l'allongement.		
Zinc ordinaire étiré. . .	2,09	2,44		2,47	4,97
Étain ordinaire étiré. . .			»		
Zinc ordinaire recuit. . .	2,00	2,34		4,80	5,23
Étain ordinaire coulé. . .			»		
Zinc ordinaire recuit. . .	4,32	5,20		4,80	5,23
Plomb recuit.					
Zinc pur coulé.	4,69	4,75	5,09		
Plomb pur coulé.					
Étain ordinaire étiré. . .	2,20	2,33		2,20	2,65
Plomb étiré.			»		
Étain ordinaire coulé. . .	2,33	2,40			
Plomb coulé.					
Zinc bien cristallisé. . .	2,28	»	»	2,28	2,22
Bismuth coulé.					

nelles au travail produit (p , p' étant les poids spécifiques des substances considérées) :

$$\frac{q}{q'} \left[\frac{1 + \frac{2}{\sqrt{p}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{p'}}} \right] = \frac{l}{l'} \quad (A)$$

Elle signifie que les chaleurs latentes de fusion sont dans le rapport des coefficients d'élasticité augmentés d'une certaine quantité qui dépend de la densité.

Voici maintenant des vérifications de la formule. En comparant le zinc au plomb, nous avons eu $\frac{q}{q'} = 4,80$;

la correction actuelle, d'après les densités, revient à ajouter le dixième de cette valeur, ce qui donne 5,28; or on a $\frac{l}{l'} = 5,23$; ainsi l'accord est parfait.

Pour l'étain et le plomb, on a eu :

$$\frac{q}{q'} = 2,20, \text{ et } \frac{l}{l'} = 2,65;$$

la différence était assez considérable. Mais maintenant, la correction étant faite, il vient 2,42, et la différence avec 2,65 n'est pas d'un dixième.

Pour le zinc et l'étain, sans correction, la différence n'est pas non plus d'un dixième; mais aussi il n'y a pas de correction à faire, puisque les densités sont les mêmes.

Pour le bismuth, comparé au zinc cristallisé, la correction tendrait à altérer l'égalité des rapports; cela peut tenir à l'état de cristallisation.

La relation que nous venons de trouver pour les métaux se vérifie aussi pour les alliages. Ainsi, pour l'alliage de d'Arcet, M. Wertheim a trouvé $q' = 2626$

CALORIE.

d'après les vibrations transversales; pour le zinc ordinaire recuit, il a eu, d'après ces mêmes vibrations, $q \approx 9644$, d'où $\frac{q}{q'} = 3,67$. La densité de l'alliage de d'Arcet étant 9,8 il vient :

$$\frac{q}{q'} \left[\frac{1 + \frac{2}{\sqrt{p}}}{1 + \frac{2}{\sqrt{p'}}} \right] = 3,92.$$

Maintenant la totalité de la chaleur, qui devient latente quand on fond l'alliage, est 7,64; pour le zinc, c'est 23,13; on a donc $\frac{l}{l'} = 3,68$, ce qui diffère bien peu de 3,92.

La formule (A) se vérifiant d'une manière satisfaisante, on peut s'en servir pour calculer la chaleur latente de fusion des différents métaux. On trouve ainsi environ 38 calories pour le platine, et 60 pour le fer, en prenant le zinc pour terme de comparaison. Le fer, qui est le métal le plus résistant, serait aussi celui qui demanderait le plus de chaleur pour se fondre.

Ainsi nous pouvons considérer que la loi que nous avons établie théoriquement, à savoir que le travail produit par l'unité de chaleur était le même pour tous les corps, se trouve vérifiée d'une manière très satisfaisante pour les corps solides.

3° *Liquides*. La force motrice des liquides pourrait théoriquement s'utiliser comme pour les solides. On peut supposer le liquide à échauffer renfermé dans un vase portant sur sa surface des pistons que mettent en mouvement les accroissements de volume du liquide. La faible dilatation des liquides, la difficulté de ne pas perdre la presque totalité de travail de la chaleur par suite de la dilatation de l'enveloppe, rendent impossible l'exécution d'un semblable système.

Nous n'avons aucune donnée pour calculer théoriquement le travail de la chaleur agissant sur un liquide. En effet, le travail produit, en considérant pour simplifier le cube égal à l'unité de volume, est égal $p\delta$ dans chaque sens, p étant l'effort moyen produit, δ la dilatation linéaire pour un échauffement de 1°, et $3p\delta$ est le travail total; la quantité de chaleur absorbée est cd , c étant la chaleur spécifique pour l'unité de poids, et d la densité ou le poids pour l'unité de volume. Le travail pour l'unité de chaleur est donc $\frac{3p\delta}{cd}$, quantité constante si la loi énoncée est vraie, et qui fournit un lien précieux entre les dilatations et les chaleurs spécifiques, quand on considère les actions physiques au point de vue du travail produit, point de vue trop souvent négligé.

Nous n'avons pas d'évaluations des efforts p , qui peuvent être produits par la dilatation des liquides, et qui par suite puissent nous fournir la vérification cherchée. L'étude des compressibilités des liquides qui paraîtraient pouvoir offrir quelque point de comparaison analogue à celui que les coefficients d'élasticité fournissent pour les solides, ne conduit à aucun résultat. Les liquides résistent à la compression, comme le fait un tas de sable, par inertie et nullement comme le feraient des molécules écartées par la chaleur. La preuve est que la compression ne fait pas dégager des quantités de chaleur appréciables.

* *Chaleur latente des Liquides*. Nous pouvons suivre en partie le travail du calorique, dans le cas où il est absorbé pour produire de la vapeur et vaincre la pression atmosphérique. La dépense de chaleur latente qui sert à gazéifier un liquide est sensiblement proportionnelle

CALORIE.

au travail produit par le passage à l'état gazeux. Il semble en effet que cette même résistance à surmonter dans des circonstances semblables doit exiger sensiblement la même quantité de chaleur.

Soit 1 kilog. d'un liquide quelconque, dont δ est la densité, occupant par suite un volume égal à $\frac{1}{\delta \times 1000}$ en mètres cubes. Si ce corps se réduit en vapeur, en occupant un volume égal à m fois son volume à zéro, ou $\frac{m}{\delta \times 1000}$ mèt. c., le volume produit sera égal au volume produit $\frac{m-1}{\delta \times 1000}$, multiplié par la pression atmosphérique égale à 40330 sur le mètre carré.

α , étant la température d'ébullition du liquide.
 c , la chaleur spécifique du liquide, celle de l'eau étant prise pour unité.
 d , la quantité de chaleur rendue latente par la vaporisation du liquide.

$ca+d$ sera la quantité totale de chaleur absorbée par le liquide (c'est la quantité déterminée par les expériences de M. Despretz pour divers liquides), et le travail utile sera :

$$T = \frac{(m-1) \times 40330}{\delta (ca+d) 1000} \text{ pour une calorie.}$$

Eau. Pour l'eau :

$$m = 1700; \delta = 1; c = 1; \alpha = 100; d = 550$$

$$\text{d'où } T = \frac{(1700-1) 40330}{650 \times 1000} = 27 \text{ kilogram. mèt.}$$

Alcool. Pour l'alcool qui bout à 78°,40, on a :

$$m = 520; \delta = 0,8; ca + d = 255$$

$$\text{d'où } T = \frac{(520-1) 40330}{0,8 \times 255 \times 1000} = 26,20 \text{ kilogr. mèt.}$$

Éther. Pour l'éther qui bout à 37°,8 :

$$m = 318; \delta = 0,71; ca + d = 109$$

$$\text{d'où } T = \frac{(318-1) \times 40330}{0,71 \times 109 \times 1000} = 29 \text{ kilogram. mèt.}$$

On peut donc dire que sensiblement les volumes produits sont proportionnels aux chaleurs latentes, et par suite que le travail produit pour une calorie est le même pour les divers liquides, comme nous l'avons vu ci-dessus pour la fusion des solides.

Il est clair, au reste, que nous ne pouvons obtenir ainsi qu'une approximation, que les chiffres ci-dessus ne représentent le travail d'une calorie que relativement à la résistance constante qu'oppose la pression atmosphérique; il resterait, pour obtenir tout l'effet qui peut être produit, à utiliser le travail de la détente des vapeurs, qui en se dilatant jusqu'à liquéfaction pourraient fournir de la chaleur utilisable; c'est la question que nous allons traiter.

DES VAPEURS. *Vapeur d'eau*. Le travail d'un kil. de vapeur, renfermant, d'après Watt, 650 calories à toutes les températures (1, quelle que soit la pression, doit

(1) Nous raisonnons en admettant la loi de Watt, bien que les expériences de M. Regnault aient démontré qu'elle n'est pas rigoureusement exacte, parce que les variations qu'il a trouvées dans les chaleurs latentes de la vapeur aux diverses pressions sont assez faibles pour ne pouvoir rien changer au résultat général du calcul, et pour pouvoir être négligées dans une approximation semblable à celle-ci, au moins jusqu'à ce que ce savant ait déterminé les autres données du calcul que nous essayons ici.

CALORIE.

être constant, quand toute la chaleur est utilisée, et ne pas croître avec la pression.

Comparons la basse pression et une pression élevée de 10 atmosphères, par exemple.

Le travail de l'action directe p_0 est $40330 \times 1,70 = 68561$ k. m. pour le premier cas, et $40330 \times 10 \times 0,208 = 83930$ dans le second, c'est-à-dire de 1,10 à peine plus considérable, la densité de la vapeur croissant avec la pression, et par suite le volume produit étant d'autant moindre que la pression est plus considérable, ce qui fait que le produit est presque constant. Or, 0,208 ou le volume, en mét. cub., occupé par la vapeur à 10 atm., est celui que l'on obtient par le calcul, en admettant que la vapeur d'eau se comporte en tout comme l'air, ce qui est loin d'être démontré d'une manière suffisante; tandis que Southern a déduit d'expériences la loi : que les densités de la vapeur d'eau sont toujours en raison inverse des pressions, c'est-à-dire que les produits ci-dessus sont constants. Admettons cette constance, nous prendrons 47500 k. m. pour le travail direct de la vapeur à toute pression, et $\frac{47500}{550} = 86,36$ pour le travail d'une calorie. (Nous prenons 550 parce que la chaleur ne sert à produire de la vapeur qu'au-dessus de 100° ; au-dessous son action de dilatation de l'eau n'est pas utilisée.)

Cherchons à mesurer le travail complet de la détente, afin d'utiliser complètement le travail de la vapeur.

Un kilogramme de vapeur renfermant toujours, à saturation, d'après Watt, 650 calories, quelle que soit la tension de la vapeur, et en réalité la quantité de chaleur contenue dans la vapeur d'eau à saturation varierait fort peu avec les pressions et les températures, comme c'est une des lois les plus certaines de la physique qu'un gaz ne peut se dilater, augmenter de volume sans absorber de la chaleur, il s'ensuit que par l'effet de la détente la vapeur cessera d'être saturée; la chaleur sensible diminuera et la chaleur latente augmentera. Or, cet effet peut être assimilé à celui que produirait la condensation d'une partie de la vapeur, dont la chaleur latente de vaporisation viendrait réchauffer le reste de la vapeur, lui conserverait la même température. En réalité le travail produit par la détente diminue plus vite que s'il en était ainsi; mais on doit rester, par cette hypothèse, très près de la réalité, car on tient compte de l'annulation du travail d'une égale quantité de chaleur.

On voit d'après cela que si l'on connaissait la chaleur spécifique de la vapeur d'eau et la quantité de chaleur qu'elle absorbe en variant de volume, on pourrait déterminer la quantité de vapeur qui aura été condensée et dont la chaleur latente a empêché la température de la vapeur de s'abaisser. Si donc on remarque que cette quantité de vapeur, en se liquéfiant, diminue la pression en raison du volume qu'elle occupait, on voit que la chaleur latente de la quantité de vapeur condensée produit un travail égal à la différence entre le travail réellement produit et celui que produirait la vapeur s'il n'y avait pas de refroidissement. On aura ainsi le travail que produit par détente une calorie, comme nous avons déjà obtenu le travail obtenu par son effet directement employé à vaporiser de l'eau. Comme celle-ci est prise à 100° et est de même restitue liquide à 100° , on voit que l'opération est complète, et que nous aurons obtenu ainsi le travail entier d'une calorie employée à vaporiser de l'eau.

D'après MM. Delarouche et Bérard, la chaleur spécifique de la vapeur est 0,84, celle de l'eau étant 1. Mais nous ignorons comment varierait la température de la vapeur d'eau, pour une détente, une augmentation de volume, par exemple, si elle se comporterait comme un gaz.

Si le chiffre obtenu par l'air et les gaz simples était

CALORIE.

applicable à la vapeur, ce qui peut être considéré comme assez approché, comme nous savons que la température de l'air baisse de 1° pour une dilatation de $\frac{1}{146}^\circ$, la quantité de chaleur qui serait absorbée par la dilatation, serait pour une détente de $\frac{1}{146}$ de 0,84, et pour un doublement du volume ou $\frac{1}{146} \times \frac{1}{146}$, serait de $\frac{1}{146} \times 0,84 = 97$ calories pour 1 kil. de vapeur d'eau.

Du rapport de ce nombre de calories à celui contenu dans 1 kil. de vapeur à 550, on déduit la fraction qui s'est condensée, et par suite la diminution de pression qui en résulte.

Ainsi dans la formule v devenant $2v$, on a :

$$\frac{2v - v}{v} \times 146 \times 0,84 = \dots \dots \dots 97$$

et $\frac{97}{550} = 0,17$ quantité condensée.

Le volume $2v$ devenant $4v$, on a, la chaleur spécifique ne devant être prise que pour $4^\circ - 0,17$:

$$\frac{4v - 2v}{2v} \times 146 \times 0,84 \times (1 - 0,17) = 97 \times (1 - 0,17) = 71,5$$

et $\frac{71}{550 - 97} \times (1 - 0,17) = 0,15 \times (1 - 0,17)$

$= 0,125$, fraction de vapeur condensée.

Le volume $4v$ devenant $8v$, on a :

$$\frac{8v - 4v}{4v} \times 146 \times 0,84 (1 - 0,17 - 0,125) = 97 \times 0,705 = 68$$

et la quantité condensée est :

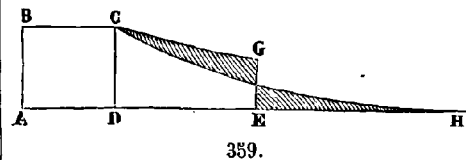
$$\frac{68}{550 - 97 - 71} \times (1 - 0,17 - 0,125) = 0,105$$

Le volume $8v$ devenant $14v$, on a :

$$\frac{14v - 8v}{8v} \times 146 \times 0,84 (1 - 0,17 - 0,125 - 0,105) = 68 \times 0,60 = 40,80$$

Total . . . 277,30

On voit que pour une détente égale à $\frac{1}{14}$ fois le volume primitif, on peut considérer plus de moitié de la vapeur comme condensée. La pression, au lieu d'être $\frac{1}{14}$ de a , n'est donc que $\frac{1}{28}$ de a . Si l'on compare la courbe dont l'aire indiquera le travail réel de la détente à la branche d'hyperbole (fig. 359), qui indiquerait le lieu



des pressions représentées par les ordonnées calculées d'après la loi de Mariotte (voyez MACHINE A VAPEUR, ou loi de Mariotte), on trouve que la partie à retrancher en partant de la pression a (où la différence est nulle), jusqu'à la pression $\frac{1}{2} \times \frac{1}{14}$ de a , pour une détente de $\frac{1}{14}$ volumes, doit être à peu près équivalente à celle qui représente le travail de la vapeur, dont la pression varie de $\frac{1}{28}$ de a à zéro, quand celle-ci est complètement condensée par l'utilisation d'une quantité de chaleur

moindre que moitié; et en réalité doit donner un résultat trop grand, puisqu'on a négligé l'abaissement de température et, par suite, de pression qui en résulte. On peut donc prendre avec assez d'approximation le travail produit par la détente de $\frac{1}{4}$ fois le volume primitif, suivant la loi de Mariotte, pour valeur du travail intégral de la vapeur. Or le travail à action directe pour $4^{\text{m}^{\text{c}}}$ étant 4, celui pour $\frac{1}{4}$ fois le volume primitif est 3,7 (voyez Focoelet, *Introduction à la mécanique*).

Nous avons vu que le travail produit par l'action directe d'une calorie, ou le produit $p v$, était égal à $31^{\text{m}^{\text{c}}}$, 80 pour toutes tensions de vapeur, donc le travail intégral sera $34,80 \times 3,7 = 127,60^{\text{m}^{\text{c}}}$, approximation très satisfaisante, d'une concordance remarquable avec les résultats obtenus précédemment.

Nous concluons du calcul approximatif ci-dessus, dont le résultat prouve que les données admises ne s'éloignent pas beaucoup de la réalité, que pratiquement on peut admettre $\frac{1}{28}^{\circ}$ à $\frac{1}{30}^{\circ}$ (car nous négligeons quelques opérations du travail théorique pour revenir au point de départ, et le chiffre exact devrait être un peu plus fort que celui obtenu) pour la valeur de la diminution de pression résultant de l'absorption de chaleur pour une détente égale au volume primitif de la vapeur avant toute détente; correction indispensable, et dont nous montrerons toute l'utilité en traitant de la théorie de la MACHINE A VAPEUR.

Résumé. En résumant ce qui précède, nous pouvons considérer comme bien établis les principes suivants, qui sont fondamentaux pour la théorie des machines à vapeur ou des machines à feu en général :

1° Le travail que peut produire l'unité de chaleur, la calorie, a un maximum théorique tout comme un poids qui descend d'une certaine hauteur en obéissant à la gravité. L'étude de l'action de la chaleur sur les solides, les liquides, les gaz, confirme ce que le raisonnement établit;

2° D'après les observations sur les gaz simples, le maximum théorique est d'environ $140^{\text{m}^{\text{c}}}$ pour une calorie;

3° Le principe fondamental du bon emploi de la chaleur est de ne mettre en contact les corps qu'avec la moindre différence possible de température; de faire que les changements de température produisent toujours des changements de volume. CH. LABOULAYE.

CALORIFERE. Voyez CHAUFFAGE.

CAMBRAI (toile de) (*angl.* cambric, *all.* kammer-tuch), toile de coton fine, tissée avec des fils du n° 36 au n° 96.

CAMELOT (*angl.* camlet, *all.* kamlott), étoffe satinée qui se fabrique avec de l'étain retors.

CAMPBRE (*angl.* camphor, *all.* campher). Le camphre est un produit naturel très abondant dans la famille des laurinéés et dans celle des labiées; il provient principalement du *taurus camphora*, arbre originaire du Japon. Pour l'obtenir, les Japonais coupent et fendent le bois des tiges et des racines en petits morceaux, qu'ils placent dans un filet qu'ils suspendent dans un alambic dont la cucurbitte est en fer et le chapiteau en terre cuite. Ils y versent de l'eau et la recouvrent du chapiteau après l'avoir garni de chaumes de riz sur lesquels le camphre vient se condenser. Le camphre brut ainsi obtenu est en petits grains agglomérés et salis par une matière brune et huileuse. Son odeur est si caractéristique qu'il n'y a aucune difficulté pour le reconnaître. Il faut choisir celui qui est le plus sec et le moins sale. Il est expédié brut en Europe où on le raffine.

Pour raffiner le camphre on le mélange aussi intimement que possible avec 0,02 de son poids de chaux vive, puis on introduit le mélange dans un matras à fond plat, que l'on remplit au tiers, que l'on bouche avec

dés étoupes et que l'on enterre dans un bain de sable jusqu'à la naissance du col. On chauffe assez rapidement pour opérer la fusion totale du camphre, et éviter ainsi un boursofflement qui salirait le vase qui le renferme. Aussitôt que le camphre est fondu, on découvre toute la partie vide du matras, et l'on diminue le feu de manière à n'obtenir qu'un faible bouillonnement que l'on soutient jusqu'à l'entière volatilisation du camphre; ce qui dure de huit à douze heures, selon la quantité sur laquelle on opère.

En ajoutant au mélange à sublimer de 100 parties de camphre brut et de 2 p. de chaux vive, 2 p. de noir animal pulvérisé, on décolore plus complètement le camphre et on obtient un produit plus blanc.

Le camphre raffiné est solide, blanc, fortement translucide, ayant un goût et une odeur caractéristiques, et sa densité est de 0,995 à 0,996. Il est tendre, rayé par l'ongle, et très flexible; cependant on le réduit aisément en poudre en le broyant avec quelques gouttes d'alcool; il fond à 73° et bout à 204° ; il est très peu soluble dans l'eau et l'est beaucoup au contraire dans l'alcool et l'éther; 100 p. d'alcool ayant une densité de 0,806 en dissolvent 420 p.; l'eau le précipite de cette dissolution à l'état pulvérulent; approché d'un corps en ignition, il brûle avec flamme sans laisser de résidu. D'après Liebig, le camphre est formé, pour 100, de 79,20 de carbone, 10,36 d'hydrogène et 40,36 d'oxygène, ce qui correspond à la formule $C^{40}H^{32}O^2$.

Si l'on gratte un morceau de camphre avec un instrument tranchant au-dessus d'un vase contenant de l'eau, dont la surface n'est salie par aucun corps, on observe un phénomène extrêmement curieux: les particules du camphre qui viennent à toucher l'eau se meuvent en tournant sur elles-mêmes, quelquefois avec une extrême rapidité. Ce mouvement giratoire paraît dû à la forme des grattures qui, étant courbées, ont une extrémité mouillée, tandis que l'autre est émergée, et à l'évaporation rapide du camphre dont la vapeur, en s'échappant, trouve dans l'air la résistance nécessaire pour les faire mouvoir.

Le camphre doit être conservé dans des vases bien bouchés et dans un lieu froid, à cause de son extrême volatilité. C'est à cette propriété que se rattachent surtout les propriétés du camphre, de s'opposer à la décomposition des corps avec lesquels il est mélangé et autour desquels il produit une atmosphère odorante.

On l'a quelquefois falsifié avec du camphre artificiel, que l'on obtient en faisant arriver un courant d'acide hydrochlorique gazeux dans de l'huile essentielle de térébenthine placée dans un mélange réfrigérant. La fraude peut se reconnaître en faisant passer le camphre en vapeur à travers un tube de porcelaine chauffé au rouge; cette vapeur est décomposée en cas de fraude et donne naissance à de l'acide hydrochlorique qui, recueilli dans l'eau, se reconnaît au précipité blanc floconneux qu'il donne par le nitrate d'argent; lequel précipité est insoluble dans les acides, soluble dans l'ammoniaque, et devient presque instantanément d'un bleu violacé par l'action des rayons solaires.

CANAL (*angl.* et *all.* canal). Pour qu'une voie navigable satisfasse convenablement aux besoins du commerce, elle doit remplir autant que possible les conditions suivantes :

1° La circulation dans les deux sens doit exiger le minimum de dépense;

2° Elle doit être libre constamment, ou du moins n'être fermée que pendant des périodes dont on peut fixer à l'avance le commencement et la fin;

3° La durée des voyages doit pouvoir être calculée avec précision, et sur toute la route doivent être disposés des lieux de stationnement, des ports de charge et de décharge, des entrepôts, etc., etc.;

4° La navigation doit être, autant que possible,

exempté de toutes causes de risques, écueils, passages dangereux; qui compromettent la sûreté des embarcations et la vie des hommes;

3° La profondeur du cours d'eau doit être, sur tous les points, assez grande pour que les bateaux puissent être fortement chargés, et assez constante pour ne pas descendre au-dessous d'un minimum connu.

Les cours d'eau, dans leur état naturel, sont loin de satisfaire à ce programme. Si leur courant offre aux marchandises qui descendent un moyen de transport très économique, il est pour celles qui remontent un obstacle qu'on ne peut vaincre qu'à grands frais. Ils sont sujets à des débordements, des débâcles, des sécheresses, dépendant de la variation des saisons, et qui échappent à toute prévision. Enfin les dispositions des lits, des rives, des courants, des ponts qui traversent les cours d'eau, des usines qui les bordent, créent une foule de dangers auxquels toute l'habileté des marins ne peut pas toujours parer.

On a pu par d'importants travaux exécutés sur quelques rivières, telles que l'Oise, la Sambre, la Somme, faire disparaître la plus grande partie de ces inconvénients; mais sur nos grands fleuves, sur les rivières à fond mobile, les dépenses seraient tellement considérables, et les chances d'atteindre un résultat complet si précaires, qu'on a dû y renoncer pour un moyen plus économique et plus sûr, qui consiste à creuser une rivière artificielle à côté du cours d'eau naturel; c'est ce qu'on appelle un canal latéral. Nous citerons comme exemples le canal latéral à la Marne, le canal latéral à la Garonne, le canal latéral à la Loire, etc., etc.

D'un autre côté, afin de faciliter le commerce intérieur et même international, il était important d'établir des communications par eau entre différentes rivières, pour que sans transbordement on pût faire passer les marchandises d'un bassin dans un autre; mais les différents bassins étant séparés par des contre-forts et des chaînes de montagnes souvent fort élevés, il est généralement impossible de franchir de niveau le seuil qui les sépare; il faut s'élever d'une des rivières jusqu'à un point culminant, duquel on redescend dans l'autre.

Cette voie artificielle et à double pente porte le nom de canal à point de partage.

Tels sont : le canal de la Marne au Rhin, destiné à relier ce dernier fleuve au bassin de la Seine; les canaux d'Orléans et de Briare, qui réunissent la Seine à la Loire; le canal du Midi, qui mène de la Méditerranée à la Garonne; le canal du Rhône au Rhin, de l'Aisne à la Marne, etc.

L'économie de ce système consiste à rassembler, sur le point culminant qu'on veut franchir, une quantité d'eau assez considérable pour alimenter deux canaux, qui se dirigent, chacun de leur côté, vers les rivières à réunir; ce point, qui sert, pour ainsi dire, de source commune aux deux canaux, s'appelle le point de partage.

Comme il y a presque toujours une très grande différence de niveau entre le point de partage et la rivière à rejoindre, il est évident que, si on était obligé de donner aux canaux de jonction une pente continue, celle-ci serait tellement forte, qu'il deviendrait impossible aux bateaux de la remonter et même de la descendre sans danger. On conçoit, de même, qu'un canal latéral, qui prend l'eau à une rivière pour la lui rendre plus bas, devrait avoir une pente à peu près égale à la pente moyenne de celle-ci. Le problème d'une navigation commode et facile en tous sens ne serait donc pas résolu, dans ces deux cas, sans une invention moderne, qui est l'origine de tous les progrès de la navigation artificielle de nos jours, et qu'on appelle l'écluse à sas, machine destinée à élever, sans danger et

presque sans dépense, un bateau à une hauteur verticale de plusieurs mètres.

Grâce à ce procédé, un canal latéral, ou chacune des branches d'un canal à point de partage pourra se composer d'une suite de portions horizontales ou d'une faible pente, séparées par des chutes, qu'on franchira ou qu'on descendra au moyen des écluses.

Chaque partie de canal comprise entre deux écluses s'appelle bief; chaque écluse correspond à deux biefs. Le plus élevé s'appelle bief d'amont ou supérieur, et l'autre, bief d'aval ou inférieur.

L'écluse à sas, dont on fait remonter l'invention à Léonard de Vinci, réduite à son expression théorique, est un compartiment vide dont la superficie est au moins égale à celle d'un bateau, et dont le fond est au niveau du plafond du bief inférieur. Cet espace vide ou sas est isolé des deux biefs par deux portes, qui peuvent, en s'ouvrant, laisser un bateau le traverser. Il communique de plus avec ceux-ci par des ouvertures, qu'on peut fermer séparément à son gré au moyen de vanes.

Supposons qu'on veuille faire monter un bateau du bief inférieur dans le bief supérieur, on ferme toute communication du sas avec le bief supérieur, on ouvre les portes d'aval et on fait entrer le bateau dans le sas; puis, après avoir isolé celui-ci du bief inférieur en refermant les portes, on ouvre le conduit répondant au bief supérieur; l'eau de ce dernier pénètre dans le sas, qu'elle tend à remplir, et soulève le bateau jusqu'à ce qu'il soit arrivé au niveau du bief d'amont, dans lequel il pénètre sans difficulté lorsqu'on a ouvert la deuxième porte.

Pour opérer la descente, on suit la marche inverse: on ferme la vanne et la porte d'aval, et on ouvre au contraire la vanne et la porte supérieures; le bateau peut être amené dans le sas, dont l'eau s'est mise au niveau du bief qu'il occupe, les portes et la vanne d'amont sont fermées à leur tour, et on ouvre la vanne d'aval par laquelle l'eau du sas s'écoule dans le bief inférieur. Elle descend bientôt au niveau de celui-ci en entraînant le bateau avec elle; il n'y a plus alors qu'à ouvrir la porte d'aval, pour qu'il puisse sortir de l'écluse.

Ces manœuvres, dont l'explication paraît compliquée, quoique leur exécution soit très simple, ne durent pas plus de dix minutes dans une écluse bien établie.

Nous allons examiner succinctement les bases d'après lesquelles on trace les canaux et les différents ouvrages que leur construction exige.

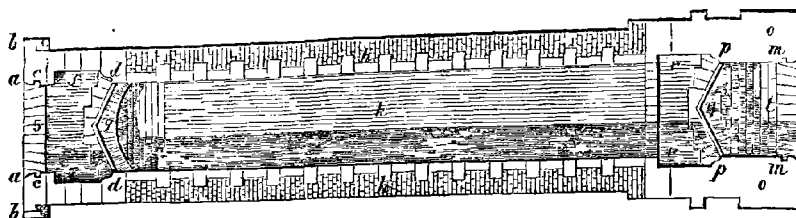
TRACÉ DES CANAUX.

Emplacement du point de partage. Le premier problème à résoudre, dans l'étude d'un canal, est la recherche de l'emplacement favorable pour l'établissement du bief de partage. Ce point doit satisfaire à la double condition, de permettre d'y recueillir les eaux nécessaires pour l'alimentation du canal, et de faire monter le moins possible les bateaux pour passer d'une vallée à l'autre.

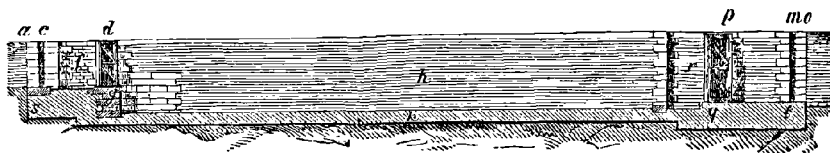
Généralement ces conditions sont la conséquence l'une de l'autre, car les moyens d'alimentation provenant de l'aménagement des eaux supérieures au bief de partage, plus celui-ci sera abaissé, plus grande sera la quantité de ces eaux qu'on pourra rassembler. On doit donc chercher d'abord à reconnaître quelles sont les parties les plus basses du faite qui sépare les deux vallées. A l'inspection d'une bonne carte, on trouvera les divers points minimum d'un faite dans les circonstances suivantes :

1° Quand deux thalwegs secondaires partent de la chaîne à traverser en deux points opposés;

2° Quand deux thalwegs, après avoir été parallèles



1.



2.

hauteur; on a fait varier cependant ce rapport, dans plusieurs exemples, de 0^m,30 à 0^m,50.

Cette épaisseur doit être au moins la même le long de l'enclave des portes et des musoirs d'amont et d'aval.

La fermeture à chaque tête se compose de deux vantaux susceptibles de tourner chacun autour d'un axe vertical placé le long du chardonnet. Lorsque la porte est fermée, les deux vantaux s'arc-boutent l'un contre l'autre; ils sont appuyés à la partie inférieure contre le busc, portion du radier en saillie sur le reste de 0^m,25 à 0^m,30, et limitée par une ligne brisée formant, avec la ligne menée d'un chardonnet à l'autre, un triangle dont la hauteur varie entre le 1/7^e et le 1/5^e de la largeur de l'écluse.

Lorsque la porte est ouverte, chaque vantail vient se loger dans l'enclave, qui est refouillée à cet effet d'une quantité égale à l'épaisseur de la porte, plus un jeu de 40 centimètres.

Lorsqu'il y a un mur de chute, le dessus du busc d'amont est au niveau du fond du bief supérieur, et le dessus du busc d'aval est au niveau du fond du bief inférieur; le mur est destiné à racheter cette différence de hauteur. On le termine par une face cylindrique du côté du sas.

Lorsqu'on n'exécute pas de mur de chute, le dessus des deux buscs est au niveau du fond du bief inférieur, et la différence de hauteur est rachetée par une pente établie dans le plafond du bief supérieur jusqu'au garde-radier de la chambre des portes d'amont. Les deux portes doivent avoir alors la même hauteur pour l'amont et pour l'aval.

Chaque disposition a ses avantages et ses inconvénients.

Les rainures ouvertes dans les musoirs, larges de 20 à 40 centimètres en amont et en aval, sont destinées à recevoir des poutrelles pour former batardeau lorsqu'on veut faire des réparations à sec dans l'intérieur de l'écluse.

L'épaisseur du radier doit être calculée de manière à faire équilibre aux sous-pressions dues aux sources adjacentes, ou à la différence de hauteur de l'eau dans les deux biefs.

On exécute ordinairement en maçonnerie de pierres de taille les têtes, les musoirs, le couronnement, les enclaves, les chardonnets, les buscs, une portion du radier au pied du mur de chute, les arrière-radriers et

les garde-radriers. Tous les autres parements peuvent être faits en moellons ou en briques.

Les buscs doivent être en pierres dures et appareillées en voûte. D'ordinaire on entaille leur arête pour y loger des pièces de bois de 0^m,20 à 0^m,25 d'équarrissage, qu'on nomme heurtoirs, et contre lesquelles les portes s'appuient. On appareille aussi en claveaux les deux chaînes de pierres de taille qui forment tête de radier en amont et en aval.

Portes d'écluse. On exécute les portes des écluses : 1^o en bois, avec des ferrures pour les consolider; 2^o en fonte, fer et tôle; 3^o en fonte, bois, fer et tôle; 4^o en fonte.

Le cadre de chaque vantail d'une porte en bois se compose de deux poteaux verticaux nommés, l'un poteau tourillon, l'autre poteau busqué, réunis par deux entre-toises horizontales. Le poteau tourillon est arrondi suivant la même courbure que le chardonnet sur lequel il s'appuie; le poteau busqué est taillé en biseau sur la face extrême, afin que les deux vantaux s'appuient ou busquent l'un contre l'autre suivant cette même face.

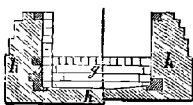
Le tourillon porte du bas sur une crapaudine et est maintenu du haut par un collier scellé solidement dans le bajoyer.

Les vides laissés par cette charpente sont recouverts par des madriers cloués sur la face d'amont. L'entre-toise inférieure et l'about du poteau busqué ne descendent pas jusqu'au radier de la chambre des portes; ils en sont éloignés de 0^m,05 ou 0^m,06, afin que pour un léger abaissement du vantail il n'y ait pas de frottement contre la surface de ce radier. L'entre-toise supérieure est quelquefois posée à la hauteur du couronnement du radier; d'autres fois elle s'élève à environ 0^m,80 au-dessus de ce couronnement et se prolonge par un balancier, chargé à son extrémité de manière à faire contre-poids au vantail.

L'espacement des entre-toises intermédiaires et leur équarrissage se calculent en tenant compte de la pression variable que doit subir la porte à différentes hauteurs.

Le jeu des assemblages de cette charpente tend à faire baisser le poteau busqué; pour s'opposer à ce mouvement, on relie les poteaux et les entre-toises par une pièce inclinée, nommée bracon, qui part du pied du poteau tourillon, embrasse les entre-toises intermédiaires et s'assemble dans la face inférieure de l'entre-toise supérieure, près de son point de jonction avec le poteau busqué.

On peut suppléer à l'emploi de cette pièce, ou ajouter



3.

à son action, au moyen d'une écharpe en fer, fixée d'un bout en haut du poteau tourillon, et de l'autre au pied du poteau busqué; cette écharpe est garnie d'une mouille à coins qui permettrait de relever la porte si elle avait baissé.

Les assemblages des poteaux avec les entre-toises, qui se font par tenons et mortaises, sont consolidés par des étriers ou des équerrés en fer.

On a fait au canal du Nivernais des portes d'écluses dont le poteau tourillon est en fonte creuse avec une âme en bois à l'intérieur; le poteau busqué est formé d'une bande de fer encastrée dans un poteau en bois; enfin les entre-toises sont en fonte, et le revêtement est formé de feuilles de tôle reliées entre elles par des rivets.

On a exécuté à l'écluse de Marly des portes dont chaque ventail a 7 mètres de hauteur et 6^m,94 de largeur. Leur charpente se compose d'un poteau tourillon en fonte, d'un poteau busqué en bois renforcé par de la tôle, et de huit entre-toises en bois et fer, également espacées.

Chaque entre-toise est formée d'une pièce de bois de 0^m,48 d'épaisseur, dont les faces, inférieure et supérieure, sont recouvertes d'une lame de tôle, rendue solidaire avec le bois au moyen d'un grand nombre de boulons à écrous.

Cette carcasse est revêtue de feuilles de tôle de 0^m,005 d'épaisseur.

On a fait au canal Saint-Denis des portes totalement en fonte; mais ce système présente beaucoup de dangers, parce que la fonte éclate facilement sous des chocs violents, comme ceux auxquels sont exposés les vantaux de la part des bateaux qui se meuvent dans les écluses.

Les portes se manœuvrent par différents procédés, soit au moyen des balanciers formant le prolongement de l'entre-toise supérieure, soit par des cordages et des bielles attachés à la partie supérieure du poteau busqué et mus par des cabestans, soit par des crémaillères ou des arcs en fonte dentés, attachés à l'entre-toise supérieure, et mus par un pignon à axe vertical établi sur la tablette du bajoyer.

Introduction de l'eau dans les sas. Pour faire entrer l'eau dans les sas et pour l'en faire sortir, sans ouvrir les portes, on se sert d'aqueducs ou tambours pratiqués dans l'épaisseur des bajoyers, et qui communiquent du sas dans le bief d'amont ou d'aval. Ces aqueducs débouchent ordinairement dans la face d'un bajoyer; l'eau qui en sort frappe les bateaux latéralement et les pousse contre le bajoyer opposé. Pour éviter cet inconvénient, on a cherché à faire arriver l'eau de bas en haut, en donnant aux aqueducs la forme de syphons; mais les syphons exigent des appareils compliqués, obligent à descendre plus bas la fondation du mur de chute, et il est presque impossible de les réparer sans démolir celui-ci.

Les orifices des aqueducs et syphons sont fermés par des vannes, qu'on hausse et qu'on baisse lorsqu'on veut ouvrir ou intercepter la communication.

On remplace aujourd'hui ces appareils par des ventelles placées à la partie inférieure des portes. A cet effet, on ménage, dans le ventail, une ouverture fermée par une vanne, que l'on élève ou abaisse au moyen d'une tige qui s'élève au-dessus de la porte et qui est saisie par un engrenage ou un levier. Les meilleures vannes sont celles en fonte, glissant sur des coulisseaux en fer.

Prise d'eau. Un canal latéral prend ordinairement sa source dans la rivière qu'il côtoie, soit par une communication directe, soit par une dérivation faite de la rivière, à un point situé en amont.

La prise d'eau exige des études approfondies, pour donner toutes les facilités désirables dans la manœuvre

des bateaux, pour que la sortie en rivière ou l'entrée en canal soient également commodes à toutes les hauteurs d'eau navigables, pour avoir toujours à l'entrée une profondeur suffisante. Une prise d'eau doit être insubmersible dans les crues, afin d'éviter les dégradations qui causeraient l'épanchement des grandes eaux et les envasements de la dérivation par le dépôt des troubles. A cet effet on ferme d'ordinaire l'entrée du canal par des portes de garde, qui se reliaient à deux levées longitudinales, dont la crête est supérieure au niveau des inondations.

Entrée en rivière ou en mer. Un canal, à la fin de son parcours, rentre en rivière ou débouche séparément dans des eaux où celle-ci aboutit, tels que mers ou lacs. Dans chacun de ces cas, il faut le diriger de l'amont sur l'aval, pour faciliter les mouvements d'entrée et de sortie des bateaux et éviter les atterrissements; il faut se réserver les moyens de faire des chasses pour nettoyer l'embouchure; enfin il faut tracer le dernier bief assez long et assez large, pour qu'un grand nombre de bateaux puissent s'y garer et y stationner sans nuire à la circulation journalière.

Si l'on a lieu de craindre que les crues de la rivière ou les mouvements de la marée ne s'élèvent beaucoup au-dessus du niveau permanent des eaux dans le dernier bief, il est souvent avantageux de le rendre insubmersible par des portes spéciales de flot, opposées à l'action momentanée des crues ou à l'action périodique de la mer.

Introduction des eaux d'alimentation. Dans le parcours d'un canal, surtout s'il est d'une grande étendue, l'eau introduite par la dérivation ou le bief de partage serait tout à fait insuffisante pour maintenir constamment le niveau de tous les biefs à la même hauteur, et restituer les pertes provenant de l'évaporation, des infiltrations, des éclusées, etc.; aussi doit-on toujours se réserver des moyens d'échelonner, sur différents points du parcours, des prises d'eau accessoires.

Il serait évidemment impossible de les demander à la rivière, dont le niveau est constamment plus bas que celui du canal: on les obtient par des dérivations faites dans les cours d'eau secondaires, qui viennent se jeter dans cette rivière le plus souvent avec de fortes pentes, ou bien par des rigoles, communiquant avec des réservoirs établis dans des vallées latérales.

L'eau provenant des rigoles alimentaires est introduite dans le canal par un aqueduc de prise d'eau qui passe sous la digue, et dont le radier est au niveau du plafond du bief. On ménage, dans les culées de l'aqueduc, des coulisses pour recevoir une vanne, qu'on peut fermer pour arrêter l'introduction de l'eau, lorsque l'alimentation ordinaire est suffisante et à l'époque des crues de l'affluent, afin que le canal ne soit pas submergé ou même envahi par des eaux troubles.

Cette vanne a encore un autre but, c'est de permettre de réparer la rigole, tout en maintenant dans le canal les eaux à la hauteur voulue; on peut, en effet, une fois la vanne fermée, vider la rigole au moyen d'un déversoir de fond ménagé en un point de son parcours, et qui, dans les circonstances ordinaires, se trouve clos par une ventelle glissant entre deux coulisseaux.

Déversoirs de fond et de superficie. Comme dans un bief il peut arriver assez d'eau pour élever son niveau au-dessus du niveau normal, on établit à travers les digues des déversoirs de superficie, par lesquels le trop-plein s'épanche à l'extérieur, et, pour pourvoir au cas où il est indispensable de vider un bief, soit dans le but de faire des réparations aux ouvrages, soit afin de sauver un bateau échoué, on place dans l'étendue du bief un ou plusieurs déversoirs de fond fermés par des vannes.

Un même ouvrage peut d'ailleurs remplir les deux buts. Un aqueduc traverse la digue et a son radier au

CANAL.

niveau du plafond du canal. Les deux piédroits sont garnis, à l'aval, de rainures dans lesquelles on glisse des poutrelles, dont la partie supérieure affleure le niveau du bief. Quand les poutrelles sont posées, on a un déversoir de superficie; quand elles sont enlevées, on a un déversoir de fond.

Il est plus important qu'on ne pourrait le supposer d'éviter que le plan d'eau supérieur ne s'élève au delà de ses limites; car il arrive presque toujours que les digues sont percées, un peu au-dessus du niveau ordinaire, par une multitude de trous creusés par les rats et les taupes. Si l'eau venait à surmonter ces trous, elle s'y écoulerait, les agrandirait, et ne tarderait pas à dégrader et même à rompre la digue.

Profil en travers d'un canal. La largeur d'un canal se calcule d'ordinaire sur celle des bateaux qui sont destinés à le fréquenter. On s'arrange toujours, excepté dans les points de sujétion particuliers, pour que deux bateaux puissent se croiser; ainsi on donne 40 mètres de largeur au plafond, aux canaux dont les écluses ont 5^m,20 de passage, 42 mètres à ceux dont les écluses ont 6^m,50, 45 mètres pour les écluses de 7^m,50 à 8 mètres.

Les talus de la cuvette sont dressés suivant une inclinaison de 4^m,5 à 2 mètres, ou même 2^m,5 de base pour 4 de hauteur, suivant que le terrain est plus ou moins résistant; du reste, cette pente ne reste pas permanente, le battillage des eaux, le frottement des bateaux pleins ou vides, l'ont bientôt dégradée et transformée en un profil courbe, s'approchant de la verticale dans le haut et de l'horizontale dans le bas. Pour prévenir cet effet on a employé divers moyens: on a revêtu les talus de perrés, de clayonnages, de bordages retenus par des piquets; mais ces procédés sont dispendieux d'établissement et d'entretien. Ailleurs on a établi, un peu au-dessous du niveau de l'eau, de petites banquettes qu'on a plantées d'iris, de glaïeuls, de roseaux, destinés à rompre l'action de l'eau et à retenir les terres; mais ce moyen est insuffisant.

Sur les points où l'établissement d'un canal offre de grandes difficultés, comme dans les tranchées profondes, sur les remblais élevés, dans la traversée des villages, il peut y avoir économie à réduire la largeur du canal à celle nécessaire pour un bateau; mais dans ce cas il faut ménager, soit aux extrémités de la partie rétrécie, soit dans cet intervalle même, des gares où les bateaux puissent se croiser.

Dans la traversée des villes, aux ports d'embarquement et de décharge, il est presque toujours indispensable de supprimer les talus et de soutenir les berges par des maçonneries, soit en pierres sèches, soit avec mortier.

Les bateaux peuvent accoster ces quais, et les manœuvres de charge et de décharge sont rendues bien plus faciles.

La profondeur qu'on donne à un canal doit être telle qu'elle laisse une lame d'eau d'environ 0^m,40 d'épaisseur sous les bateaux à charge complète; cette limite n'a pas été atteinte dans tous les canaux, mais elle a un double avantage: elle rend les curages moins fréquents, et le premier dépôt vaseux, qui remplit l'excès de profondeur, peut être conservé comme un bon corroi contre les filtrations du fond.

Le chemin de halage doit être placé le plus près possible du canal, pour que le tirage se fasse à peu près horizontalement dans le sens de la marche du bateau, et assez élevé au-dessus du plan d'eau pour que les petites vagues ne viennent pas le surmonter. Cette hauteur varie ordinairement de 0^m,40 à 0^m,80, et dépend de l'exposition aux vents régnants, de la profondeur et de la largeur du canal.

La largeur de la banquette dépend du mode de halage employé. Pour des hommes, 4^m,50 à 2 mètres

CANAL.

suffisent; mais pour des chevaux, il est nécessaire de lui donner au moins 3 mètres; on a été jusqu'à 6 mètres quand le terrain n'était pas cher.

Plusieurs canaux en France ont un chemin de halage de chaque côté. Quelque coûteuse que soit cette disposition, elle est quelquefois indispensable. Dans les grands vents, qui poussent le bateau contre la rive d'où on le tire, le halage deviendrait impossible, si on ne pouvait faire passer les chevaux d'une rive sur l'autre.

Là où il n'y a qu'un seul chemin de halage, on établit de l'autre côté une petite banquette de 4 mètres à 4^m,50, appelée *marche-pied*.

Au delà du chemin de halage et à la limite des propriétés riveraines, on établit des contre-fossés destinés à recevoir, soit les eaux folles provenant des terrains voisins, soit les eaux d'infiltration du canal lui-même; les pentes de ces contre-fossés permettent d'évacuer ces eaux dans les ruisseaux voisins, ou même de les amener dans le bief inférieur, après qu'elles se sont purifiées des sables et des terres qu'elles charrient.

Enfin, quand un canal longe un cours d'eau, il est toujours indispensable de le mettre à l'abri des crues au moyen d'une contre-digue dont les talus, du côté de la rivière, sont préservés des érosions, des chocs de glace et de corps flottants, par des revêtements solides.

Traversée des affluents. Un canal étant toujours placé sur le flanc d'un coteau, coupe tous les affluents du cours d'eau qui occupe le fond de la vallée. Il faut alors se décider à recevoir ces affluents dans le canal, ou leur donner un libre cours sous la cuvette. Dans les canaux le plus anciennement construits, on a adopté le premier parti, dans le but, soit d'augmenter les moyens d'alimentation, soit d'éviter la dépense de nombreux ouvrages d'art; mais on a toujours eu lieu de s'en repentir. En effet, ces affluents sont presque constamment chargés de troubles, qui se déposent dans le lit du canal et l'ensavent; de plus, ils sont toujours sujets à des crues subites qui peuvent en fort peu de temps hausser le niveau du bief, jusqu'à le faire déborder et rompre les digues.

Il vaut donc mieux, toutes les fois que cela est possible, et sans craindre la dépense, adopter le dernier parti.

Si le ruisseau est très faible, on le dérive dans le contre-fossé; si celui-ci n'a pas d'écoulement, on donne passage aux eaux au moyen d'une simple buse en bois, ou, ce qui vaut mieux, d'un tuyau en fonte. Le dessus de celui-ci peut arraser le fond de la cuvette, de sorte qu'on peut l'établir partout où le canal est élevé à une faible hauteur au-dessus du terrain naturel.

Aqueducs. Si le ruisseau a plus d'importance, il faut établir un aqueduc spécial sous les berges et la cuvette. Le débouché doit être calculé, non pas sur l'état moyen des eaux, mais sur le débit des crues de l'affluent. En tout cas, comme il est important de pénétrer sous la voûte pour la visiter et la réparer, on ne doit guère lui donner moins de 0^m,60 de largeur sur 4^m,40 de hauteur.

Quand l'aqueduc est des plus faibles dimensions, on termine les têtes par des rampants qui affleurent le talus extérieur des digues; s'il est plus considérable, on termine la voûte à l'aplomb de l'arête extérieure du chemin de halage et on soutient les terres par deux murs en ailes. Parfois, pour économiser la dépense, on rétrécit la voie d'eau à la largeur d'un bateau.

Ce procédé n'est évidemment applicable que dans le cas où le fond du lit du ruisseau est placé à une profondeur assez considérable au-dessous de la cuvette; mais lorsque le niveau du ruisseau est très rapproché du niveau du canal, et qu'il est impossible de le dériver, pour aller chercher un point de passage plus profonds,

CANAL.

on est réduit à le faire passer sous le canal par un aqueduc en syphon.

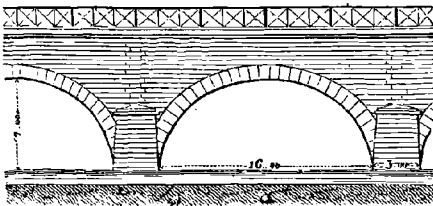
Syphons. Ce genre d'ouvrage présente de grands inconvénients, et ne peut d'ailleurs s'appliquer qu'à des affluents de peu d'importance. On ne peut le visiter, le curer et le réparer, qu'en détournant ou retenant momentanément le ruisseau et en épuisant l'eau qui reste dans la partie coudée. Quand le cours d'eau charrie des sables ou des graviers, ils engorgent souvent la branche horizontale, parce qu'ils ne peuvent pas être entraînés, par la force ascensionnelle de l'eau, vers la bouche d'aval; enfin s'il survient un orage pendant que le bief est à sec, la voûte, privée de sa surcharge, soumise à une sous-pression considérable, qui s'exerce en sens inverse de son mode de résistance normale, est soulevée et l'ouvrage est à refaire. Pour prévenir ce dernier inconvénient, on peut remplacer la voûte en maçonnerie par un demi-cylindre en fonte boulonné dans les piedsroits, au moyen de longs tirants en fer pénétrant jusqu'aux fondations, et retenus ainsi en place par le poids total des maçonneries. Ce procédé a été appliqué au passage du Grand-Morin, sous le canal de Meaux à Chalifert. Les têtes étant noyées aux époques des inondations, l'aqueduc fonctionne alors par syphonnement; les demi-cylindres ont 2^m,50 de diamètre.

Si un affluent a des crues abondantes, un aqueduc à syphon, suffisant pour les débiter, serait le plus souvent un ouvrage si considérable et si chanceux, qu'il vaut mieux modifier le projet du tracé du bief et le déplacer, pour trouver le moyen de faire un aqueduc ordinaire ou un pont-canal.

Ponts-canaux. Ces ouvrages s'exécutent pour la traversée des cours d'eau importants, et même des rivières qui occupent le fond de la vallée, lorsqu'il s'agit de faire passer le canal d'un versant sur le versant opposé. Ils se composent d'un pont ordinaire, sur lequel on établit une cuvette propre à contenir les eaux.

Les plus grands ponts-canaux que nous ayons actuellement en France sont établis sur l'Allier, au Guétin, et sur la Loire, à Digoin.

Le pont sur l'Allier (fig. 4 et 5) a une longueur to-

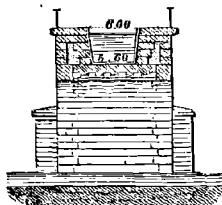


(Elevation.) 4.

tales de 405 mètres sur une largeur de 9^m,50 : il se compose de dix-huit arches de 16 mètres d'ouverture et 7 mètres de flèche; il est terminé par trois écluses à sas accolées sur sa culée gauche. Il a coûté 3 millions.

Le pont-canal de Digoin présente onze arches de même dimension. Il a aussi la même largeur, et sa longueur est de 247 mètres. Une seule écluse est accolée à sa culée. Il n'a coûté que 4,200,000 fr.

Les voûtes, les piles et culées d'un pont-canal sont établies sur le même principe que celles des ponts ordinaires, en tenant seulement compte d'une charge



(Coupe en travers.) 5.

CANAL.

bien supérieure à celle que supportent ces derniers ouvrages.

On réduit naturellement la section de la cuvette à celle qui est nécessaire pour le passage d'un seul bateau; cependant on doit lui donner une largeur un peu plus grande qu'aux écluses, afin de laisser plus de passage pour l'eau qui doit se déplacer le long du bateau pour aller de l'avant à l'arrière, et dont la résistance ralentirait considérablement le mouvement. Ainsi, à Digoin, pour des écluses de 5^m,20, on a donné à la cuvette 6 mètres de largeur en gueule et 5^m,60 au fond, et on regrette de n'avoir pas accru ces dimensions. Il est nécessaire, en effet, sur un canal très fréquenté que les bateaux puissent franchir rapidement un pont, parce qu'il y a toujours une ou plusieurs écluses à l'aval, et qu'un bateau descendant, qui doit remplacer dans le sas le bateau montant, est forcé d'attendre, pour s'engager, que ce dernier ait franchi les écluses et le pont.

La largeur entre les têtes doit comprendre, outre le lit du canal, l'épaisseur des parapets ou garde-corps et les banquettes du halage. La largeur de celles-ci varie de 4^m,30 à 4^m,90.

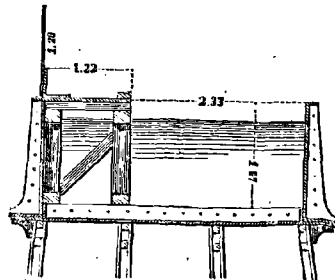
Une des qualités les plus importantes et les plus difficiles à réaliser pour une cuvette, c'est l'imperméabilité. Les filtrations, en effet, outre les pertes d'eau qu'elles produisent, dégradent les maçonneries et exigent de fréquentes réparations. Les dilatations et les contractions résultant des variations de température, et auxquelles les mortiers et les pierres elles-mêmes sont sujets, ne permettent pas d'obtenir des résultats satisfaisants des maçonneries et des bétons, quelque bien exécutés qu'ils soient. Il faut recourir à une substance douée d'une certaine élasticité, comme le bitume. L'essai fait de cet emploi, au Guétin, a bien réussi.

On a revêtu le fond et les bords de la cuvette avec des dalles de lave de Volvic, et par-dessus on a appliqué deux couches d'enduit en bitume, donnant ensemble 0^m,04 d'épaisseur, et dont la supérieure était placée à joints croisés sur la première. Les parois sont d'ailleurs soigneusement garanties du frottement et du choc des bateaux par une lisse en charpente.

On peut ainsi employer, pour faire la cuvette, d'autres matériaux que la maçonnerie; on en a exécuté en bois, en fonte et en tôle.

Les cuvettes en bois durent peu et sont d'un entretien coûteux; aussi a-t-on complètement renoncé à leur usage. Celles en tôle et en fonte, au contraire, n'exigent pas d'entretien, restent bien étanches, et n'ont d'autre inconvénient que le haut prix de leur établissement.

En Angleterre, où le fer et la fonte sont à meilleur marché qu'en France, on a fait des ponts-aqueducs avec voûte en pierre et cuvette en fonte, d'autres avec des arcs et une cuvette en fonte.



6.

La cuvette du pont-canal de Cislily (fig. 6), soutourse

CANAL.

sur quatre arcs, est composée de plaques de fer fondu de 0^m,02 d'épaisseur, dont les bords sont retournés d'équerre et assemblés avec des boulons à écrous très rapprochés. Pour rendre les joints étanches, on y a interposé du cuir graissé. La banquette de halage est intérieure à la cuvette et repose sur son fond au moyen de poteaux espacés. Il résulte de cette dernière disposition un jeu libre des eaux, en dehors de la voie des bateaux, qui doit faciliter beaucoup la marche de ceux-ci.

On en a exécuté un en France, d'après les mêmes dispositions, sur la haute Seine, en aval de Troyes.

D'après des expériences récentes faites en Angleterre sur une grande échelle, il est très probable qu'à l'avenir les ponts-canaux pourront être exécutés en tôle avec une grande économie. Un tube formé de lames de tôle assemblées à rivets, comme dans les chaudières à vapeur, supporte sur une grande portée de très fortes charges sans fléchir et se déformer. Deux tubes parallèles de cette espèce, formant en même temps banquette de halage, pourraient supporter une cuvette en tôle comprise entre eux et dans laquelle passeraient les eaux de navigation. Nous n'insisterons pas sur cette disposition, qui n'a pas encore été exécutée; nous ferons seulement observer, qu'en supprimant les voûtes, elle permettrait de descendre plus bas le plafond de la cuvette, de diminuer la hauteur des piles et culées, de supprimer au moins une écluse à la sortie du pont-canal, et enfin d'offrir aux eaux que l'on traverse un débouché plus considérable lors des crues. Il y aurait donc dans les dépenses accessoires de fortes économies, qui compenseraient bien le haut prix de la tôle, et on obtiendrait une cuvette bien étanche qui n'exigerait presque aucuns frais d'entretien.

Aux points où la cuvette d'un pont-canal vient rejoindre les remblais de grande hauteur, qui font d'ordinaire suite à cet ouvrage, les terres, quelque bien damées qu'elles soient, n'adhèrent pas à la maçonnerie, et, par suite du tassement, il se forme entre elles et les remblais un passage pour l'eau; aussi plusieurs ponts-aqueducs ont montré d'abondantes filtrations aux culées, lors de la première mise en eau du canal, et chez plusieurs elles ont persisté, malgré l'emploi de nombreux procédés d'étanchement. Pour prévenir ce défaut, il est d'usage de former le remblai contre la culée, sur 0^m,50 à 0^m,60 d'épaisseur, d'un mortier maigre (4 chaux, 7 sable) bien battu contre les maçonneries. Il adhère à la culée et se lie aussi aux corrois de glaise, qu'on ajoute pour assurer l'imperméabilité.

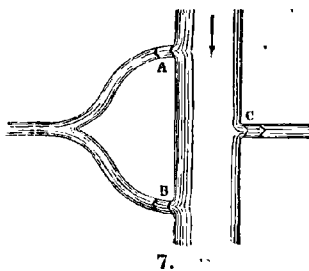
Traversée dans le lit des rivières. Quelquefois, pour éviter les dépenses de construction d'un pont-aqueduc, et lorsque l'alimentation de chacune des branches du canal, situées sur les deux versants de la vallée, est assurée par des ressources qui lui sont propres, on se décide à effectuer la traversée en lit de rivière. Nous donnerons, comme exemple, la traversée de la Loire par le canal latéral, et celle de la rivière d'Orb par le canal du Midi. On fait descendre chaque branche du canal jusqu'au niveau du cours d'eau au moyen d'une série d'écluses, par lesquelles un bateau descendant d'un côté, après avoir traversé la rivière, remonte dans l'autre branche.

Les seules difficultés qu'on ait à vaincre sont celles qui dépendent du régime même de la rivière, dans le lit de laquelle on est presque toujours obligé de faire des ouvrages dispendieux, tels qu'épis, estacades, barrages, digues submersibles, pour amortir le courant, maintenir une profondeur d'eau minimum dans la ligne que suivent les bateaux et diriger la marche de ceux-ci, afin qu'ils puissent venir sans danger embocquer les écluses d'entrée et de sortie.

Quand la rivière a un courant assez fort pour que les bateaux, qui ne sont pas construits pour une navi-

CANAL.

gation fluviale, éprouvent une grande difficulté à le remonter ou à le traverser directement, on peut bifurquer le dernier bief d'une des branches (fig. 7),



celui de la rive droite par exemple, de manière à fournir deux entrées en rivière, situées l'une A en amont, l'autre B en aval de l'écluse C de sortie de la branche de la rive gauche.

Un bateau, pour passer de gauche à droite, entre par l'écluse A dans le couraut qui le conduit à l'écluse C, et pour passer de droite à gauche, il entre en rivière par l'écluse C et descend à l'écluse B.

Un passage en rivière, outre qu'il est toujours difficile comme manœuvre et dangereux pour la sûreté des bateaux, a de plus le notable inconvénient de suspendre la navigation lors des crues, qui ne permettent pas aux embarcations de s'engager dans le courant, et noient les écluses d'entrée et de sortie.

Passage des torrents dans le canal. Il est arrivé qu'un canal a rencontré à niveau le lit d'un torrent, qui reste à sec pendant la plus grande partie de l'année, et ne fournit des eaux abondantes que pendant quelques heures, aux périodes des orages et des fontes de neige. On s'est décidé à faire passer ce courant accidentel à travers les berges et le lit du canal, en suspendant la navigation dans la durée de son passage; mais, pour éviter l'inondation de bief et les dépôts des matières charriées, il était nécessaire de fermer au torrent l'accès de la cuvette. Voici le procédé ingénieux qu'on a appliqué au canal du Midi pour le passage du torrent du Libron: on emploie une espèce de barque rectangulaire, que, pendant les crues du Libron, l'on échoue sur le canal dans la direction du torrent. Les parois de cette barque, transversales à l'axe du torrent, sont à charnières et se rabattent dans le plan de son lit, tandis que les parois longitudinales restent debout et barrent le canal. Dans cette situation, le bateau forme une espèce de cuvette, dans laquelle le Libron s'écoule, sans communication aucune avec le bief. Après la crue passée, on relève les parois rabattues, on remet la barque à flot et on la remise dans une gare latérale.

Digues des réservoirs. Les digues peuvent être établies suivant trois systèmes:

1° Remblais seuls; 2° murs et remblais; 3° mur seul.

Digues en terre. On donne aux digues en terre au moins 6 mètres d'épaisseur au sommet; la crête de ce remblai doit être tenue à une hauteur minimum de 4^m,50 au-dessus du niveau que l'eau doit atteindre dans le réservoir; il faut de plus couronner cette crête d'un pavé fait avec soin et la garnir d'un parapet. Souvent même on sera obligé d'augmenter ces dimensions pour empêcher les vagues de franchir la digue; car l'intensité de celles-ci sous l'action des vents violents dépend de l'orientation du valon, de l'étendue de la surface de l'étang et de sa profondeur; on a observé au réservoir de Chazilly, qui a 1500 mètres de longueur et 20 mètres de profondeur d'eau, des vagues de 3 mètres de hauteur; on en a reconnu de 2 mètres au réservoir de Corcey, qui a une forme circulaire de 900 mètres de diamètre et une profondeur de 40 mètres. On comprend aisément l'importance qu'il y a à ne pas laisser franchir le couronnement par les vagues; celles-ci en effet auraient promptement raviné les talus extérieurs du remblai et créé des brèches, qui pourraient entraîner la ruine de l'ouvrage tout entier.

L'inclinaison à donner aux talus des digues dépend nécessairement de la nature des terres employées à leur exécution; elle a varié dans les divers cas de 1 1/4 à 3 de base pour 1 de hauteur; quelques ingénieurs ont donné plus de base aux talus intérieurs qu'aux talus extérieurs; d'autres ont fait le contraire. Les parements des remblais tendant toujours à prendre un profil concave, plus raide vers le haut et plus doux vers le bas, on a proposé de donner de suite aux talus extérieurs une forme analogue, en composant le profil comme il suit: la partie supérieure aurait 1 1/2 de base pour 1 de hauteur; puis on disposerait une banquette horizontale suivie d'un second talus à 2 de base, enfin une deuxième banquette suivie d'un talus à 3 de base. Cette disposition serait surtout applicable aux remblais en terres argileuses glissantes, d'une hauteur assez considérable.

L'établissement de ces remblais exige des soins minutieux; on doit chercher à les former avec des terres grasses, à la fois argileuses et sablonneuses. Quand on ne peut pas disposer d'une quantité suffisante de celles-ci pour en faire le corps du remblai, on se borne à établir, dans le milieu du massif, un noyau argilo-sablonneux, qu'on enracine profondément dans le terrain naturel du fond et des côtés du vallon.

Les terres doivent être damées, par couches de 8 à 10 centimètres au plus, avec des battes dont la surface soit entaillée en creux, de manière à laisser des reliefs qui unissent la couche actuelle avec la suivante; il est bon aussi avant de travailler une couche de l'arrosier avec du lait de chaux, qui donne au remblai une grande consistance; enfin le travail doit être mené assez lentement pour ne pas donner lieu à des tassements par masses, propres à déterminer des fissures qui ne se ferment jamais complètement.

Le parement intérieur doit être revêtu d'un perré posé par assises réglées ou à joints incertains ou même d'un simple enrochement, destinés à préserver la surface mouillée des corrosions, dues aux vagues et aux divers mouvements de l'eau, quand elle hausse ou baisse dans le réservoir. Cependant des expériences récentes et des accidents consécutifs, survenus à des digues du canal du Centre qu'on avait successivement surélevées, ont démontré que ces revêtements étaient insuffisants pour des profondeurs d'eau considérables; on a essayé de revêtir ce talus avec de petits murs à gradins et indépendants les uns des autres.

Voici le profil qui a parfaitement réussi à M. l'ingénieur Vallée dans la réparation de la digue de l'étang Berthaud, rompue en 1829. A mesure que l'on relevait la digue, on construisait les ouvrages défensifs des talus d'amont. Les ouvrages consistent en une suite de petits murs à gradins, espacés de 4^m,32 les uns des autres, construits en bonne maçonnerie hydraulique avec des moellons posés par assises horizontales. Les murs échelonnés, suivant l'inclinaison des talus, sont reliés entre eux, du sommet de l'un au pied de l'autre, par des bermes présentant une pente de 0^m,40 sur 4^m,72 de longueur et recouvertes de maçonnerie de béton sur 40 à 12 centimètres d'épaisseur. Le sommet des murs est exécuté en moellons posés de champ.

Digues mixtes. Les principaux exemples de digues de cette nature se trouvent au bassin de Saint-Ferréol, où la charge d'eau est de 31^m,35 et à celui de Couson où la charge est de 30 mètres.

Le premier se compose d'une digue en terre, de 140 mètres de largeur à la base, soutenue et consolidée par deux murs extrêmes. Un troisième mur est construit à peu près au milieu de la digue. Les terres dont les talus sont très doux arrivent à l'aval au niveau du sommet du mur central, et à l'amont, seulement à 9^m,40 en contre-bas de ce même niveau, de sorte que, lorsque les eaux sont basses dans le bassin, la partie

supérieure de ce mur, sur une hauteur d'un peu plus de 9 mètres, supporte sans contre-poids le massif de terre qui est derrière lui.

L'épaisseur des murs extrêmes doit s'établir suivant les mêmes règles que les épaisseurs des murs de soutien, en faisant entrer toutefois, pour le mur d'amont, cette considération que les terres qu'il a à supporter, après la vidange du bassin, sont complètement imbibés d'eau. Quant au mur central, son épaisseur doit être calculée sur la surcharge qu'il reçoit du massif d'aval, cette épaisseur devant être bien suffisante pour assurer l'imperméabilité, seule fonction sérieuse qu'il paraît destiné à remplir.

La digue de Couson est établie sur le même modèle, sauf quelques variantes dans les dimensions.

Ce système paraît devoir être le moins économique de tous, car l'ensemble des maçonneries qu'il exige représente un cube, au moins égal à celui qui serait nécessaire, pour faire un mur unique; les remblais sont donc une dépense en excédant; aussi l'a-t-on abandonné et ne le retrouve-t-on plus que dans les barrages des anciens réservoirs.

Digues en maçonnerie. Celles-ci consistent soit dans un simple mur, dont les parements sont en ligne droite ou profilés par retraites successives, soit dans un mur soutenu par des contre-forts, aussi en maçonnerie. On doit se proposer dans sa construction: 1° De bien enraciner les fondations et les flancs dans le sol, de manière qu'aucune filtration ne puisse s'établir en dessous ou à côté; 2° de lui donner une épaisseur qui suffise pour résister à la poussée du liquide; 3° de rendre la maçonnerie parfaitement pleine et imperméable.

La première condition exige que le terrain sur lequel on fonde et celui des deux coteaux soient fermes et compacts; pour s'opposer aux infiltrations sous les murs, on dispose, sous l'amont et l'aval des fondations, des enrancements en maçonnerie ou en béton, de 1 mètre à 1^m,50 de profondeur, sur une largeur qui peut aller jusqu'à 3 mètres, et qui règnent tout le long du mur. L'étude attentive du terrain est d'une très grande importance pour le succès, car on a vu des terrains qu'il fallait entamer au pic et à la mine, pour creuser ces fondations, devenir perméables sous une grande pression d'eau.

Pour trouver l'épaisseur, supposée égale sur toute la hauteur du mur, qui peut faire équilibre à la poussée des eaux du réservoir, M. Navier donne deux formules théoriques:

$$L'une E = 0,59 h \sqrt{\frac{\text{densité de l'eau}}{\text{densité de la maçonnerie}}} \text{ pour la résistance au renversement;}$$

$$L'autre E' = \frac{h}{2F} \times \frac{\text{densité de l'eau}}{\text{densité de la maçonnerie}} \text{ pour la résistance au glissement.}$$

h étant la hauteur totale depuis la base des fondations; F étant le rapport du frottement à la pression en égard à la résistance du terrain en aval des fondations.

Dans les cas les plus défavorables, ces formules deviennent:

$$E = 0,44 \times h$$

$$E' = 0,50 \times h.$$

Il ne faut cependant les considérer que comme des minima, au-dessous desquels on ne doit pas descendre dans la pratique, car, au réservoir de Grosbois (canal de Bourgogne), où l'épaisseur est égale à 1,65 de l'épaisseur théorique, nécessaire pour résister à la poussée, des lézardes se sont prononcées avant que les eaux fussent arrivées à leur hauteur définitive.

Le mur du réservoir de Bosméleac (canal de Nantes à Brest) dont les parements sont, l'un incliné, l'autre

vertical, supporte une charge de 14^m,30 avec une épaisseur moyenne d'environ 7^m,00. On peut le regarder comme présentant un cube minimum de maçonnerie.

Le mur du réservoir de Vioreau, dont les deux parois sont verticales, supporte une charge de 40 mètres d'eau avec une épaisseur de 8 mètres; il y a évidemment trop de maçonnerie. On se tiendra dans de bonnes limites, en cherchant l'épaisseur donnée par les formules précédentes, dans lesquelles on aura substitué les valeurs, qui se rapportent au cas que l'on considère, et en doublant la dimension ainsi déterminée.

La longueur du mur est aussi une considération, qui peut modifier les conditions d'établissement d'un réservoir. Les maçonneries jouissent d'une certaine élasticité, qui, pour être très faible sur un mètre linéaire, n'en devient pas moins sensible sur une grande longueur; elles peuvent donc subir, sous la charge, une flexion à laquelle on a essayé de s'opposer, en établissant, de distance en distance, des contre-forts assez puissants pour qu'on puisse les considérer comme aussi fixes que les enracinements dans les coteaux. Le mur total est ainsi divisé théoriquement en une série de murs partiels, d'une étendue bien moindre, et sur lesquels par conséquent la tendance à la flexion se trouve diminuée dans une énorme proportion. Cette théorie de la flexion n'est pas admise par tous les ingénieurs.

Pour que les maçonneries soient bien étanches, il faut éviter tous tassements inégaux, et par conséquent n'employer que des matériaux de dimensions et de natures homogènes, n'accepter que des mortiers éminemment hydrauliques, et apporter à l'exécution du travail les soins les plus minutieux dans les moindres détails; parfois on a interposé, dans les massifs, des cloisons imperméables; ainsi au réservoir de Vioreau, une tranche de béton, de 2 mètres d'épaisseur, sépare le corps du barrage en deux parties égales; le mur du milieu du réservoir de Couson a reçu intérieurement un corroi de terre glaise, de 1 mètre d'épaisseur. Du reste on n'a pas encore rencontré de mur absolument imperméable sous une pression d'eau considérable, surtout dans les premiers temps où le réservoir se remplit; toujours il se forme quelques suintements plus ou moins énergiques qui parfois persistent, parfois finissent par disparaître avec le temps.

Choix du système de digue. Lorsqu'il s'agit de choisir, dans un cas particulier, le système de digue à employer, on doit se déterminer par les considérations suivantes :

1° Les fondations des murs exigeant des terrains d'une grande résistance, tandis que les digues en terre, qui ont un empâtement considérable, peuvent être assises sur presque tous les terrains, il faudra préférer celles-ci, lorsque des sondages auront fait reconnaître un sous-sol d'une faible résistance.

2° Les conditions d'imperméabilité, de bonnes soutures avec le terrain naturel dans le fond et sur les côtés du vallon, de résistance à l'action du temps et des dégradations latentes, paraissent être en faveur des digues en bonnes terres.

3° Pour supporter une grande profondeur d'eau, pour résister à l'action des vagues et des variations fréquentes de niveau du réservoir, aux chances de déversement par-dessus la crête, les murs ont incontestablement l'avantage.

Enfin dans tous les cas où les considérations précédentes laisseraient le constructeur en suspens, il se déciderait par la comparaison de la dépense, dont les éléments sont évidemment variables avec les dispositions spéciales à chaque localité.

Prise d'eau des réservoirs. On tire l'eau des réservoirs par le moyen d'aqueducs fermés par des vannes, ou par des tuyaux de conduite fermés par des robinets. L'aqueduc est unique et par conséquent placé à la partie inférieure de la digue, ou bien on en établit plusieurs à divers étages; cette dernière disposition a pour avantage de rendre la manœuvre des vannes bien plus facile; en effet, dans le premier cas, la vanne unique doit être manœuvrée sous la charge totale due à la hauteur de l'eau du réservoir; dans le second cas au contraire, comme on n'ouvre la seconde vanne que lorsque l'eau est descendue au niveau de la première, cette seconde vanne n'a plus à supporter qu'une charge, correspondant à la différence de hauteur des deux orifices, et ainsi des autres.

L'eau, à l'issue de ces aqueducs, est reçue, soit dans des tranchées tracées à différentes hauteurs sur les flancs des coteaux et communiquant avec la rigole principale, comme au bassin de Lampy, soit dans un puits unique pratiqué dans le massif du barrage et débouchant dans la rigole, comme aux réservoirs de Grosbois et de Chazilly.

Un aqueduc doit pouvoir être visité et réparé; aussi lui donne-t-on au moins 0^m,80 de largeur et 1^m,30 de hauteur dans tout son parcours, sauf à l'aplomb de la crête intérieure de la digue, où l'ouverture est rétrécie de manière à ne laisser à l'eau qu'un passage rectangulaire de 0^m,40 à 0^m,50 de côté. C'est contre les bords de cet orifice que glisse la vanne, dont la tige traverse un puits vertical en maçonnerie élevé jusqu'au sommet de la digue, d'où on manœuvre cette vanne, soit avec un levier, soit avec une vis.

Quand un aqueduc traverse une digue en terre, il faut le fonder solidement, et pour rompre les filtrations entre les terres et la maçonnerie, l'entourer en tous sens, de 40 en 40 mètres au moins, d'espèces de contre-forts en saillie, qui brisent les lignes droites qu'offriraient les parements dans le sens de la longueur.

Au réservoir de Saint-Féréol, on a ajouté aux aqueducs trois tuyaux scellés dans le mur du milieu, qui sont garnis en amont d'une grille, et terminés en aval par des robinets de 0^m,20 de diamètre. Ces robinets, quand ils sont ouverts, ont, par suite de la pression de l'eau qui leur arrive, une grande tendance à se soulever, et on les maintient par une vis de pression, qui pèse sur leur tête.

Cette disposition a été imitée au réservoir de Couson.

Déversoirs. Pour débiter le trop plein des eaux provenant des cours d'eau qui alimentent le réservoir, ou des orages et des fontes de neige, on ménage un déversoir de superficie, que des conditions d'économie et de solidité font toujours accoler au fleuve de la vallée; il débouche dans une rigole qui communique avec le thalweg, ou quelquefois, comme à l'étang de Torey, il forme une série de cascades, propres à rompre la vitesse des eaux avant leur arrivée dans le fond du vallon; on a soin de recevoir chaque chute dans une espèce de bassin ayant au moins 1 mètre de profondeur, afin que l'eau qui y est contenue forme un matelas qui préserve le radier contre les effets de la lame qui tombe verticalement d'une assez grande hauteur.

Comme les ruisseaux, qui débouchent dans l'étang, charrient à l'époque des crues, il est bon, pour éviter les dépôts dans le bassin, d'établir des dérivationes qui permettent de conduire directement ces ruisseaux, lors de leurs troubles, au déversoir de superficie sans qu'ils traversent l'étang.

Enfin, une bonde de fond est indispensable pour vider entièrement le réservoir, lorsqu'on veut le curer ou faire quelques réparations au pied des digues.

CAPACITÉS DE QUELQUES RÉSERVOIRS.

CANAL	RÉSERVOIRS	NATURE de la digue.	HAUTEUR d'eau maximum.	CAPACITÉ.
Du Midi.	De Saint-Féréol.	Terre et murs.	31,35	6,374,000 ^{m. c.}
—	De Lampy.	Mur.	45,65	4,672,000
De Givors.	De Couson.	Terre et murs.	30,00	2,000,100
De Bourgogne.	De Grosbois.	Mur.	24,00	8,586,000
—	De Chazilly.	Mur.	22,00	5,327,000
—	De Cercey.	Terre.	42,00	3,740,000
De Nantes à Brest.	De Vioreau.	Mur.	40,00	7,497,000
D'Ile et Rance.	Du Boulet.	Terre.	6,70	6,000,000
Du Centre.	De Torcy.	Terre et revêt. maçonnés	44,00	2,380,000
De Briare.	De la Grande-Rue.	Terre.	8,40	5,400,000

Souterrains. Toutes les fois qu'on aurait à ouvrir des tranchées trop considérables, surtout dans des terrains où les talus se tiendraient difficilement, on les remplace par des souterrains. On ne peut pas assigner *a priori* la hauteur à laquelle on doit se limiter pour les tranchées; cependant on est dans l'usage d'étudier les frais d'un souterrain, lorsqu'elles devraient avoir de 18 à 20 mètres de profondeur; on se décide alors pour le procédé le plus économique.

Le halage peut s'y faire de différentes manières, soit en établissant une ou deux banquettes latérales de 4^m à 4^m,30 de largeur, sur lesquelles passent les haleurs, soit au moyen d'une lisse en fer, établie le long des murs et sur laquelle les mariniers prennent leur point d'appui pour faire avancer les bateaux; il y a même des canaux où deux hommes, placés sur le dos dans le bateau, agissent avec leurs pieds contre les parois du souterrain.

Comme les dépenses et les difficultés d'exécution de ces ouvrages croissent bien vite que les largeurs de débouchés, on ne leur donne d'ordinaire que la largeur suffisante pour le passage d'un bateau, en y ajoutant un jeu de 4^m à 4^m,30 pour permettre à l'eau déplacée de s'écouler; on peut, dans le même but, augmenter la profondeur, ce qui fait croître notablement la section du liquide, sans influencer d'une manière importante sur la dépense d'établissement.

La coupe en travers d'un souterrain présente deux piédroits verticaux, ou légèrement courbés, surmontés d'une voûte en plein cintre, en ellipse ou en ogive; dans les mauvais terrains, les bases des piédroits se trouvent contrebutées l'une contre l'autre par une voûte renversée d'une faible flèche, formant le fond de la cuvette. Les banquettes de halage sont établies le long des piédroits, elles sont en maçonnerie pleine, ou supportées sur des arcades évidées en dessous, ou soutenues en encorbellement.

L'épaisseur à donner à la voûte d'un souterrain varie avec la portée de cette voûte et la nature du sol qu'elle est appelée à soutenir; plusieurs roches, par exemple, ne font que s'altérer à la surface par le contact de l'air et les alternatives d'humidité et de sécheresse; il suffit, pour prévenir les accidents, de les revêtir d'un parement en maçonnerie de 0^m,20 à 0^m,30 d'épaisseur au plus. Si on a à supporter des marnes, des argiles, des sables, etc., l'épaisseur à la clef peut aller jusqu'à 0^m,70 pour les petites sections et 4 mètres pour les grandes.

L'exécution des souterrains présente toujours de sérieuses difficultés, qu'on ne peut résoudre qu'à prix d'argent; leur prix de revient n'est guère moindre que 4,000 fr., et s'élève parfois à 3,500 fr. le mètre courant, pour des largeurs de 8 à 10 mètres.

Renseignements historiques et statistiques. Les Égyptiens sont les premiers qui aient établi des canaux comme voies de communication, et encore la plupart de ces travaux avaient surtout pour but d'employer la surabondance des eaux du Nil à l'irrigation des terres desséchées par le soleil brûlant de l'Égypte. Les plus importants de ces canaux étaient le grand canal qui réunissait au Nil Alexandrie et le lac Maréotis, et le canal de l'isthme de Suez. Ces grands travaux, faute d'entretien, ne permettaient plus la circulation des barques de pêcheurs à la fin du siècle dernier, lorsqu'à l'époque de l'expédition de l'Égypte les ingénieurs français rétablirent le canal d'Alexandrie.

Dans l'antiquité nous voyons Alexandre le Grand projeter l'ouverture de l'isthme de Corinthe. Rome creuse le canal des marais pontins et exécute les *émissaires* pour assurer le niveau de plusieurs lacs en Italie; un des *émissaires* exécuté avec le plus de célérité fut celui qui devait abaisser le niveau du lac Albano près de Véies; un autre ouvrage analogue, mais bien plus important, fut exécuté sous le règne de Claude: il avait pour but d'opérer le dessèchement complet du lac Fucin. Trente mille hommes furent pendant dix ans employés à ces travaux, et Claude, séduit par l'idée de faire dessécher complètement le lac à sa parole, causa la ruine des travaux qu'il avait fait exécuter: après une fête magnifique donnée sur le lac pour l'inauguration, les digues qui le séparaient de l'émissaire furent ouvertes, et les eaux s'y précipitèrent avec une telle furie, qu'une partie des travaux furent renversés; ils n'ont jamais été repris. Sous les empereurs beaucoup de canaux sont ouverts auprès des bouches du Pô. Ils projettent d'établir un canal de la Saône à la Moselle, qui devait ainsi réunir la Méditerranée à l'Océan. Charlemagne fait commencer un canal qui doit réunir le Rhin au Danube; il veut ainsi réunir les extrémités de son vaste empire; mais il est forcé d'abandonner ce projet à cause des difficultés qu'il présente.

Deux ingénieurs italiens imaginent les écluses à sas dans les premières années du xv^e siècle. Bientôt cette importante innovation est appliquée dans les Etats de Venise, en Hollande, etc. Elle est importée en France par Léonard de Vinci au commencement du xvi^e siècle. C'est seulement alors qu'on tire toute l'application possible de cette écluse et qu'on commence à comprendre qu'outre la sécurité qu'elle offre aux bateaux elle permet la navigation avec une réduction considérable dans la dépense d'eau. Bientôt surgissent des projets de toutes parts; on veut réunir l'Océan à la Méditerranée; Adam de Craonne fait le projet d'union du Rhône à la Loire, et exécute un canal d'irrigation

de vingt lieues de longueur dans les plaines desséchées de la Provence. De 1605 à 1610 le canal de Briare, qui unissait Paris à la Loire, est exécuté par *Douterou et Guyon*; celui du Languedoc, concédé à Pierre Paul *Riquet* de Bonrepos, et dont les difficultés étaient considérables, est terminé en vingt-quatre ans; commencé en 1666 il est livré à la navigation en 1684; et avant la fin du siècle divers canaux réunissent ce canal au Rhône, et une seconde communication est pratiquée entre la Loire et la Seine. Le grand Vauban exécute en France de nouveaux canaux et indique les moyens de joindre la Saône à la Loire et la Loire à la Vilaine.

Les travaux de canalisation continuèrent en France jusqu'à la révolution; alors ils furent forcément suspendus. Mais Napoléon les reprit activement, et bientôt furent livrés à la navigation les canaux de Sedan, de Saint Quentin, de Mons à Condé. D'autres, commencés alors, ont été exécutés depuis. En 1821 et 1822, des lois autorisent les emprunts nécessaires pour terminer les canaux du Rhône au Rhin, de la Somme, de Bourgogne, du Nivernais, du Berry, de Nantes à Brest, d'Ille-et-Rance, du Blavet, d'Arles à Bouc. Enfin on ouvrit encore de nouvelles voies de communication qui aujourd'hui sont complètement terminées, et qui comptent en France 14,500 kilom. de développement.

On a de plus canalisé en France un certain nombre de rivières, au moyen de barrages éclusés et d'autres travaux exécutés dans leur lit; cette navigation fluviale, qui vient s'ajouter à celles des canaux, présente un développement d'au moins 8,000 kilomètres.

Jusqu'au milieu du dix-huitième siècle les Anglais étaient restés bien en arrière de la France pour la navigation intérieure; mais depuis lors leur activité s'est portée de ce côté et ils ont doté leur pays de nombreux canaux, qui ont beaucoup ajouté à la richesse nationale.

Avant eux et avant nous, les Hollandais, dont le sol bas et humide s'y prêtait parfaitement, avaient sillonné leur territoire de canaux, dont plusieurs avaient une profondeur suffisante pour recevoir des bâtiments de mer.

Sauf le canal qui relie le Rhin au Danube, et quelques canaux en Suède, il n'existe pas, dans les pays de l'Europe, situés à l'est et au midi de la France et de la Hollande, de ligne de navigation artificielle qui mérite d'être citée.

En Amérique, aux États-Unis et dans une partie du Canada, la navigation intérieure a un très grand développement, et on évalue à 8,000 le nombre de kilomètres actuellement achevés de canaux de navigation.

En comparant à la population de chaque pays la longueur totale des canaux exécutés, en France, en Angleterre et aux États-Unis, on trouve les rapports suivants :

La France à 125 kilomètres de canaux par million d'habitants, tandis que l'Angleterre (Ecosse et Irlande comprises) en compte 164 kilomètres, et les États-Unis 333 kilomètres pour le même nombre de têtes.

Du reste, dans chacun de ces pays, la répartition sur la surface est fort inégale; chez nous le nord et le nord-est, aux États-Unis le nord, et en Angleterre le sud sont plus richement dotés de ces voies de communication que le reste de ces contrées.

La dépense d'établissement des canaux est, comme on le conçoit, très variable. En France, un ensemble de dix lignes comprenant les trois canaux de Bretagne, le canal de Bourgogne, ceux du Rhône au Rhin, d'Arles à Bouc, latéral à la Loire, du Berry, du Nivernais et du Centre, formant une longueur de 1,970 kilomètres, a coûté 270 millions, ce qui donne, par kilomètre, une moyenne de 137,000 fr. On a calculé qu'une somme de 40 millions sera nécessaire pour les

achever complètement, ce qui portera à 157,000 fr. le prix moyen de revient du kilomètre.

Parmi eux le canal de Bourgogne, complètement achevé, aura coûté 253,000 fr. par kilomètre, tandis que celui du Rhône au Rhin n'aura exigé que 90,000 fr., et celui du Berry que 80,000 fr.; il est vrai que ce dernier est à petite section.

On estime que le canal latéral à la Garonne aura coûté, après son achèvement, sur une longueur de 204 kilomètres, 65 millions, ou 319,000 fr. par kilomètre.

Il faut qu'un canal donne au commerce de bien précieux avantages, pour qu'on se décide à de pareilles dépenses. En effet, sur un canal, le déplacement d'un très lourd fardeau n'exige que peu de force; deux hommes et un cheval suffisent pour mettre en mouvement un bateau chargé.

Les frais de traction par roulage ordinaire sur une bonne route macadamisée s'élèvent, en moyenne, à 20 centimes par tonne et par kilomètre; tandis que sur un canal en bon état ces mêmes frais ne s'élèvent qu'à 4 centime et demi.

Ainsi, en admettant qu'il n'y ait aucun péage sur le canal, comme cela existe sur les routes, une tonne de marchandise parcourrait treize fois plus de chemin pour le même prix. Aussi un canal dépossède-t-il toujours le roulage pour les marchandises lourdes et encombrantes qui n'ont pas besoin de vitesse. La lutte avec un chemin de fer est beaucoup plus inégale, parce que les frais de traction sur celui-ci ne s'élèvent guère qu'à 5 ou 6 centimes par tonne et par kilomètre, et qu'il présente des conditions de rapidité, de régularité et d'exploitation unitaire que la batellerie n'a pas pu atteindre jusqu'ici.

Le remorquage à la vapeur est malheureusement impossible sur les canaux parce que les vagues, soulevées par les roues et par un bateau rapidement lancé, dégradent les berges très promptement; et d'ailleurs l'obligation de stationner pendant un temps assez long à chaque écluse ferait perdre la plus grande partie du bénéfice de vitesse gagné dans le parcours des biefs.

Sur la plupart des canaux, on exige un péage dont le revenu est destiné à couvrir les frais d'administration et d'entretien, plus l'intérêt et l'amortissement du capital dépensé pour la construction. Ce péage est souvent fort élevé, surtout en Angleterre et en Amérique, où il dépasse d'ordinaire le fret proprement dit. Dans le premier de ces pays, avant l'établissement des chemins de fer, les canaux étaient autorisés à percevoir jusqu'à 0^m,39 par tonne et par kilomètre; mais, depuis la venue de ces dangereux concurrents, ils ont été obligés de réduire ces tarifs considérablement, et cette réduction ne s'est arrêtée que lorsqu'ils se furent mis d'accord avec eux, après une lutte désastreuse. Ainsi pouvait-on citer alors tel canal dont le revenu était égal au capital de construction.

Aux États-Unis, le canal Érié percevait 6 centimes pour la marchandise; d'autres grandes lignes prenaient 9, 11 et même 14 centimes. Ce prix est dépassé sur les lignes de faible longueur; au canal de la Delaware à la Chesapeake, il s'élève à 49 centimes, et au petit canal de Louisville, à 53 centimes. En France, sur le canal du Midi, où un service accéléré de Toulouse à Beaucaire parcourt, en 118 heures, environ 360 kilomètres de longueur, le fret ne revient qu'à 4 cent., et le péage est de 8 cent.; on doit le réduire à 6 cent. lors de la mise en eau du canal latéral à la Garonne.

Le canal de Briare avait autrefois un tarif de 12 à 14 cent.; mais depuis l'établissement du chemin de fer d'Orléans, il l'a baissé de telle sorte que les objets sont partagés en cinq classes, qui sont taxées à 5, 4, 3, 2, 1 1/2 cent.

Les péages perçus dans les années 1847, 1848, 1849,

CANAL.

sur les principaux canaux administrés par l'Etat ont été en moyenne .

	cent.
Canal de Bourgogne	3,009
Canal du Rhône au Rhin	4,282
Canal latéral à la Loire	4,766
Canal du Centre	4,434
Canal du Nivernais	4,950
Canal du Berry	4,660
Canal d'Arles à Bouc	4,945
Canal de Nantes à Brest	4,366

Ce qui donne, en moyenne générale, 4^c. 846 par tonne et par kilomètre; mais les résultats ne sont nullement rémunérateurs.

CANEVAS.

Ainsi la recette des dix canaux qui forment ensemble une ligne de navigation de 4,970 kilomètres, n'a produit dans la période de six années, comprise entre le 31 décembre 1844 et le 4^e janvier 1851, que 25,297,327 fr.; les frais d'administration et d'entretien ont été de 21,924,852 fr., l'excédant n'a donc été que de 3,372,475 fr. pour six ans, ou 562,579 fr. par an, c'est seulement 1/5 p. 100 du capital de 270 millions, qu'a coûté leur établissement. La spéculation serait donc mauvaise, si le mouvement commercial et la richesse produite dans le pays par les débouchés ouverts ne venaient couvrir, pour l'Etat, au-delà des avances qu'il a faites. On estime, en effet, la circulation à plus de 400,000 tonnes par an, parcourant le réseau tout entier.

PRINCIPAUX CANAUX FRANÇAIS.

NOM DU CANAL.	COMMUNICATION établie de	BASSINS réunis ou parcourus	OMBRE	PENTES	LARGEUR	LONGUEURS
			d'écluses.	totales.	des écluses.	totales.
Latéral à l'Aisne	l'Aisne à l'Aisne	la Seine	8	m. 47,30	m. 5,20	m. 54,500
De l'Aisne à la Marne ¹	l'Aisne à la Marne	la Seine	24	64,35	5,20	58,200
Des Ardennes ²	la Meuse à l'Aisne	la Meuse et la Seine	45	123,38	5,20	93,567
Du Berry ³	la Loire à la Loire	Loire-Inférieure et Sup.	445	245,63	2,70	320,483
De Bourgogne ⁴	l'Yonne à la Saône	la Seine et le Rhône	194	499,37	5,20	242,044
De Briare ⁵	la Loire au canal de Loing	la Loire et la Seine	40	447,00	4,60	55,155
Du Centre ⁶	la Loire à la Saône	la Loire et le Rhône	81	209,07	5,20	446,859
Latéral à la Garonne	can. du Midi à la Garonne	la Garonne	56	82,30	6,00	193,387
D'Ille et Rance ⁷	la Vilaine à la Rance	la Vilaine et la Rance	48	104,52	4,74	84,797
Du Loing ⁸	canal de Briare à la Seine	la Loire et la Seine	24	39,44	5,00	44,539
Latéral à la Loire	canal du Centre à celui de Briare	la Loire	42	407,03	5,20	497,049
Latéral à la Marne	la Marne à la Marne	la Seine	44	26,90	5,20	63,540
De la Marne au Rhin ⁹	canal latéral de la Marne au Rhin	la Seine, la Meuse et le Rhin	480	474,04	5,20	345,043
Du Midi ¹⁰	la Garonne à l'étang de Thau	la Garonne et la Méditerranée	99	252,00	5,80 à 6,00	240,983
De Nantes à Brest ¹¹	la Loire à la rade de Brest	la Loire, la Vilaine, le Blavet, l'Aulne	235	548,94	4,70	367,244
Du Nivernais ¹²	la Loire à l'Yonne	la Loire et la Seine	441	240,39	5,20	474,616
D'Orléans ¹³	la Loire au canal du Loing	la Loire et la Seine	28	71,60	4,70	73,305
Du Rhône au Rhin ¹⁴	la Saône à la riv. d'Ille	le Rhône et le Rhin	472	374,41	5,20	321,933
De Roanne à Digoin	la Loire à la Loire	la Loire	42	36,85	6,20	55,072
De Saint-Quentin ¹⁵	l'Escaut à la Seine	l'Esc., la Somme, la Seine	35	79,05	5,20	93,360

¹ Un point de partage. — ² Idem. — ³ Id. — ⁴ Id. — ⁵ Id. — ⁶ Id. — ⁷ Id. — ⁸ Id. — ⁹ Deux points de partage. — ¹⁰ Un point de partage. — ¹¹ Trois points de partage. — ¹² Un point de partage. — ¹³ Id. — ¹⁴ Id. — ¹⁵ Deux points de partage.

Pour les canaux à point de partage, la pente totale se compose de la somme des pentes ascendantes et descendantes.

DÉGLIN.

CANEVAS. On appelle ainsi une sorte de grosse toile à jour, de chanvre, de lin ou de coton, dont les fils enlacés carrément reçoivent et dirigent le point de la broderie en tapisserie.

Pour obtenir le meilleur canevas possible, on emploie généralement des fils de coton blanchis et doublés en 3, 4 et 5 brins. On les encolle et apprête à la main sur des moulins ou dévidoirs ordinaires, afin de leur donner la lustre et la fermeté. La méthode ordinaire d'apprêter les fils avant le tissage exige beaucoup de temps et une foule de soins minutieux, que les fabricants de canevas pourraient éviter sûrement en employant les procédés et machines à apprêter les gazes, organdis, etc.

Lorsque les carreaux du canevas sont irréguliers, ce qui arrive toujours lorsque les duites sont mal frappées, les fils qui le constituent ne sont pas parallèles et uni-

formes; dans ce cas, les contours du dessin exécuté d'après un modèle donné sont altérés, et souvent le canevas lui-même n'est pas suffisamment garni ou rempli par les points de tapisserie. On dit alors que la tapisserie est mal piquée, pour dire que les points ne sont pas uniformes et réguliers; toutefois l'artiste brodeuse la plus habile ne saurait donner une belle apparence à une tapisserie faite sur un canevas irrégulier.

Depuis plusieurs années on fait usage d'un canevas particulier, principalement pour la tapisserie au gros-point. Ce canevas, dit canevas Pénélope, est tissé comme la toile ordinaire, avec cette différence qu'on fait lever à la fois deux fils de chaîne passés dans la même dent du peigne, et qu'on frappe et tasse deux fils de trame d'un seul coup de battant.

Un nouveau genre de canevas ou plutôt de tapisserie

en partie exécutée se rencontre aujourd'hui dans le commerce, nous voulons parler du canevas dit Jacquart, qui porte le fond tissé et le dessin réservé, ou inversement.

Application. Le canevas Jacquart, exécuté suivant les deux modes spécifiés plus haut, remplace avec un grand avantage les canevas dénués pour l'exécution de la tapisserie que les dames brodent à la main, et satisfait à leurs exigences, soit qu'elles désirent broder un dessin, sans avoir l'embarras d'exécuter le fond qui se trouve ainsi fait par avance, soit qu'elles veuillent un fond seulement et s'épargner les difficultés et le travail du dessin, qui s'exécute plus économiquement par ce procédé de tissage.

Enfin cette tapisserie, exécutée complètement sur canevas, présente dans son aspect optique quelque similitude avec les tissus pour tentures, mais elle la surpasse par la multiplicité des couleurs que l'on peut employer.

À notre tour, nous proposerions la fabrication d'un canevas pour la tapisserie, dite *au point des Gobelins*, lequel serait fait avec deux fils de chaîne dans chaque dent du peigne, comme le canevas Pénélope, et tissé comme la toile ordinaire, de manière cependant à former des mailles ou vides plus allongés, dans le sens de la largeur de l'étoffe. ROUGET DE LISLE.

CANNE A SUCRE. Voyez SUCRE.

CANNELLE (*angl.* cinnamon, *all.* zimmt). On appelle ainsi le liber du *laurus cinnamomum*, arbre qui croît à Java, Sumatra, Ceylan et dans les îles Moluques, et qui atteint une hauteur de 6 à 7 mètres. On l'obtient, en coupant les branches de l'arbre, au bout de leur troisième année, enlevant d'abord la couche corticale extérieure avec un couteau à deux tranchants, puis fendant longitudinalement le liber, et le dépouillant d'une seule pièce. On le laisse ensuite sécher au soleil, où il se roule sur lui-même, puis on le met en paquets de 40 à 45 kilogr. que l'on livre au commerce.

La cannelle de bonne qualité est presque aussi mince que du papier; elle possède une saveur aromatique très agréable, qui ne brûle pas la langue, et qui laisse dans la bouche un arrière goût doucereux. Les petits fragments que l'on ne peut livrer au commerce, sont distillés à Ceylan avec de l'eau et servent à préparer l'essence de cannelle.

CANNETILLE. On nomme ainsi un fil de métal très délié que l'on enroule en spirale sur une broche cylindrique, absolument comme s'il s'agissait de faire un ressort à boudin. On retire la broche, et la cannetille est ensuite employée à divers usages, particulièrement à faire des *paillettes*, qui servent surtout dans la broderie d'or et d'argent; à cet effet, on coupe chaque tour de spire, et on l'aplatit au marteau, de manière à ce que chacun des brins de fil de métal prenne la forme d'un petit disque fendu par le côté et percé au centre.

CANONS. Voyez ARMES A FEU, BRONZE, BOUCHES A FEU.

CAOUTCHOUC, COMME ÉLASTIQUE (*angl.* caoutchouc, *indian-rubber*, *all.* kautschuk, *federharz*). Le caoutchouc, qu'on désigne aussi sous le nom de gomme élastique, est renfermé dans le suc laiteux de plusieurs végétaux, et particulièrement dans celui du *siphonia cahucha* ou *hevea guianensis*, du *jatropha elastica*, du *castilleja elastica*, du *crotopia pillata*, etc. La presque totalité du caoutchouc livré au commerce est extraite du premier de ces arbres qui croît dans l'Amérique du Sud et dans l'île de Java.

Le caoutchouc que l'on trouve dans le commerce est ordinairement sous la forme de poires lisses ou tatouées de divers dessins, et généralement de couleur brune. Pour obtenir ces poires, on forme des moules piri-

formes en terre, et après avoir appliqué une première couche de suc sur le moule desséché, on la fait sécher en l'exposant au soleil, ou le plus souvent au-dessus d'un feu dont la fumée noircit le caoutchouc; on applique ensuite une seconde couche de suc, une troisième, et ainsi de suite; on les fait sécher de la même manière que la première. Quand la couche de caoutchouc est suffisamment épaisse, on jette la poire dans de l'eau pour ramollir la terre, que l'on fait sortir par une ouverture ménagée au haut de la poire. Le caoutchouc ainsi obtenu est coloré en noir par de la fumée, et contient en outre toutes les matières étrangères qui existaient dans le suc. Le caoutchouc se rencontre aussi dans le commerce en plaques épaisses ou en cylindres de couleur blanche, jaune ou brune. Depuis quelques années, on envoie de temps en temps le suc lui-même en Europe, dans des flacons complètement remplis et bien bouchés.

Le suc tel qu'il nous arrive est jaune grisâtre pâle, et offre la consistance de la crème; sa pesanteur spécifique est de 1,042; appliqué en couches minces sur un corps solide, il se solidifie promptement en une membrane de caoutchouc élastique brun jaunâtre, tenace et flexible, dont le poids forme les 0,45 de celui du suc. Quand on chauffe ce suc jusqu'à 400°, le caoutchouc se coagule de suite, et vient nager à la surface de la liqueur, entraîné par l'albumine qui, en se coagulant, entraîne le caoutchouc naturellement tenu en suspension sous forme émulsive dans le suc employé. L'alcool versé dans le suc coagule de même le caoutchouc; on peut l'étendre d'eau sans qu'il se coagule, et sans qu'il en soit altéré. Une fois mis en masse, le caoutchouc ne peut malheureusement être ramené par aucun moyen économique à l'état émulsif. On verra plus loin combien son emploi en deviendrait plus facile et plus sûr.

D'après *Berzelius*, pour obtenir le caoutchouc pur, on mêle le suc avec quatre fois son volume d'eau, et on place ce mélange dans un vase dont le fond est muni d'une ouverture. Au bout de vingt-quatre heures, le caoutchouc s'est rassemblé sous forme d'une crème à la surface de la liqueur; on soutire celle-ci; on mêle le résidu avec une nouvelle quantité d'eau que l'on soutire également quand elle s'est éclaircie, et on répète ce traitement jusqu'à ce que l'eau ne dissolve plus rien. Mais comme le caoutchouc se maintient en suspension dans l'eau pure, sans se réunir à sa surface, il est nécessaire d'ajouter à l'eau de lavage un peu de sel marin ou d'acide hydrochlorique, qu'on enlève ensuite facilement par quelques lavages à l'eau pure. Ainsi préparé, le caoutchouc est très divisé et d'un blanc de lait; pour lui donner de la cohérence, il suffit de le débarrasser de l'eau qu'il renferme, soit par évaporation, soit en le plaçant sur des corps absorbants tels que du papier joseph, du plâtre, etc.

D'après MM. Faraday et Ure, le caoutchouc se compose sur 100 p. de 87,2 de carbone et 12,8 d'hydrogène. Sa densité est de 0,925; elle n'augmente pas d'une manière permanente par une forte pression. Exposé à une basse température, il devient dur et difficile à employer, mais il ne devient jamais cassant. Quand on élève ensuite sa température, il reprend sa souplesse et son élasticité primitive. Par un long repos, il perd beaucoup de sa flexibilité, même à la température ordinaire. Lorsqu'il a été ramolli par l'action de la chaleur, on peut le refroidir fortement sans qu'il durcisse de suite, mais il acquiert néanmoins peu à peu de la dureté.

Par une longue ébullition avec de l'eau, il se ramollit, se gonfle, et devient plus facile à dissoudre dans l'éther et dans les huiles; mais, à l'air, il ne tarde pas à reprendre sa consistance et son volume primitifs. Il est entièrement insoluble dans l'alcool. Il se

dissout complètement dans l'éther pur, en formant une dissolution incolore. Quand on opère sur le caoutchouc noir et impur du commerce, l'éther laisse un résidu de suie et de matières albumineuses et minérales. La dissolution éthérée de caoutchouc est précipitée par l'alcool, ce qui donne le meilleur procédé connu pour obtenir du caoutchouc sous la forme d'émulsion laiteuse. En évaporant cette dissolution éthérée, on obtient pour résidu le caoutchouc avec ses propriétés primitives. Le caoutchouc se gonfle jusqu'à occuper trente fois son volume primitif dans l'huile de pétrole rectifiée; il s'y dissout en partie à l'aide de l'ébullition; il se dissout aussi assez facilement, à l'aide de la chaleur, dans les huiles empyreumatiques rectifiées, qu'on obtient par la distillation du charbon de terre ou par celle du goudron de bois; après l'évaporation de ces dissolutions, le caoutchouc conserve longtemps la propriété adhésive et abandonne difficilement les dernières portions de pétrole ou d'huile empyreumatique, ce qui le rend poisseux et lui communique une odeur désagréable; on peut le dessécher promptement en l'exposant dans un courant de vapeur d'eau. Le caoutchouc se dissout dans les huiles grasses et volatiles; il y perd son élasticité qu'il ne recouvre pas par la dessiccation; cette propriété a servi de base à la préparation des tissus rendus imperméables par le caoutchouc, comme nous le verrons plus loin.

Soumis à l'action de la chaleur, le caoutchouc fond un peu au-dessus de 420°, en répandant une odeur forte et particulière, et se convertit en une masse gluante et visqueuse, d'un brun foncé, qui se maintient dans cet état, après le refroidissement, pendant des années entières; mais lorsqu'on l'expose à l'air sous forme de pellicules minces, il finit par se dessécher, ce qui n'a lieu toutefois qu'après un temps très long; aussi le caoutchouc fondu peut-il remplacer avec succès les corps gras employés pour graisser les robinets. Chauffé à une température suffisamment élevée, au contact de l'air, le caoutchouc répand une fumée piquante, puis s'enflamme et brûle avec une flamme claire et fuligineuse.

Le caoutchouc n'est pas attaqué par le chlore, l'acide sulfurique, l'acide hydrochlorique, l'ammoniaque, l'acide fluosilicique, et les dissolutions alcalines caustiques et concentrées; l'acide nitrique fumant et l'acide sulfurique n'ont également sur lui aucune action à froid, mais ils le décomposent lentement à l'aide de la chaleur.

Le caoutchouc importé pour la première fois d'Amérique, au commencement du dix-huitième siècle, eut longtemps un emploi très borné; peu à peu ses applications se sont étendues et développées, et maintenant il forme l'objet d'un commerce assez considérable.

Le caoutchouc sert à effacer les traces de crayon et à adoucir le papier; il entre dans la composition de quelques vernis, de colles, de mastics, après avoir été fondu et uni soit à la chaux, soit à la chaux et au minium. Son inaltérabilité en présence des réactifs chimiques l'ont rendu précieux et même indispensable dans les laboratoires; on en fait des tubes flexibles imperméables aux gaz et qui servent surtout à relier les tubes en verre dans les analyses. Ces tubes se font en découpant une bande de caoutchouc, l'amollissant dans l'eau chaude, et soudant ensuite par pression les deux bords après les avoir rafraîchis avec un instrument bien tranchant. En chirurgie, le caoutchouc sert à préparer quelques instruments qui exigent de la souplesse et de la flexibilité. Enfin, l'application la plus nouvelle et la plus importante du caoutchouc, sur laquelle nous donnerons à la fin de cet article des détails aussi complets que les dimensions de notre ouvrage nous le permettent, est celle qui consiste à rendre les vêtements imperméables, et à confectionner une foule d'objets de toilette qui demandent une certaine élasticité.

Comme dans la plupart des applications du caoutchouc, il est très commode de l'obtenir en feuilles, et que d'un autre côté il faut chercher à tirer le parti le plus avantageux possible du caoutchouc défectueux qui forme la plus grande partie de celui que nous recevons aujourd'hui, on le traite par le procédé suivant inventé en 1837, par Nickel :

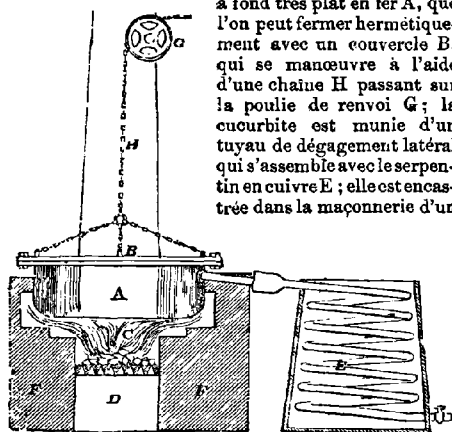
Quand les poires sont très dures, on les ramollit à l'eau bouillante, dans une chaudière chauffée à la vapeur; ces poires ramollies ainsi que celles qui sont naturellement assez molles, sont ensuite laminées entre deux cylindres en fonte. On a soin de faire continuellement couler sur les deux cylindres un filet d'eau chaude qui ramollit le caoutchouc, et qui rend le laminage plus facile; après trois à quatre passages successifs, le caoutchouc a pris la forme de longues plaques feutrées que l'on fait dessécher à une douce température. On traite de même tous les déchets de la fabrication précédente. Lorsque les lames sont bien desséchées, on en introduit à peu près 25^k dans une espèce de pétrin de très petite dimension, entièrement établi en fer et en fonte avec une grande solidité, et dans lequel on fait continuellement arriver un courant d'eau chaude. Ce pétrin est cylindrique, et muni d'un arbre en fer armé de bras également en fer, qui broient et pétrissent le caoutchouc. On se fera une idée de l'énergique broyage que ce dernier subit, lorsqu'on saura qu'il ne faut pas moins de deux à trois chevaux de force pour traiter la faible quantité de 25^k que l'on charge à la fois dans le pétrin, et que cette opération dure trois heures entières. Au sortir du pétrin, le caoutchouc, qui s'est converti en une masse molle et homogène, est immédiatement placé dans un moule en fonte à parois très épaisses, que l'on place ainsi chargé sur le plateau d'une presse hydraulique. Au fur et à mesure que ce plateau monte, un cylindre plein, en fonte, fixé à l'entablement de la presse, pénètre dans le moule qu'il remplit presque exactement et comprime le caoutchouc avec une force énorme; les moules ont au plus 0^m,20 de diamètre, et l'on emploie des presses extrêmement puissantes. Lorsque le caoutchouc est suffisamment comprimé on fait redescendre le plateau de la presse, on enlève le moule, et l'on maintient le caoutchouc à l'épaisseur réduite, en le comprimant au moyen d'une vis en bois, jusqu'au moment où l'on veut le découper. Lorsqu'on veut obtenir des feuilles de caoutchouc, le moule que l'on emploie est carré, et les dimensions sont déterminées par celles des plaques que l'on veut avoir; le découpage des pains ainsi obtenus se fait au moyen d'un couteau placé horizontalement qui est constamment humecté par un filet d'eau, et qui est animé d'un mouvement de va-et-vient extrêmement rapide; le pain de caoutchouc s'avance au fur et à mesure que le couteau pénètre et à chaque fois qu'une feuille est séparée; il va reprendre sa place primitive en remontant d'une hauteur égale à l'épaisseur de la feuille.

La question la plus importante de l'application du caoutchouc, qui consiste à en préparer des dissolutions qui séchent vite, et qui laissent alors ce corps dans son état primitif, est encore loin d'être résolue économiquement d'une manière complète. Le meilleur dissolvant du caoutchouc serait sans contredit l'éther sulfurique, si son prix élevé n'empêchait de l'employer en grand. L'huile essentielle obtenue par la distillation du goudron de houille, ne peut être employée à la dissolution du caoutchouc, qu'après avoir été rectifiée à plusieurs reprises; comme la partie la plus volatile est seule employée, et qu'on n'en obtient qu'une proportion assez faible, cette huile revient, en définitive, à un prix fort élevé. Aujourd'hui c'est l'huile essentielle de térébenthine bien rectifiée qui obtient la préférence. Pour préparer le caoutchouc, on le coupe en petits fragments que l'on ramollit dans de l'eau bouillante, on les met ensuite digérer dans une terrine en terre cuite avec trois à dix

parties d'essence de térébenthine rectifiée (suivant la consistance de la bouillie que l'on veut obtenir), on ferme hermétiquement le vase et on laisse reposer pendant plusieurs jours jusqu'à ce que le caoutchouc se soit entièrement transformé en une sorte de masse visqueuse, que l'on broie d'abord dans un mortier ou de toute autre manière, puis que l'on passe au travers d'un crible métallique très fin, afin d'obtenir une bouillie homogène.

Le défaut de tous les enduits ainsi obtenus est de rester pendant très longtemps poisseux à la surface. Benzimer a découvert un procédé très efficace pour remédier à ce défaut, et qui consiste à préparer comme ci-dessus une bouillie claire avec une partie de caoutchouc et onze parties d'essence de térébenthine, puis à y ajouter environ une demi-partie d'une dissolution concentrée de sulfure de potassium dans de l'eau chaude, et à mélanger bien exactement le tout ensemble. On obtient ainsi une émulsion jaunâtre qui en se desséchant laisse un enduit de caoutchouc parfaitement élastique et nullement poisseux, à la surface duquel se sépare le sulfure alcalin que l'on peut enlever par le lavage. Ce procédé n'est pas encore connu, et nous ne saignons pas qu'il soit employé ou seulement décrit nulle part; nous nous estimons heureux de l'avoir fait connaître, si cela pouvait engager quelques-uns de nos fabricants à en faire l'essai, et à profiter les premiers d'une découverte qui paraît avoir beaucoup d'avenir.

Enfin Barnard, de Greenwich, en cherchant à imprégner de caoutchouc des câbles et des cordages, découvrit que l'un des meilleurs dissolvants de ce corps est l'huile volatile rectifiée, qu'il donne à la distillation sèche. Il prit à ce sujet, en 1833, un brevet en Angleterre. L'appareil dont il se servait est représenté fig. 357; il



se compose d'une cucurbitte à fond très plat en fer A, que l'on peut fermer hermétiquement avec un couvercle B, qui se manœuvre à l'aide d'une chaîne H passant sur la poulie de renvoi G; la cucurbitte est munie d'un tuyau de dégagement latéral qui s'assemble avec le serpent en cuivre E; elle est encastree dans la maçonnerie d'un fourneau FF, dont la grille est en D. On charge le caoutchouc coupé en fragments, puis on élève peu à peu la température jusqu'à 345° centigrades; on observe celle-ci à l'aide d'un thermomètre qui traverse le couvercle B; lorsque l'on a atteint cette température, l'opération est terminée et il ne reste plus dans la cucurbitte qu'un résidu charbonneux tout à fait insignifiant. On rectifie ensuite l'huile brune obtenue en la distillant avec de l'eau. L'huile ainsi purifiée dissout bien le caoutchouc, ainsi que presque toutes les résines et même le copal, ce qui permettrait de l'employer avec avantage dans la préparation de nombre de vernis, si son prix élevé ne venait y mettre, industriellement parlant, un obstacle jusqu'ici insurmontable.

Tissus imperméables. Ces tissus sont simples ou doubles. Les tissus simples imperméables se préparent en

enduisant l'étoffe d'une couche de caoutchouc liquide, ou dissous par l'un des procédés que nous avons indiqués, et laissant sécher. Les tissus doubles séparés par une couche imperméable de caoutchouc sont plus difficiles à préparer. Il paraît que M. Besson fabriquait ces sortes de tissus dès 1793; M. Champion s'en occupa également en 1844; ces premiers essais furent peu considérables. MM. Rattier et Guibal en important cette industrie d'Angleterre, où ils avaient acquis leurs procédés de fabrication de M. Makintosh, de Glasgow, lui ont fait faire de grands progrès. Ils emploient l'enduit de caoutchouc à l'état de consistance pâteuse, afin qu'il ne puisse pas traverser les étoffes et en salir l'intérieur. Un cylindre règle l'épaisseur de la couche, et aussitôt que celle-ci a été appliquée, la seconde étoffe est passée dessus, et un second cylindre compresseur la fait adhérer tout en égalisant encore l'enduit dont l'excès déborde de chaque côté des tissus. Une dessiccation lente et un apprêt convenable terminent la préparation des étoffes doubles imperméables, qui servent à faire des paletots, des manteaux, etc., des matelas, et des coussins que l'on gonfle en y insufflant de l'air.

L'inconvénient le plus grave que présentent les vêtements rendus imperméables par un enduit de caoutchouc, est d'empêcher la transpiration de s'échapper au dehors; pour peu que celle-ci soit un peu forte, tous les habits de dessous seront trempés de sueur. C'est là un défaut très grave, qui nuira certainement à l'emploi de ces tissus et finira par leur faire préférer tout enduit HYDROFUGE qui n'aura pas le même inconvénient.

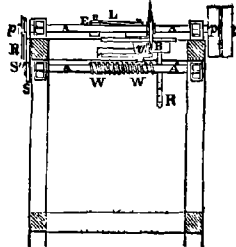
Tissus élastiques en caoutchouc. C'est à Vienne qu'on a, dit-on, fabriqué pour la première fois des tissus en caoutchouc, mais cette fabrication était d'une importance presque nulle, et ce n'est qu'après que MM. Rattier et Guibal l'eurent importée en France et amenée au point de perfection où elle est aujourd'hui, qu'elle a pris surtout dans ces dernières années un développement considérable.

Dans l'origine, on se procurait le fil de caoutchouc en découpant les poires à la main avec des ciseaux; un seul homme pouvait produire par jour, ainsi, de 90 à 400 mètres de fil. On coupait d'abord la poire en spirale, puis on divisait chaque bande obtenue en deux ou plusieurs fils plus fins. Pour obtenir ces derniers, MM. Rattier et Guibal imaginèrent de détacher les différentes couches qui forment les poires, et de les découper après, comme nous l'avons dit plus haut. On parvint ensuite à obtenir les fils les plus fins, en ramollissant les poires dans l'eau bouillante, les gonflant à l'aide d'une pompe de compression, puis les laissant reposer en cet état pendant plusieurs jours dans un lieu aussi froid que possible; le caoutchouc ne revient plus alors sur lui-même et se laisse découper aisément en fils très minces. Plus tard on remplaça le procédé coûteux du découpage à la main, par l'action de machines à diviser, aussi simples qu'ingénieuses. Mais on fait alors subir aux poires de caoutchouc un traitement préalable, qui consiste à les transformer en disques d'une épaisseur parfaitement régulière. A cet effet, on enlève le goulot, qui est peu propre à cette fabrication, et on coupe la poire en deux parties égales, que l'on soumet à l'action énergique des plateaux d'une presse, après avoir eu soin de la ramollir préalablement dans l'eau bouillante.

Deux machines différentes sont ensuite employées pour transformer le disque de caoutchouc en fils fins. L'une le découpe en un ruban très mince, d'une largeur égale à l'épaisseur du disque; l'autre divise ce ruban en plusieurs bandes parallèles.

La première de ces machines est représentée en plan, vue en dessous (fig. 358), et vue en dessus (fig. 359). La partie principale de cette machine est le couteau ou cisaille circulaire C, montée sur l'axe A A, qui reçoit un

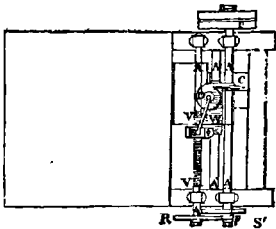
mouvement de rotation très rapide par une courroie sans fin qui passe sur la gorge de la poulie P. Le disque intermédiaire de caoutchouc à découper, placé horizontalement, tourne lentement sur lui-même au fur et à mesure que la cisaille l'entaille; un second mouvement sert à rapprocher sans cesse le centre du disque de caoutchouc du coupant de la cisaille, afin que la lanière qui se découpe ait toujours la même épaisseur. Le disque est donc animé de deux mouvements simultanés, l'un de rotation sur lui-même, et l'autre de translation suivant une ligne parallèle à l'axe A A de la cisaille, dont nous allons décrire le mécanisme. Le disque D est serré entre deux petits écrous placés sur un axe vertical lié par sa portée supérieure, au moyen d'une tige à colliers L, avec un écrou E, monté sur une vis sans fin V V, parallèle à l'axe de la cisaille A A, et qui reçoit un mouvement de rotation très lent au moyen du pignon p, monté sur A A, qui engrène avec la roue dentée R montée sur V V. La partie inférieure de l'axe qui traverse le disque D, porte une lanterne qui engrène avec une vis sans fin W W, laquelle fait tourner lentement le disque de caoutchouc sur lui-même. L'axe A A de la cisaille porte une roue dentée S, qui communique le mouvement à la roue S', montée sur l'axe de la vis sans fin W W, au moyen d'une roue intermédiaire S'' (voyez fig. 360).



358.

de la vis sans fin W W, au moyen d'une roue intermédiaire S'' (voyez fig. 360).

359.

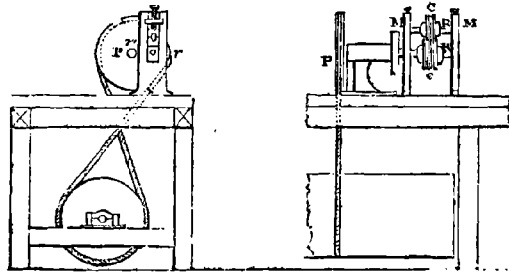


360.

La cisaille C a 0^m,20 de diamètre et est plongée à sa partie inférieure dans une petite auge B (fig. 359) remplie d'eau, que l'on fait écouler en ouvrant le robinet R, lorsqu'on veut la renouveler. Lorsque le disque est entièrement découpé et qu'on veut en placer un autre sur la machine, il faudrait un temps considérable pour ramener toutes les pièces dans leur position primitive, en la faisant tourner en sens inverse; au lieu de cela, on compose l'écrou E de deux pièces qui s'assemblent, à charnières, et que l'on démonte à la fin de chaque opération pour les replacer sur la vis V V, dans la position convenable.

Lorsqu'on a découpé, au moyen de la machine que nous venons de décrire, le caoutchouc en rubans, on divise ces derniers en fils d'égale épaisseur, au moyen d'une machine représentée fig. 364 et 362, et qui offre l'image en petit des troussees de fenderies employées dans les forges pour obtenir le fer fendu. Elle se compose de deux axes parallèles C, C, sur lesquels on enfle les taillants à découper le caoutchouc, en les séparant par des

rondelles d'une épaisseur un peu plus grande, et serrant l'ensemble de chaque trousse au moyen des épaulements R, R, montés à vis sur les axes C, C. Les coussinets de



364.

362.

ces deux axes sont fixés dans des coulisses pratiquées dans les montants verticaux, de telle sorte qu'on puisse les éloigner ou les rapprocher à volonté l'un de l'autre au moyen de vis. L'axe inférieur C porte une roue r qui engrène avec le pignon r', d'un diamètre trois fois moindre, monté sur l'axe du tambour F, mis en mouvement par l'intermédiaire d'une courroie sans fin.

Avant que les fils obtenus, comme il vient d'être dit, puissent servir au tissage des étoffes, il est indispensable de leur faire perdre leur élasticité qui rendrait presque impossible tout travail ultérieur. A cet effet on les reçoit immédiatement au sortir de la fenderie dans des vases pleins d'eau chaude; puis on les ramollit dans l'eau chaude, et on les étire du quintuple au décuple de leur longueur primitive, en les enroulant sur un dévidoir qu'un ouvrier fait tourner rapidement, tandis qu'un autre ouvrier, placé près du vase d'eau chaude, file le caoutchouc en le maintenant tendu. On place ensuite les dévidoirs dans une chambre dont la température est maintenue aussi basse que possible; au bout de quelques jours on peut dévider les fils, sans que pour cela ils reprennent leur forme primitive; ils possèdent alors une roideur suffisante pour le tissage subséquent.

Le plus souvent on enveloppe le fil de caoutchouc ainsi obtenu, au moyen d'un *métier à lacets*, de 6 à 7 fils, qui l'entourent entièrement, et qui servent surtout à le protéger contre les dents du peigne dans le tissage. Le petit cordonnet que l'on obtient de cette manière est employé à tisser les bretelles élastiques. Dernièrement on a imaginé d'employer pour le tissage un métier à la Jacquart, en y considérant le fil de caoutchouc nu comme un fil ordinaire, si ce n'est qu'on prend soin de le masquer complètement dans l'étoffe fabriquée; cette disposition a l'avantage de supprimer complètement l'emploi des métiers à lacets, et permet en outre de broder sur le tissu des fleurs et autres ornements.

Les longues lanières tissées que l'on obtient ainsi sont sans élasticité; on leur rend cette propriété en passant sur le tissu un fer convenablement chauffé; le caoutchouc tend à l'instant même à reprendre sa forme primitive, et par suite, l'étoffe diminue de près d'un tiers en longueur.

CAOUTCHOUC VOLCANISÉ. Les tissus et objets fabriqués en caoutchouc doivent, pour jouir de toutes les propriétés requises, posséder une élasticité qui ne s'altère pas par l'usage, ni surtout par les variations de température. Ce résultat précieux a été obtenu par la vulcanisation du caoutchouc, nom donné à sa combinaison avec une petite quantité de soufre. On peut se servir du caoutchouc ainsi préparé, depuis les contrées les plus chaudes du globe, où le caoutchouc normal trop amolli, trop extensible et trop adhésif, était sans application, jusque dans les pays septentrionaux où le froid annulait les propriétés du caoutchouc ordinaire.

Pour montrer l'élasticité, en quelque sorte inaltérable,

CAPILLARITÉ.

du caoutchouc vulcanisé, on peut faire l'expérience d'en placer une rondelle sur une petite pièce de monnaie qu'elle recouvre exactement. Après l'avoir distendue considérablement on la replace sur le disque et l'on voit facilement que la dimension n'en a été nullement altérée.

C'est en opérant à chaud que M. Hancock (de Birmingham) est parvenu le premier à opérer la sulfuration; mais on opère aujourd'hui à froid avec plus d'avantage, par un procédé dont nous empruntons la description à M. Payou.

Ce procédé a surtout cela d'avantageux qu'il peut s'appliquer aux objets tout façonnés, et qu'il ne laisse qu'une légère odeur aux produits, tandis que la vulcanisation directe par le soufre leur communique une odeur assez forte et désagréable.

Voici en quoi consiste cette méthode qui a été inventée par MM. Parkes (de Birmingham) :

On plonge les articles fabriqués en caoutchouc, bien propres et bien secs, dans une solution contenant 2,5 de chlorure de soufre pour 100 de sulfure de carbone; après une minute d'immersion on les retire, on fait évaporer le sulfure de carbone et les traces d'acide chlorhydrique formé, à l'aide d'un courant d'air, dans une étuve chauffée de 20 à 25 degrés.

Quand les objets sont secs on les replonge une minute et demie dans la solution, on les retire pour les faire sécher comme la première fois, puis on les lave dans une solution alcaline et enfin dans de l'eau pure.

Dans ces immersions, des feuilles de caoutchouc ayant de 2 à 4 millimètres d'épaisseur retiennent 42 à 45 centièmes de soufre.

Si l'on vulcanisait des feuilles plus minces, on augmenterait la dose de chlorure de soufre, et l'on diminuerait la durée de l'immersion; il faudrait, au contraire, diminuer la dose de chlorure et augmenter la durée de l'immersion pour sulfurer des feuilles plus épaisses, afin d'éviter que la superficie n'absorbât trop de soufre.

En tous cas, il faut éviter de laisser trop longtemps les objets immergés dans un excès de liquide, car une trop forte proportion de soufre les rend durs, cassants, dépourvus de ductilité et d'élasticité.

Le caoutchouc vulcanisé est déjà un produit fréquemment utilisé dans l'industrie. Nous citerons, en terminant, parmi les applications curieuses et nouvelles du caoutchouc vulcanisé, son emploi pour former des ressorts servant à la fermeture des portes, l'usage de rondelles pour interposer entre les brides des tuyaux, de tubes pour conduire à des becs portatifs, et pouvant se déplacer, le gaz qui part d'une conduite principale; enfin, et cet emploi doit donner lieu à une consommation importante, des rondelles très épaisses, au nombre de dix ou vingt, pour amortir les chocs des wagons de chemins de fer. C'est un des plus heureux emplois que l'on pût faire de ces ressorts inaltérables et dont l'action se multiplie autant qu'on le désire par la superposition des plaques.

CAPILLARITÉ. On appelle phénomène de capillarité les effets de l'attraction qu'exercent les molécules fluides les unes sur les autres, et sur les corps solides qui les touchent, phénomènes surtout sensibles dans les tubes d'un diamètre très petit ou capillaire.

Si l'on considère une lame plongée dans un liquide, il y aura attraction entre les molécules de la lame et celle du fluide. Si cette action est supérieure à l'attraction des molécules fluides entre elles, la lame sera mouillée, et la surface du liquide terminée vers elle par un ménisque concave. Si elle est moindre, elle ne sera pas mouillée, il y aura dépression sur les bords, et la surface liquide sera terminée par un ménisque convexe.

CAPILLARITÉ.

Cette action devient bien plus sensible dans un tube capillaire. L'action qui produit le ménisque produira alors une élévation ou une dépression de niveau.

Une goutte d'eau jetée sur du verre, mouillant celui-ci, s'y étendra; une goutte de mercure restera au contraire terminée par des surfaces arrondies, parce qu'il ne mouille pas le verre.

Une petite colonne *mm* (fig. 363 et 364) se précipite vers le sommet d'un cône dans lequel elle glisse ou vers sa base, suivant qu'elle est terminée par deux surfaces concaves ou par deux surfaces convexes; et dans les deux cas on peut la retenir dans une position fixe en inclinant convenablement l'axe du cône dans un sens ou dans l'autre.

Entre deux lames formant un angle très aigu, et mouillées par le liquide, ce dernier prendra la courbure représentée par la figure 365, qui est une hyperbole.

Une lame suspendue dans un liquide ou un corps flottant à sa surface ne prend aucun mouvement, quelles que soient les dispositions des deux faces.

Deux lames verticales et parallèles, mouillées par le liquide, mises en présence, n'éprouvent non plus aucune action, ni aucun mouvement, tant qu'elles sont assez éloignées l'une de l'autre pour que les courbures des liquides soulevés soient séparées par un espace plan; mais dès qu'on les approche assez pour que ce plan disparaisse et que les courbures se croisent, le liquide monte entre les deux lames, et elles se précipitent pour se joindre et se presser l'une contre l'autre, ce qui prouve que le liquide soulevé exerce une pression horizontale moindre que s'il était à la même hauteur dans un vase large.

Si les deux lames sont parallèles et ne sont point mouillées par le liquide, il n'y a aucun mouvement tant que leur distance est assez grande pour que les courbures du liquide déprimé soient séparées par une surface plane. Dès qu'on les approche assez pour que celle-ci disparaisse, le liquide baisse entre elles et malgré que sa pression soit plus grande que dans le cas où il serait dans un vase large, comme sa hauteur est moindre que celle du liquide extérieur, les deux lames s'approchent encore.

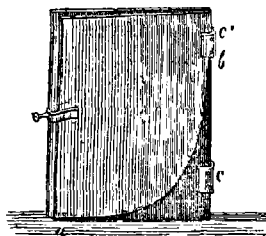
Lorsque l'une des deux lames est mouillée et que l'autre ne l'est pas, comme, par exemple, pour l'eau, ce qui a lieu quand l'une des lames est en ivoire et l'autre en talc, et qu'on les approche tant que le liquide conserve entre elles une forme inflexie, elles tendent à s'écarter; si on les approche forcément, il peut arriver ou que l'inflexion se conserve et que les lames se repoussent toujours, ou qu'elle se change en une courbure sans inflexion et alors les lames s'attirent.

Deux corps flottants qui se mouillent, comme des balles de liège ou de bois sur l'eau, des balles d'étain sur du mercure, s'approchent dès que leur distance est assez petite pour que les courbures du liquide se croisent.

363.



364.



365.

Deux balles qui ne se mouillent pas, comme des balles de cire ou de liège enfumé sur l'eau, ou de fer sur le mercure, s'approchent aussi dans les mêmes circonstances.

Enfin deux balles dont l'une se mouille et l'autre ne se mouille pas, se comportent comme les plans dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire se repoussent.

Les cylindres, et en général tous les corps flottants, éprouvent par la même cause des mouvements plus ou moins rapides lorsqu'ils s'approchent les uns des autres, ou lorsqu'ils approchent des parois contre lesquelles les surfaces liquides se courbent toujours, soit par ascension, soit par dépression.

Les phénomènes capillaires se présentent à chaque instant dans la nature et dans les arts. Les corps poreux, comme le sucre, les pierres à filtrer, le papier à filtre, les mèches de coton, etc., peuvent être assimilés à des corps formés de tubes plus ou moins fins, plus ou moins réguliers. Quand on les plonge dans un liquide susceptible de les mouiller, ils l'élevèrent chacun à une hauteur qui dépend de la disposition de leurs interstices et qui en général est considérable. C'est ainsi que l'eau s'élève de la partie la plus basse d'une masse de terre à la partie la plus élevée; que l'eau s'élève dans un tube rempli de cendres tassées, dans un morceau de sucre, etc.; que l'esprit-de-vin, l'huile, le suif, la cire fondue, s'élèvent dans les mèches des lampes, des chandelles et des bougies; que l'eau s'élève dans les végétaux.

Pour bien sentir la puissance de cette action et toute son importance dans les applications industrielles, il faut remarquer que l'eau, par exemple, qui s'élève de 30 millimètres dans un tube d'un millimètre de diamètre, s'élèverait de 300 millimètres dans un tube de $\frac{1}{10}$ de millimètre; de 3,000 millimètres ou 3 mètres, dans un tube de $\frac{1}{100}$ de millimètre; et de 30,000 millimètres ou 30 mètres dans un tube de $\frac{1}{1000}$ de millimètre de diamètre. Or $\frac{1}{1000}$ de millimètre est une distance sensible, et il y a indubitablement dans la nature des canaux de fibres creuses dont le diamètre est plus petit encore.

CAPSULES FULMINANTES. La fabrication des capsules fulminantes est devenue une industrie importante depuis que l'ancien fusil à silex a été abandonné. Cette industrie, dans ses procédés actuels, est toute française; nous décrirons cette fabrication mécanique telle qu'elle a été inventée par M. Tardy, capitaine d'artillerie.

Le cuivre d'abord découpé en bandes, laminé d'épaisseur convenable, recuit et décapé, est porté aux machines qui doivent former les alvéoles, machines mues par la vapeur. Là, les bandes de cuivre sont fournies par des rouleaux à un découpoir qui, suivant la forme des poinçons, produit avec une très grande rapidité soit des disques, soit des étoiles (selon que les capsules doivent être fendues ou offrir une surface continue), puis ces disques ou ces étoiles sont poussés par un levier coudé que fait avancer le découpoir en remontant contre une matrice convenable, et là par l'action de nouveaux poinçons (qui font, bien entendu, partie de la même machine que les premiers), ils sont emboutis sous la forme demandée, c'est-à-dire sous celle d'un dé uni ou cannelé, ou bien sous celle d'un petit chapeau. Chaque mouvement de la machine produit deux ou trois capsules, car elle est armée d'un nombre égal de poinçons et matrices.

Les capsules, après l'opération du sassage, qui détruit les rebarbes produites par le découpoir, sont portées à l'atelier de charge. Là, des ouvrières, les prenant par poignées, les jettent sur une main, formée de deux lames de fer superposées, à une petite distance l'une de l'autre, et assemblées à charnière. La lame supérieure est percée régulièrement d'un grand nombre de

petits trous du diamètre extérieur des capsules. Sur la lame inférieure, et en regard de chaque trou, est gravée la marque du fabricant; nous verrons bientôt quand par une pression celle-ci vient s'imprimer sur la capsule. Cet appareil s'appelle une main. L'ouvrière, agitant cette main d'une certaine manière, secoue sur elle les capsules, dont le centre de gravité et plus près du fond que de l'orifice, ce qui les fait redresser et tomber dans les trous de la main. Si quelques-unes sont retournées, ce qui arrive rarement, si quelques trous ne sont pas garnis, la dissymétrie qui en résulte frappe nécessairement l'œil de l'ouvrier, qui remet tout en ordre.

Cette main, ainsi garnie de capsules, est glissée sous une trémie contenant la poudre fulminante. Le fond de cette trémie est formé de trois pièces superposées, dont celle du milieu, qui est en ivoire, est mobile. Toutes trois sont percées de trous en nombre égal à celui de la main; ceux de dessous continuent par de petits tubes qui entrent dans les capsules elles-mêmes.

Dans une certaine position de la pièce du milieu, appelée *ti.oir*, ses trous sont en face de ceux du fond supérieur, et ne communiquent pas avec ceux du fond inférieur; de sorte que la poudre fulminante, descendant par son propre poids, remplit les trous du tiroir. Un petit mouvement imprimé à celui-ci supprime sa communication avec les trous supérieurs et l'établit avec les trous inférieurs, à travers lesquels la poudre tombe dans les capsules. C'est surtout dans le mouvement du tiroir qu'existe le danger. Il suffit de l'écrasement, dans certaines conditions, du plus petit grain de poudre fulminante (fulminate d'argent) pour déterminer l'explosion de tout ce que contient la trémie, dans laquelle les besoins d'un travail régulier exigent qu'il s'en trouve toujours une quantité notable. C'est là surtout que la disposition adoptée par la maison Goupilat est avantageuse. Elle consiste dans un bouclier en forte tôle qui sépare les ouvriers du distributeur de la poudre fulminante, et qui a pour mission de détourner l'explosion, quand elle a lieu, vers une fenêtre très légère, qui, n'offrant qu'une très faible résistance, rend ces explosions terribles sans danger pour les ouvriers. La main contenant les capsules est glissée à travers une ouverture pratiquée dans le bouclier.

Après le mouvement du tiroir, qui a garni les capsules de poudre, on retire la main de dessus la trémie, et elle arrive à l'ouvrier chargé de comprimer la poudre pour la retenir dans les capsules. Celui-ci place sur la main une plaque en fer armée de petits poinçons, en nombre égal à celui des trous de cette main, et qui pénètrent dans les capsules jusqu'à la poudre; puis il introduit le tout entre deux cylindres ou portions de cylindres excentriques, dont le mouvement de rotation, imprimé par une manivelle ou un levier, comprime la poudre au fond des capsules et estampe en même temps sur le fond de celle-ci la marque du fabricant. C'est un phénomène remarquable que cette pression considérable ne produise que de rares explosions, pour lesquelles il faut nécessairement des conditions qui l'assimilent à un choc. L'explosion de quelques capsules dans une main ne produit aucune espèce de danger. Les capsules voisines sont seulement noircies à l'extérieur et sont mises à part pour être vendues à plus bas prix que les autres. Les capsules terminées sont jetées hors de la main par le soulèvement de la partie supérieure de cette pièce, puis rapidement comptées dans un autre atelier au moyen de mains analogues, dont le nombre de trous est connu, mises dans des boîtes de carton et livrées au commerce.

CARBONATES. L'acide carbonique, l'un des acides les plus faibles, se combine cependant avec facilité avec les bases et oxydes métalliques, et donne alors naissance à un grand nombre de composés importants. Les carbonates sont ordinairement des sels neu-

tres, quelquefois aussi basiques ou acides. Il n'y a que trois carbonates solubles, ce sont ceux d'ammoniaque de potasse et de soude; les bi-carbonates des mêmes bases sont solubles, mais moins que les précédents. Quelques carbonates insolubles (celui de chaux par exemple) se dissolvent dans l'eau saturée d'acide carbonique; mais lorsqu'on expose cette dissolution à l'air, l'acide carbonique se dégage et les carbonates se précipitent complètement; c'est à ce phénomène que l'on doit attribuer les incrustations que déposent nombre d'eaux minérales.

Tous les carbonates à l'exception de ceux de baryte, de potasse et de soude, sont décomposés par la chaleur rouge; les bi-carbonates solubles se transforment en carbonates neutres à la température de l'ébullition de l'eau. Un seul carbonate est volatil, c'est celui d'ammoniaque. Tous les carbonates sans exception sont décomposés au rouge par le charbon, en donnant, soit un métal, soit un oxyde. La vapeur d'eau les décompose également au rouge en formant des oxydes. Ils sont décomposés par presque tous les acides minéraux, et l'acide carbonique se dégage complètement, quelquefois avec effervescence (carbonate de chaux); on le reconnaît, à ce qu'en le faisant arriver dans de l'eau de chaux filtrée, il y détermine un précipité blanc soluble dans les acides avec effervescence.

Comme presque tous les carbonates sont insolubles, on peut les préparer par voie de double décomposition. Ils se trouvent en grande quantité dans la nature, et nous parlerons de chacun d'eux en particulier, au nom du métal auquel il correspond, de sorte qu'il ne nous en reste ici que fort peu à passer en revue.

CARBONATE D'AMMONIAQUE (*angl.* carbonate of ammonia, *all.* kohlenaures ammoniak). On connaît trois combinaisons différentes de l'acide carbonique avec l'ammoniaque : le carbonate neutre, le sesqui-carbonate et le bi-carbonate d'ammoniaque. Le premier est très peu stable, se décompose par l'action de la chaleur, ainsi que par la dissolution dans l'eau, et ne se trouve point dans le commerce. Le bi-carbonate d'ammoniaque s'obtient en saturant d'acide carbonique une dissolution de sesqui-carbonate, et a été employé dans ces derniers temps pour la fabrication en grand du bi-carbonate de soude (voyez *SOUDE*). Il est décomposé par la chaleur en sesqui-carbonate d'ammoniaque et en acide carbonique.

La carbonate d'ammoniaque que l'on trouve dans le commerce est le sesqui-carbonate, qui se compose de :

Acide carbonique.	55,4	. . . . .	3 at.
Ammoniaque.	29,0	. . . . .	2 at.
Eau.	45,6	. . . . .	2 at.

400,0

On le prépare ordinairement par voie double de décomposition en chauffant au rouge vif, dans une cornue en fonte munie d'une allonge, un mélange de craie (chaux carbonatée) et de sel ammoniac (hydrochlorate d'ammoniaque), il se forme du chlorure de calcium qui reste dans la cornue, et du carbonate neutre d'ammoniaque qui se décompose en sesqui-carbonate, qui vient se condenser sous la forme d'une masse blanche fibreuse dans l'allonge, et en gaz ammoniac qui se dégage et se perd; on pourrait le recueillir en le faisant arriver dans un grand récipient constamment rempli par de l'air chargé d'acide carbonique en traversant un foyer de charbon. Le carbonate d'ammoniaque ainsi obtenu est rarement assez pur et assez compacte pour être immédiatement livré au commerce; on le purifie par sublimation, de la même manière que le sel ammoniac (voyez *CHLORURES*). On l'obtient ainsi sous la forme de gâteaux blancs translucides, à texture fibreuse, et qui exhalent une forte odeur ammoniacale. On doit le conserver dans des vases bien fermés, car à l'air libre, le quart de l'ammo-

niaque qu'il renferme se dégage peu à peu, de sorte qu'il a alors perdu toute odeur et s'est transformé en bi-carbonate. Il est soluble dans le double de son poids d'eau froide; lorsqu'on porte cette dissolution à l'ébullition, le carbonate d'ammoniaque se volatilise complètement, en donnant lieu à un vif bouillonnement, et à la fin il ne reste que de l'eau pure.

Le carbonate d'ammoniaque est employé en médecine, et dans les analyses chimiques; on s'en sert aussi dans la pâtisserie pour obtenir des pâtes très poreuses.

Dans la distillation sèche des matières animales, il produit une grande quantité de carbonate d'ammoniaque, mais ainsi obtenu il est très impur, et ne peut servir qu'à préparer du sulfate ou de l'hydrochlorate d'ammoniaque et même de l'ammoniaque caustique.

CARBONATE DE BARYTE (*witherite*). Ce sel n'a guère été rencontré jusqu'ici que dans quelques localités en Angleterre; s'il était plus commun il pourrait, au lieu du sulfate de baryte, être mélangé au carbonate de plomb auquel il ressemble beaucoup plus par ses propriétés physiques et chimiques.

CARBONATE DE CHAUX. Ce sel est neutre, insoluble dans l'eau, et se rencontre en quantité tellement considérable à la surface du globe qu'on peut estimer qu'environ la moitié de l'écorce terrestre, et peut-être davantage, sont formés de substances calcaires. On le reconnaît aisément à ce qu'il est assez facile à rayer et qu'il se dissout avec effervescence dans les acides. Lorsqu'on le chauffe au rouge blanc, il est entièrement décomposé et il reste de la chaux caustique; mais s'il est soumis en même temps à une très forte pression il peut se fondre, sans se décomposer, et produit un marbre artificiel. On a essayé d'utiliser en grand cette propriété; mais on a reconnu quelle ne pouvait donner lieu à aucune application industrielle.

Le carbonate de chaux présente un grand nombre de variétés; nous examinerons successivement les plus importantes :

1° *Chaux carbonatée spathique* (spath d'Islande). Caractérisée par trois *clivages* faciles qui conduisent à un rhomboédres aigu dont l'angle est de 105°. Elle cristallise en rhomboédres plus ou moins allongés, quelquefois même presque cubiques, en dodécédres à triangles scalènes dits métastatiques, et enfin en prismes à six faces avec ou sans pointement. Pure, elle est parfaitement incolore et transparente, et présente le phénomène de la double réfraction, propriété sur laquelle est fondée la construction de la lunette de Rochon, qui permet d'apprécier la distance d'un objet quand on connaît ses dimensions, et réciproquement. La pesanteur spécifique de la chaux carbonatée est de 2,7. Chauffée au rouge blanc elle laisse un résidu de 46 p. 100 de chaux vive,

2° *Chaux carbonatée fibreuse.* Lorsque l'eau de pluie, qui renferme toujours une faible quantité d'acide carbonique libre, tombe sur des roches calcaires, elle dissout une petite quantité de carbonate de chaux qu'elle dépose ensuite sous la forme de concrétions, dans l'intérieur des grottes ou cavités, où elle s'évapore goutte à goutte. Lorsque ces concrétions se forment à la voûte des grottes, elles ont une texture rayonnée et portent plus particulièrement le nom de *stalactites*; lorsqu'elles se déposent sur le sol de ces mêmes grottes ou sur une surface plane, elles ont une texture rubannée, dans un sens, et fibreuse dans le sens perpendiculaire; on les désigne alors sous le nom de *stalagmites*. Lorsque celles-ci sont zonées de jaune plus ou moins rougeâtre, et présentent une dureté suffisante pour prendre un beau poli, on leur donne le nom d'*albâtres orientales*.

Les dépôts calcaires que fournissent en abondance certaines eaux minérales gazeuses sont de même nature; les sources les plus célèbres de ce genre sont : le *sprudel* à *Carlsbad*, qui fournit le *sprudelstein*, calcaire dur et richement zoné qui est d'une finesse extrême et sert à

CARBONATES.

faire beaucoup de petits objets d'ornement; les eaux incrustantes de *San Filippo* en Toscane (voyez ALBATRE); et celle de *Saint-Alyre* en Auvergne, dont chacun a pu voir les beaux produits à l'exposition de 1844.

Les tufs calcaires sont aussi à proprement parler des dépôts analogues; ils sont très poreux, cellulux, souvent criblés de cavités tubulaires et rudes au toucher; leur dureté est inférieure à celles des calcaires ordinaires, et leur couleur est d'un gris plus ou moins jaunâtre.

Les tufs calcaires se rencontrent souvent en grandes masses dans les pays calcaires, et sont alors employés comme pierres à bâtir. La ville de *Pestù*, en Italie, est entièrement bâtie avec un tuf calcaire, criblé de cavités tubulaires. La ville de *Tivoli* près Rome, et beaucoup de monuments romains, sont également bâtis avec un tuf calcaire qui porte le nom de *travertin*. Les tufs calcaires acquièrent une certaine dureté en séchant à l'air, et résistent très bien à l'action destructive des agents atmosphériques.

3^e MARBRE (voyez ce mot).

4^e Calcaire compacte. À cassure conchoïde ou esquilleuse. On en voit de toutes les couleurs, cependant il est ordinairement d'un gris plus ou moins pâle. Lorsqu'il est bigarré d'une manière agréable à la vue et qu'il prend un beau poli, on lui donne aussi improprement le nom de marbre. Très fréquemment il empâte un grand nombre de coquilles à l'état spathique, et prend alors le nom de *marbre coquiller*. Le calcaire compacte se trouve dans la nature à l'état de couches sédimentaires. Quelquefois il est en couches de peu d'épaisseur, d'un grain très fin et parfaitement compacte, comme le *calcaire lithographique* de *Solenhofen* en Bavière. D'autres fois il est plus ou moins grossier et caverneux, comme le calcaire caverneux dit *rauhkalk*, de la formation du *zechstein* (voyez GÉOLOGIE), et le *calcaire grossier* des environs de Paris.

Le calcaire fétide ou *stinkstein*, est un calcaire compacte coloré en brun jaunâtre par du bitume, qui lui communique l'odeur qui le caractérise; à l'exception du bitume qu'il renferme il est ordinairement très pur et par suite très propre à la fabrication des chaux grasses.

5^e Calcaire oolithique. Est formé par la réunion de petits globules calcaires accolés, de la grosseur d'une tête d'épingle; lorsque la grosseur de ces globules atteint celle des petits pois, il prend le nom de *calcaire pisolithique*; il renferme ordinairement une proportion plus ou moins grande d'oxyde de fer hydraté qui le colore en jaune ou en brun. Ce calcaire forme dans certains terrains des couches puissantes et jouit d'une dureté suffisante, pour être employé comme pierre à bâtir; mais il est presque toujours trop impur pour servir à la fabrication de la chaux.

Calcaire marneux. Diffère du calcaire pur en ce qu'il renferme jusqu'à 40 p. 400 d'argile intimement mêlée. Il est assez compacte, mais sa cassure est plutôt terreuse qu'esquilleuse. On le reconnaît aisément à la proportion du résidu d'argile qu'il laisse lorsqu'on le dissout dans l'acide acétique ou hydrochlorique. Il se délite par l'action du froid et de la gelée, et ne peut par conséquent être employé comme pierre à bâtir; il forme le passage des calcaires purs aux marnes argileuses; nous avons parlé de son emploi dans l'amendement des terres à l'article ARGILE; nous parlerons de son application dans la fabrication des MORTIERS HYDRAULIQUES à ce mot.

6^e CRAIE (voyez ce mot).

Le calcaire compacte constitué des couches stratifiées considérables de l'écorce terrestre; après lui, sous le rapport de son abondance, vient la craie. Le marbre, proprement dit, se rencontre seulement çà et là, à l'état de masses provenant d'un changement métamorphique de couches calcaires par voie ignée, dont les causes sont presque toujours faciles à assigner dans chaque cas par-

CARBONE.

ticulier. Les tufs calcaires ne se trouvent également que dans des localités circonscrites. Enfin, le calcaire spathique ne se rencontre qu'en veines ou filons, tapissant surtout l'intérieur des druses.

CARBONATE DOUBLE DE CHAUX ET DE MAGNÉSIE, DOLOMIE (*angl.* magnesian limestone, *all.* bitter kalk). La dolomie se compose de :

Carbonate de chaux. . . .	55	. . . .	4 at.
Carbonate de magnésie. .	45	. . . .	4 at.
	400		

Sa densité est de 2,7 à 2,8; on la trouve quelquefois cristallisée en rhomboédres; le plus souvent elle est amorphe plus ou moins grenue et rude au toucher, blanche ou jaunâtre. On la distingue de la chaux carbonatée, en ce qu'elle se dissout beaucoup plus lentement dans l'acide hydrochlorique étendu, et presque sans effervescence, et en ce que, après calcination, elle ne se délite pas à l'air libre.

La dolomie, que l'on doit considérer comme une roche métamorphique, constitue des masses d'une étendue considérable dans certaines localités, surtout en Angleterre, dans le *Sunderland*. L'épaisseur de cette formation y est variable, et atteint vers la limite sud une épaisseur de plus de 400 mètres. Dans quelques pays on emploie la dolomie comme pierre de construction; nous citerons comme exemple la belle cathédrale gothique de *York*, entièrement construite en dolomie. C'est la dolomie qui forme ces montagnes abruptes et déchiquetées, à arêtes vives, dites aiguilles, que l'on rencontre dans les Alpes et qui excitent à un si haut degré l'admiration des voyageurs.

CARBONATE DE MAGNÉSIE. On trouve dans la nature le carbonate neutre qui sert en le dissolvant dans l'acide sulfurique à préparer le sulfate de magnésie ou sel d'épсом. En précipitant ce dernier dissous dans l'eau, par un carbonate alcalin, à la température de l'ébullition de l'eau, on obtient le carbonate du commerce, dit *magnésie blanche*, sous la forme d'un précipité blanc très léger, qui est un sous-carbonate hydraté. On peut aussi le préparer en décomposant à chaud les eaux mères de la fabrication du sel par un carbonate alcalin. Si l'on opérât à froid, le précipité serait grenu, plus compacte et plus lourd, et ne présenterait nullement l'apparence que réclame le commerce. La magnésie blanche est très employée en médecine, surtout comme contre-poison dans les empoisonnements par les acides minéraux.

CARBONATE DE POTASSE. Voyez POTASSE.

CARBONATE DE SOUDE. Voyez SOUDE. P. D.

CARBONE (*angl.* carbon, *all.* kohlenstoff). Le carbone ne se trouve dans la nature à l'état de pureté que dans le *DIAMANT*, mais il forme la presque totalité du résidu que l'on obtient par la calcination en vase clos des matières végétales ou animales (voy. CHARBON DE BOIS, CHARBON ANIMAL, NOIR DE FUMÉE, etc.). Il se trouve aussi dans le sein de la terre, plus ou moins impur, à l'état de GRAPHITE, ANTHRACITE, HOUILLE et LIGNITE. Le carbone, dans les divers états où il se présente, est fixe et complètement infusible aux températures les plus élevées que nous puissions produire, mais lorsqu'on le chauffe dans l'air ou l'oxygène, il s'en flamme et se convertit en acide carbonique. Il se combine également avec le soufre à la température du rouge, et forme alors un liquide très volatil et d'une odeur caractéristique, le *sulfure de carbone*, que l'on prépare en faisant passer du soufre en vapeurs sur du charbon porté au rouge, dans un tube de porcelaine. Il décompose également l'eau au rouge, en donnant de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, et de l'hydrogène carboné. Il est attaqué par voie sèche par les alcalis caustiques, dont il décompose l'eau d'hydratation, et forme des carbonates; il décompose également à l'aide de la chaleur tous les acides, à l'exception des acides

borique et silicique. Enfin il réduit la plupart des oxydes métalliques, et ramène les autres au minimum d'oxydation. Il est absolument insoluble dans l'eau, et tous les réactifs chimiques connus; cependant on peut le mettre en suspension, sous la forme de particules extrêmement fines, de manière à former des encres indélébiles (ENCRE DE CHINE, ENCRE indélébile de M. Bracconot). Le carbone forme avec l'oxygène deux combinaisons importantes, l'oxyde de carbone et l'acide CARBONIQUE (voyez ce mot).

Oxyde de carbone. L'oxyde de carbone est un gaz permanent sans couleur ni odeur, presque-insoluble dans l'eau, sans action sur les couleurs végétales, et inaltérable par la chaleur et l'électricité; sa densité est de 0,967, il renferme la moitié de son volume d'oxygène et se compose de :

Carbone.	42,9	1 at. }	CO
Oxygène.	57,1	1 at. }	
400,0			

Ce gaz se combine directement avec le chlore gazeux sec, sous l'action des rayons solaires en formant un composé gazeux et acide qui a reçu le nom d'acide chloro-carbonique CO Cl², qui correspond à l'acide carbonique C O² dans lequel on aurait remplacé un des atomes d'oxygène par 2 atomes de chlore. L'oxyde de carbone se combine également avec l'oxygène, soit à la température rouge, soit sous l'influence de l'étincelle électrique, sans changer de volume et en donnant de l'acide carbonique. Il s'enflamme aussi au contact de l'air et d'une bougie allumée, et brûle alors avec une flamme bleuâtre, en se transformant en acide carbonique. L'oxyde de carbone est irrespirable et beaucoup plus délétère que l'acide carbonique.

En décomposant à chaud le sel d'oseille (bi-oxalate de potasse) par l'acide sulfurique concentré, il se dégage un mélange d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. En absorbant ce dernier par une dissolution de potasse, on obtient de l'oxyde de carbone pur. On peut aussi préparer ce gaz en faisant passer lentement de l'acide carbonique à travers un long tube de porcelaine rempli de charbon et chauffé au rouge sur toute sa longueur.

Ce gaz se produit en quantité considérable dans les fourneaux à courant d'air forcé, et en général dans tous les appareils où une quantité d'air limitée se trouve en contact pendant un certain temps avec un excès de charbon porté à la température rouge; les produits gazeux qui se dégagent ont un pouvoir calorifique considérable, et depuis plusieurs années ont été employés avec avantage, brûlés par une certaine quantité d'air chaud, dans beaucoup de circonstances où l'on était obligé jusqu'alors de se servir de combustibles choisis et coûteux. Nous parlerons plus loin de ces belles applications et des recherches de MM. Faber du Four et Etbelmen, aux articles COMBUSTIBLES, FER, etc.

ACIDE CARBONIQUE (*angl.* carbonic acid, *all.* kohlensäure). L'acide carbonique est un corps gazeux aux températures ordinaires et incolore; sa densité est de 1,5245; il éteint instantanément les corps en combustion, et est impropre à la respiration; aussi respiré en assez grande quantité il cause l'asphyxie et même la mort; il est cependant beaucoup moins délétère que le gaz oxyde de carbone. L'eau froide en absorbe à peu près son volume à la pression ordinaire; mais en augmentant la pression on lui en fait dissoudre un volume qui croît proportionnellement à la pression; ainsi sous la pression de trois atmosphères, l'eau en prend trois fois son volume; l'eau ainsi obtenue mousse lorsqu'on la verse à l'air libre dans un verre et possède une saveur aigrelette, agréable et rafraîchissante (voyez EAUX GAZEUSES); elle rougit faiblement le papier bleu de tournesol et lui communique seulement une teinte rouge

lie de vin, parce que l'acide carbonique est un acide très faible.

L'acide carbonique est un gaz coercible; à 0° et sous une pression de 36 atmosphères, il passe à l'état liquide; l'appareil le plus commode pour obtenir de grandes quantités d'acide carbonique liquide est celui de Thilorier, on le prépare alors dans un fort cylindre en fonte par la réaction de l'acide sulfurique sur le bicarbonate de soude, et on le fait arriver à l'aide de tubes en plomb d'un très petit diamètre dans un réservoir également en fonte, placé dans un mélange réfrigérant où il se solidifie. Il y a trois ans, en faisant cette préparation dans un des cours publics de la capitale, l'appareil éclata sous l'énorme pression intérieure à laquelle il était soumis, et les deux préparateurs furent blessés si grièvement que l'un d'eux ne survécut que 24 heures à ses blessures. On aurait évité cet accident en faisant ces appareils en bronze au lieu de fonte. M. Thilorier observa dans ses expériences ce singulier phénomène: qu'en laissant échapper dans l'air l'acide carbonique liquide, sous la pression énorme à laquelle il est soumis dans l'appareil, par un tuyau très étroit, recouvert d'une coupe métallique percée à jour, il arrivait que le froid extraordinaire (il est de près de 400° au-dessous de zéro), produit par l'évaporation instantanée d'une partie de l'acide carbonique liquide qui s'échappait, suffisait pour solidifier l'autre partie d'acide sous la forme d'une neige parfaitement blanche qui se déposait sur la coupe métallique, et qui ne se volatilisait ensuite qu'assez lentement à l'air libre; en mélangeant cette neige avec de l'éther, on obtient le mélange le plus réfrigérant que l'on connaisse, qui placé sur du mercure versé dans une assiette le solidifie presque instantanément.

On prépare l'acide carbonique pur en traitant, dans un matras, de la craie, ou mieux du marbre de Carrare pulvérisé, par de l'acide hydrochlorique étendu, faisant passer le gaz à travers un flacon laveur, renfermant un peu d'eau, puis le recueillant enfin sur le mercure.

L'acide carbonique se forme en quantité considérable dans la fermentation vineuse ou alcoolique; si l'on renferme dans des bouteilles bien ficelées les liquides que l'on prépare par fermentation avant que celle-ci soit entièrement terminée, le dégagement d'acide carbonique continue dans les bouteilles, et y produit une pression de plusieurs atmosphères, à l'aide de laquelle il se dissout en quantité considérable dans le liquide auquel il communique alors la propriété de mousser, exemple: bière, vins mousseux. Il en est de même dans la fabrication du pain, la fermentation qui se produit par le mélange de la pâte avec le levain ou la levure de bière, détermine le dégagement d'une certaine quantité d'acide carbonique qui fait lever la pâte, et permet d'obtenir un pain léger et poreux. Il se produit des quantités considérables d'acide carbonique lors de la combustion du bois, du charbon et des autres matières combustibles; ce procédé est même quelquefois employé pour le préparer en grand (voyez CÉRUSE).

L'acide carbonique se trouve dans la nature, dans les eaux minérales gazeuses, comme celles de Seltz, de Vichy, etc. Aux environs de ces sources on rencontre souvent des dégagements de ce gaz qui s'échappent par des fissures du sol, et si ce dégagement a lieu dans des cavités où l'air ne se renouvelle que difficilement, il se rassemble à la partie inférieure et peut causer l'asphyxie; telle est la fameuse grotte du Chien à Pausilippe, près de Pouzzoles, où un homme peut entrer debout sans crainte, mais dans laquelle les chiens sont asphyxiés. On utilise, près de Bonn, ces dégagements naturels d'acide carbonique pour fabriquer de la céruse; et en France près de Vichy, on s'en sert pour obtenir du bicarbonate de soude. Ce gaz se rassemble souvent dans les puits et dans certaines mines en quantité assez considérable pour asphyxier les personnes qui s'y aventureraient im-

prudemment sans précaution; nous citerons, comme exemple, les mines de plomb argentifère de *Pont-Gibaud* (Puy-de-Dôme), où il se dégage des quantités considérables de ce gaz.

L'air atmosphérique renferme environ 1/1000^e de son volume d'acide carbonique, qui, dilué à ce point, n'a aucune influence nuisible sur la respiration des hommes et des animaux, et semble même nécessaire à la végétation. Mais lorsque la proportion de ce gaz contenue dans l'air s'élève au-dessus de 15 p. 100, ce dernier devient incapable d'entretenir la respiration et la combustion.

L'acide carbonique est composé de :

Carbone.	27,47.	1 at. {	CO ₂
Oxygène.	72,83.	2 at. }	
100,00			

Il renferme un volume d'oxygène égal au sien. Lorsqu'on le fait passer sur un excès de charbon porté au rouge, il double le volume en se transformant en oxyde de carbone.

CARBONISATION (*angl.* charring, *all.* verkohlung). Les substances qui en industrie portent le nom de combustibles sont de deux sortes : les combustibles végétaux, BOIS, et les combustibles minéraux, ANTHRACITE, HOUILLE, LIGNITE et TOURBE. On les emploie selon leur nature et selon l'effet que l'on se propose d'obtenir, soit à l'état cru, soit plus ou moins carbonisés. La carbonisation consiste à soumettre les combustibles à une distillation sèche, qui leur fait perdre une portion plus ou moins grande des matières volatiles qu'ils renferment. Pour que l'on puisse carboniser un combustible, il faut qu'il renferme une quantité suffisante de matières volatiles à expulser, pour qu'il puisse acquérir des propriétés nouvelles qui indemnisent des frais de cette opération; il faut aussi que le résidu de la carbonisation présente une certaine cohérence qui permette de l'employer. Ces deux conditions ne se rencontrent que dans les bois, les houilles et les tourbes, qui sont les seuls combustibles que l'on emploie carbonisés; les produits de leur carbonisation portent le nom de *charbon de bois*, de *coke* et de *charbon de tourbe*, et leur préparation fera le sujet d'autant de paragraphes séparés.

I. — **CARBONISATION DU BOIS** (*angl.* charring of wood, *all.* kohlenbrennen, kohlerci). Toutes les méthodes au moyen desquelles on opère la transformation du bois en charbon peuvent se diviser en trois classes : dans la carbonisation en vases clos, le bois à carboniser est placé dans une enveloppe ordinairement métallique et chauffée extérieurement; dans la seconde classe, la chaleur nécessaire à la carbonisation est également produite à l'extérieur par un ou plusieurs foyers particuliers, mais ensuite les produits gazeux qui s'échappent de ces foyers sont introduits dans la masse du combustible à carboniser et opèrent sa distillation; enfin, dans la dernière classe, viennent se ranger tous les procédés dans lesquels on laisse arriver, au milieu de la masse du bois à carboniser, une quantité d'air limitée, de manière à brûler une partie du combustible pour distiller l'autre; ces derniers procédés se subdivisent eux-mêmes en deux catégories, suivant que l'on se propose ou non de recueillir les parties volatiles de la distillation.

Le procédé de *carbonisation en vase clos* a déjà été décrit à l'article *acide acétique*. Il permet de recueillir ou d'utiliser tous les produits de la distillation, puisque l'on condense ceux-ci et qu'on en retire du goudron, des huiles empyreumatiques, de l'acide acétique, de l'esprit de bois, et que l'on se sert des gaz non condensés pour produire dans le foyer une grande partie de la chaleur consommée dans la carbonisation. Mais dans la plupart des cas, la complication

des appareils, qui rend leur établissement assez coûteux et leur déplacement impossible, le peu de débouché ou de valeur des produits obtenus, et par-dessus tout la moindre densité du charbon produit, ont empêché ce procédé de prendre beaucoup d'extension. Le rendement en charbon est ordinairement plus fort que par tout autre procédé lorsque l'opération n'est pas conduite trop rapidement, mais il est moins dense et beaucoup plus inflammable que celui obtenu autrement, et possède aussi un moindre pouvoir calorifique. Son inflammabilité le fait rechercher pour la fabrication de la poudre.

Avant de juger ce procédé et ceux que nous décrivons ci-après, il convient d'examiner les phénomènes qui se passent dans l'acte de la carbonisation du bois.

Chacun des principes organiques immédiats qui entrent dans la composition du bois, éprouve, à un certain degré de température, une altération qui donne naissance à un produit pyrogéné fixe, à un produit pyrogéné volatil, et à un dégagement de gaz provenant de la combustion d'une partie du carbone et de l'hydrogène par l'oxygène contenu dans le bois. Pour chaque température, il s'établit un certain équilibre; à une température plus élevée, l'équilibre est détruit de nouveau, et il se forme de nouveaux produits pyrogénés, les uns fixes, les autres volatils, jusqu'à ce qu'enfin il ne reste plus que du charbon pur. Si on opère à une température bien graduée et maintenue constante pendant un temps suffisant, chacune de ces modifications dans l'état des composés organiques pourra avoir lieu jusqu'au centre du morceau de bois, de façon à produire un nouveau composé homogène, sans qu'il y ait réaction entre les produits de la distillation qui viennent du centre du morceau sur les produits fixes qui se trouvent à la surface.

La carbonisation en vases clos, au contraire, comme elle a lieu actuellement, est conduite beaucoup trop rapidement sous le rapport du rendement en charbon. Le combustible étant placé dans un milieu entretenu à une température très élevée, il arrivera que les couches extérieures du bois atteindront un état d'altération très avancé lorsque le centre sera encore à l'état naturel, de sorte que les produits de la distillation venant du centre du bois pourront réagir sur le charbon déjà formé à la surface, lequel se trouve maintenu par le rayonnement des parois de l'enveloppe à une température élevée, et en dissoudre une partie en donnant lieu à des gaz hydrogène, acide carbonique et oxyde de carbone. Du reste, le peu de conductibilité pour la chaleur du bois et du charbon qui n'a pas été soumis à une très forte calcination, ainsi que la nature même de l'appareil employé dans lequel la chaleur est appliquée extérieurement, ne permettent pas d'arriver à graduer la distillation dans toutes les parties du combustible, de manière à éviter toute dissolution du charbon formé à la surface par les produits de la distillation intérieure. Sous ce rapport, le procédé de *M. Schwartz*, essayé en Suède, et qui rentre dans la seconde classe que nous avons établie, est de beaucoup préférable.

Le fourneau de *M. Schwartz*, construit à *Brefsen* (Suède), consiste en un berceau gothique fermé à ses deux extrémités par des murs verticaux, perpendiculaires à son axe. Le sol intérieur est incliné vers le cintre, et présente en son milieu des rigoles qui servent à faciliter l'écoulement du goudron dans des tuyaux en fonte de fer. A chaque extrémité du fourneau il y a deux foyers sur lesquels passe l'air atmosphérique avant d'entrer dans l'appareil; la voûte de ces foyers est disposée de manière à rabattre la flamme, de telle sorte que l'air se dépouille complètement de son oxygène dans son passage à travers les foyers. L'une des extrémités présente deux ouvertures en son milieu placées l'une au-dessus de l'autre, et deux autres pratiquées dans les

deux angles inférieurs; elles servent toutes quatre à introduire le bois, et ensuite à retirer le charbon. La fumée sort par des tuyaux de fonte placés au niveau du sol, au milieu des longs côtés; de là, elle est conduite par d'autres tuyaux de fonte dans des condenseurs en bois destinés à recevoir les produits liquides; après quoi, elle s'échappe par la cheminée.

Les murs sont faits en sable et en argile; il ne doit pas s'y trouver de chaux, parce qu'elle serait attaquée par l'acide qui se dégage pendant l'opération. La voûte du fourneau se fend souvent; on bouche avec soin toutes les ouvertures qui s'y forment, soit pendant la carbonisation même, soit après le refroidissement de l'appareil.

On fait le chargement, en y introduisant d'abord les plus grosses bûches, que l'on arrange suivant la longueur du fourneau, puis on dispose au-dessus les morceaux de bois les moins gros, en les servant autant que possible jusqu'à la voûte; quand on approche des cheminées, on écarte le bois davantage, afin de faciliter la circulation des gaz. On emploie le menu bois pour alimenter les foyers, parce qu'il produit plus de flamme et qu'il brûle plus promptement.

Le fourneau étant rempli et bien fermé, on allume le feu; trois ouvriers se relayant par postes de huit heures sont employés à ce travail, de manière à ce qu'il s'en trouve toujours un pour entretenir la combustion, jusqu'à ce que la fumée paraisse d'un bleu clair; à ce signe on reconnaît que tout le bois est carbonisé, et, à cette époque, il ne s'écoule plus ni acide ni goudron. On ferme alors hermétiquement les cheminées en les muraillant, et l'on bouche les tuyaux avec des tampons de bois garnis d'argile. On laisse refroidir le fourneau pendant deux jours, et on jette quelques seaux d'eau par deux petits orifices pratiqués dans la voûte, qui jusque-là avaient été tenus exactement fermés; puis, trois ou quatre jours après, on en fait autant en débouchant momentanément l'ouverture centrale supérieure qui a servi à charger le bois dans le fourneau, qui n'est complètement refroidi que quand les tuyaux en fonte sont tout à fait froids.

Le fourneau employé par M. Schwartz, a coûté 2,900 francs, et sa capacité était de 169 mètres cubes. la moyenne des essais a donné pour la durée :

Du chargement du fourneau . . .	2	jours.
De la carbonisation proprement dite . . .	2	—
Du refroidissement complet	21	—
Total de la durée d'une carbonisation . . .	25	jours.

On a chargé à la fois, dans le fourneau, 127 stères de bois de sapin, et on a consommé 43 stères de bois de corde ou leur équivalent en fagots, dans les foyers, soit 1/10 du bois à carboniser. On a obtenu pour 4 stère de bois total employé :

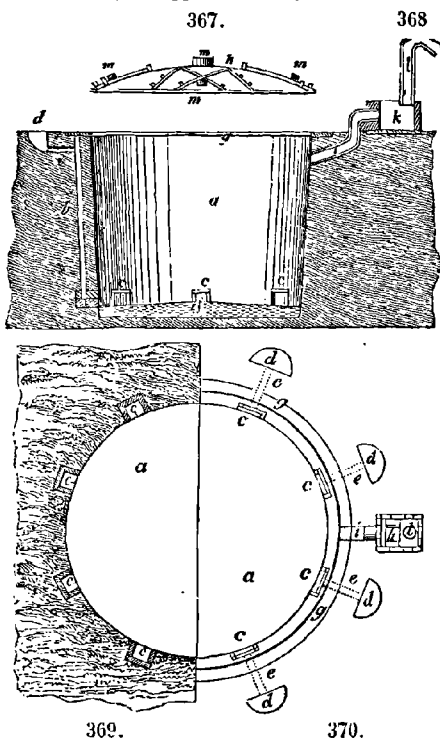
Charbon	0 ^m ,65	ou 25%, en poids;
Goudron	0 ^k , 48	
Acide pyroligneux impur	47 ^l , 53	correspondant à
Acétate de chaux sec	3 ^k , 65	

Le plus grand inconvénient de cette méthode de carbonisation est le temps considérable nécessaire au refroidissement complet du fourneau et du charbon.

Parmi les procédés de carbonisation qui rentrent dans la troisième classe, dans lesquels une partie du combustible est employée pour opérer la distillation de l'autre partie, nous ferons deux catégories; dans la première, nous parlerons des procédés *La Chabeaussière*, *Foucault* et *per descensum*, où l'on recueille une partie des produits de la distillation; dans la seconde nous décrirons les procédés les plus employés dans l'industrie, la carbonisation par l'ancienne et la nouvelle méthode des forêts.

Les fig. 368, 369 et 370 représentent une coupe ver-

ticale, et deux coupes horizontales faites à des niveaux différents de l'appareil de carbonisation de M. de La Chabeaussière; cet appareil se compose d'une fosse lé-



gèrement conique *a*, de 3^m de profondeur, autant de diamètre au fond, et 3^m,30 de diamètre au niveau du sol; cette fosse est battue aussi fortement que possible à l'intérieur. L'air nécessaire à la combustion arrive des huit cuvettes *d*, par les séries de tuyaux *e*, *b*, *c*, à la partie inférieure de la fosse. Ces tuyaux ou événements sont en terre cuite et ont 5 à 6 centimètres de diamètre; on peut faire varier la quantité d'air qui les traverse, en diminuant et même bouchant leurs ouvertures. Une couronne de briques forme le bord supérieur du fourneau et sert à en supporter le chapeau; ce dernier *h* (fig. 367) est mobile, fort bombé, et formé de plaques de tôle, consolidées par un cercle de fer plat et par des bandes mises de champ qui maintiennent la surface supérieure; au milieu du couvercle, il y a un trou, de 0^m,25 de diamètre, garni d'un collet et fermé par un bouchon en fer; quatre ouvertures semblables, mais de 0^m,40 de diamètre seulement, sont percées à 0^m,30 du bord du couvercle; ce dernier se manœuvre très aisément au moyen de deux leviers en fer et de quelques rouleaux en bois de 4^m de longueur; à 0^m,25 au-dessous du sol, est pratiqué un trou rempli par un tuyau de terre cuite *i*, de 0^m,25 de diamètre, qui conduit les fumées qui se dégagent pendant la carbonisation, dans une caisse en briques *k*, fermée à sa partie supérieure par une plaque mobile en tôle. Une partie du goudron et un peu d'acide pyroligneux se condensent dans cette caisse et peuvent en être soutirés par un robinet placé à la partie inférieure; les produits non condensés se rendent ensuite par le tuyau *l*, dans une série de vases de condensation disposés comme nous l'avons décrit au mot *acide ACÉTIQUE* (*vinaigre de bois*).

Après avoir fait sécher le fourneau en y faisant un

CARBONISATION.

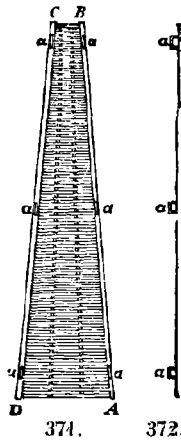
feu de broussailles, on y empile le bois par couches horizontales, en ménageant au centre une cheminée verticale et à la partie inférieure, des canaux horizontaux qui vont des événements à la cheminée centrale. Le fourneau étant entièrement rempli de bois, on place au-dessus le couvercle *h* que l'on recouvre de 5 à 10 centimètres de terre et de gazon; on ouvre tous les soupiraux *m*, ainsi que les événements *e*, et l'on allume le bois en jetant dans la cheminée centrale du charbon enflammé; on bouche alors l'orifice central *m* du chapeau. On laisse l'embranchement se propager ainsi pendant quelque temps, et on ne bouche les autres soupiraux *m*, que lorsqu'il commence à se dégager de l'acide pyroligneux. On dirige ensuite l'opération, suivant la nature des fumées qui se dégagent, en ouvrant plus ou moins les événements.

L'opération doit durer de soixante à quatre-vingts heures pour obtenir un charbon de bonne qualité. Au moyen d'une sonde que l'on introduit par les soupiraux, on peut connaître l'état de la carbonisation, soit en retirant des morceaux de bois carbonisé, soit en examinant si le tassement est égal dans toutes les parties du fourneau; s'il ne l'est pas, on ouvre l'événement du côté où ce tassement est le moins considérable et le soupiraill opposé, et bientôt l'équilibre se rétablit. Lorsque l'opération est terminée, on trouve que le bois s'est affaissé d'environ moitié de sa hauteur, non que l'épaisseur de chaque morceau de bois diminue de moitié, mais parce que tous les vides se remplissent. Quand on est assuré que la carbonisation est complète, soit par le sondage, soit par la nature et la couleur du peu de fumées qui se dégagent encore, on ouvre tous les soupiraux et événements, à l'exception de l'ouverture centrale du chapeau afin d'expulser les dernières matières volatiles qui donneraient au charbon une teinte rougeâtre, laquelle pourrait nuire à la vente. Enfin, lorsqu'on voit à travers les soupiraux la surface du tas de charbon devenir incandescente, on bouche hermétiquement et avec beaucoup de soin toutes les ouvertures du fourneau, et on laisse refroidir pendant trois ou quatre jours. Au bout de ce temps on enlève le chapeau, et on fait descendre dans le fourneau un ouvrier qui enlève à la main, et sans le briser, tout le charbon en morceaux, et ramasse ensuite avec une pelle le peu de menu charbon et de poussier qui peuvent rester au fond.

Quand le fourneau est vidé, on le recharge et on s'occupe à en vider un autre. Cinq ouvriers ont constamment suffi pour le travail des huit fourneaux dont se compose l'établissement de M. de La Chabeaussière. Le produit de ces huit fourneaux est, pour 5,000 stères de bois de chêne, pesant 12,500 quintaux métriques, carbonisés annuellement, de 46,000 hectolitres de charbon de bois, pesant 2,500 quintaux métriques, soit 20 p. 100 en poids, et de 4,000 pièces d'acide pyroligneux, pesant 2,235 quintaux métriques, ou de 49 à 20 p. 100 en poids; cet acide rectifié a produit par pièce 43 à 44 kilogr. d'acide acétique incolore à 8° B., ou bien 49 kilogr. d'acétate de plomb cristallisé, très blanc. Les frais de construction de chaque fourneau sont d'environ 450 fr., dont 400 pour le chapeau seulement. En cas de déplacement, il n'y a de perte réelle que celle des fourneaux, dont l'entretien est presque nul, les ouvriers les réparant eux-mêmes au fur et à mesure qu'il en est besoin. On n'a point fait entrer dans cette évaluation la dépense de l'appareil de condensation pour l'acide pyroligneux, qui, une fois construit, est aisément transportable et d'une durée presque indéfinie.

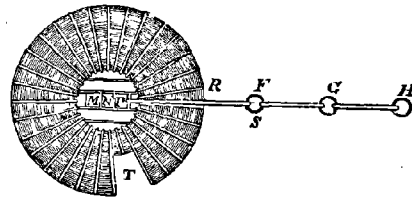
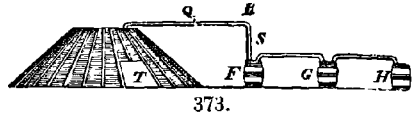
Le procédé de M. Foucault consiste à recouvrir une meule de carbonisation ordinaire d'une seconde enveloppe ou abri facilement transportable, et qui permette de recueillir, dans des condenseurs appropriés, les produits accessoires de la carbonisation. Les fig. 374 à 374 donnent les détails de cet appareil. Pour former un abri de 40 mètr. de diamètre à la base, de 3^m,30 de diamètre

CARBONISATION.



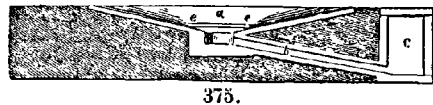
au sommet, et 2^m,50 à 3 mètr. de hauteur, on assemble en bois de 5 centim. d'équarrissage, des châssis de 4 mètr. de long, 1 mètr. de large à un bout, et 0^m,33 à l'autre bout. Les montants AB, CD (fig. 371 et 372), sont munis de trois poignées en bois *a, a, a*, à l'aide desquelles on les réunit, en passant dans deux poignées contiguës des chevilles en bois ou en fer. Les châssis sont garnis d'un clayonnage d'osier et recouverts d'un enduit d'argile mélangés d'herbe hachée. Un couvercle plat de 3^m,30 de diamètre, formé de planches jointives, maintenues par quatre traverses et enduites d'un corroi d'argile, ferme le sommet du cône. Il est muni de deux trappes M, N, que l'on ouvre au commencement de l'opération pour donner issue à la vapeur d'eau qui se dégage, et que l'on ferme ensuite aussitôt qu'il commence à distiller de l'acide pyroligneux. Une troisième ouverture triangulaire P, pratiquée sur le même couvercle, reçoit un conduit RRS, formé de trois plan-

ches cerclées et lûtées, qui amènent les produits de la distillation dans la série des tonnes de condensation F, G, H. Enfin une porte T, que l'on ouvre et ferme à volonté, permet au charbonnier de visiter son feu et de le régler.



ches cerclées et lûtées, qui amènent les produits de la distillation dans la série des tonnes de condensation F, G, H. Enfin une porte T, que l'on ouvre et ferme à volonté, permet au charbonnier de visiter son feu et de le régler.

Le procédé dit *per descensum* est employé dans les Landes, en Pologne et en Russie, pour la carbonisation des bois résineux, et ne diffère des procédés de carbonisation en forêts qu'en ce que le goudron et le brai qui se liquéfient à la partie inférieure du tas, peuvent s'écouler et se rassembler dans une cavité pratiquée à cet effet à la base du tas qui repose sur un bâti en maçonnerie qui offre une section représentée fig. 375.



a est le bâti en maçonnerie sur lequel on établit le tas de carbonisation; *b*, la gouttière voûtée qui conduit le goudron dans le réservoir *c*, recouvert par des dalles en pierre ou en fonte *d*; *e, e*, sont des dalles de même nature, assez espacées pour laisser passer le goudron, et qui servent à retenir les charbons.

Dans la plupart des cas, la difficulté et le prix élevé des transports doit faire et fait effectivement préférer aux divers procédés que nous venons de décrire, et qui

exigent des constructions fixes et assez coûteuses, les procédés de carbonisation sur place, sans constructions spéciales, dans lesquels on perd tous les produits de la distillation du bois, mais qui permettent de remplacer le transport du bois par celui du charbon qui en provient, et qui n'en pèse que les 15 à 25 centièmes.

Avant d'entrer dans la description des méthodes de carbonisation en forêts, nous croyons convenable de dire quelques mots sur l'achat des bois, leur abattage, et la préparation des places de carbonisation.

Les coupes de bois s'estiment sur pied, en prenant séparément et successivement chaque arbre, chaque portion de taillis, et estimant à vue d'œil combien ils peuvent produire de bois de charbonnette, de bois de construction, de fagots, etc., on se sert aussi à cet effet de tables indiquant les moyennes des résultats donnés par les diverses essences de bois suivant leur circonférence ou leur diamètre au pied. On doit aussi avoir égard aux difficultés de l'exploitation, aux débouchés réservés pour les charrois dans la coupe et hors de la coupe, à la nature du sol de celle-ci, à celle des essences de bois dominantes, à la quantité d'arbres réservés par l'administration et aux soins à prendre pour les conserver, à la proportion dans laquelle se trouve le gros bois par rapport au taillis, etc. C'est d'après ces estimations, et la concurrence des adjudications, que se vend la coupe de bois à l'hectare et sur place. Le prix de la corde de bois (2 stères) est moyennement en France de 6 à 7 fr.; il est plus élevé en Champagne, où il y a beaucoup d'usines à fer qui se font une concurrence redoutable.

La coupe achetée, on abat le bois à la hache, quelquefois à la scie; on le débite à la scie en bûches ou billes depuis 0^m,66 de long, pour la carbonisation en meules, jusqu'à 2^m,50 pour la carbonisation en tas allongés, et on l'empile par cordes de 2 stères. On paye aux coupeurs de 0^r,75 à 4 fr. par corde, et 0^r,20 à 0^r,30 aux empileurs. Tantôt on carbonise immédiatement le bois vert, tantôt on le laisse sécher à l'air pendant un certain temps, ce qui augmente l'intérêt du capital, mais ce qui est préférable sous le rapport de la quantité et de la qualité du produit obtenu.

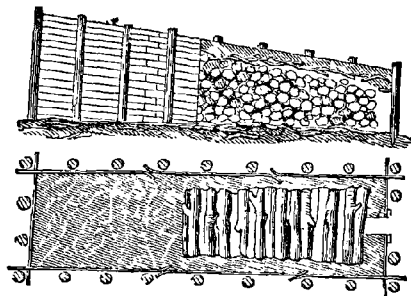
Le choix de la place de carbonisation est une opération très délicate. On recherche autant que possible un emplacement où le charroi des cordes soit facile, où le chargement des charbons soit commode, où on ait l'eau à proximité pour les différents besoins de la carbonisation, qui enfin soit surtout à l'abri des courants d'air, sans aucune humidité et dont le sol soit sec sans être ni trop compacte, ni trop léger. Il est assez rare de trouver toutes ces conditions réunies à la fois, et c'est à l'ouvrier habile à utiliser les ressources qui lui sont données. Si le sol de la place que l'on a choisie est formé de terres légères, la combustion est souvent imparfaite, parce que l'air pénètre par la base et vient gêner le charbonnier dans la conduite de son fourneau. Si, au contraire, le sol est argileux et trop serré, il est susceptible de se durcir par la chaleur, et le goudron et les parties liquides dégagées par la distillation du bois, qui gagnent la partie inférieure du tas, y restent faite d'issue pour s'échapper, éteignent le feu surtout si l'on carbonise des bois résineux, et dans tous les cas produisent une grande quantité de *fumerons*. Il est toujours possible de remédier à ces deux inconvénients, en composant un sol artificiel convenable avec des branchages recouverts de plusieurs couches de terre grasse ou de terre légère suivant les circonstances. La couche supérieure, qui forme la *faulde* ou l'*aire de carbonisation*, se compose ordinairement d'un mélange de terre et de *fraisil*, poussier de charbon mélangé de terres calcinées qui provient des débris du charbon résultant du transport et de la mise en balle.

La méthode de carbonisation en tas rectangulaires, ou ancienne méthode des forêts, est surtout employée

pour les bois résineux et dans les pays de montagnes, où il est difficile de trouver des abris convenables. Elle donne ordinairement un peu moins de charbon que la carbonisation en meules, mais l'opération est plus facile à conduire, et il est plus aisé d'abriter les tas qui n'ont d'évents que sur deux de leurs faces latérales, que les meules qui en ont sur tout leur pourtour.

Ces tas de forme rectangulaire, comme on le voit en plan fig. 377 et en coupe fig. 376, se placent ordinairement

376.



377.

sur une aire légèrement inclinée; leur largeur varie entre 2 et 3 mètres, et leur longueur est au maximum de 42 à 43 mètres. Des pieux sont enfoncés verticalement en terre, tout à l'entour de l'aire, à 0^m,50 environ de distance des brèches de bois. Des planches adossées contre ces pieux servent à maintenir la couverture de fraisil qui enveloppe latéralement les faces verticales du tas. L'élévation de ce dernier va en croissant depuis la partie antérieure, où elle n'est que de 0^m,60, jusqu'à l'extrémité postérieure où elle est de 5 mètres, quand le tas a sa longueur maximum de 42 à 43 mètres, de telle sorte que sa face supérieure soit un plan incliné à l'horizon de 15 à 20°, qui est également recouvert de fraisil, ou bien de terre et de gazon; on soutient le tas à sa partie postérieure, qu'on appelle la tête, par des étaçons en bois. Les bûches de bois sont ordinairement placées transversalement à la longueur du tas, les plus grosses à la partie inférieure; cependant on les dispose quelquefois dans le sens même de la longueur. Le bois étant placé de manière à laisser le moins de vides possible, on applique la couche de fraisil humide qui, battu fortement, forme la couverture, et on la soutient sur les côtés par des planches retenues par les deux rangées de pieux; on les arrose pendant l'opération pour les empêcher de s'enflammer.

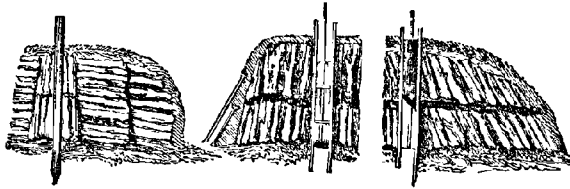
Le tas s'allume en plaçant des charbons enflammés avec un peu de petit bois à la partie antérieure, entre les bûches de la rangée inférieure. Aussitôt qu'on voit sortir la fumée à travers la couverture, on ferme le trou qui avait servi à allumer, et on perce dans la couverture, toujours vers le commencement du tas, trois ou quatre trous de 2 à 3 centimètres de diamètre qui servent à établir le tirage. On les laisse ouverts jusqu'à ce que la fumée noire et épaisse, qui se dégage d'abord, ait fait place à une fumée légère d'une teinte bleuâtre; on bouche alors ces trous, puis on en ouvre d'autres un peu plus loin, tant sur les côtés du tas que sur le dessus, et on continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait atteint la tête du tas.

On commence à retirer des charbons lorsque la carbonisation s'étend déjà à 2 ou 3 mètres de distance, et on a déjà défilé la moitié du tas lorsque la tête se trouve en pleine carbonisation. On a soin d'arroser la couverture, pendant l'opération, pour l'empêcher de trop s'échauffer, et on refroidit les charbons retirés avec de l'eau.

On obtient moyennement, par ce procédé, de 4 stères de bois de sapin : 0^m,778 de gros charbons et 0,027 de petits charbons,

en tout 0^m,795 de charbon pesant 84^k.

Dans le procédé de carbonisation en meules, qui constitue la *nouvelle méthode des forêts*, l'aire de carbonisation ou *faulde* étant choisie et préparée, comme nous l'avons indiqué plus haut, les dresseurs y placent le bois, soit debout en superposant deux ou trois couches (fig. 378 et 379), soit en dressant d'abord autour de l'axe central une petite meule en bois debout, autour de laquelle ils disposent les bûches par couches horizontales (fig. 380) en les plaçant suivant les rayons



380.

378.

379.

dirigés vers le centre. Il est essentiel de serrer le bois autant que possible, et de remplir les vides restés entre les bûches avec du petit bois; on a également soin de placer les bois durs au centre du fourneau, et les bois tendres en dehors, aussi bien qu'à la partie supérieure de la meule où la carbonisation ne dure que peu de temps et la chaleur est moins élevée. On recouvre ensuite la meule d'une couche de 0^m,08 à 0^m,10 de ramilles, feuillages, mousse ou autres menus végétaux des forêts, par-dessus laquelle on place une couverture de 0^m,05 à 0^m,06 formée de terre mélangée de sable et d'argile, assez grasse pour adhérer à la première, mais cependant pas assez forte pour se crevasser par l'action de la chaleur. On ménage dans le dressage de la meule et sur toute sa hauteur une cheminée centrale de 0^m,25 environ de diamètre qui sert à l'allumage, ainsi que sur tout son pourtour et à la base, des événements d'admission espacés d'environ 0^m,60, qui restent ouverts pendant toute la durée de la carbonisation.

Le dressage terminé, on procède à la mise en feu en jetant dans la cheminée du charbon enflammé et du menu bois. La cheminée reste ouverte pendant un certain temps, afin que tout le centre du tas puisse entrer en ignition. Cette combustion produit un vide que le charbonnier doit avoir grand soin de combler en faisant tomber le charbon déjà formé, au moyen d'une longue perche, et en remplissant constamment la cheminée avec du bois. Quand la combustion est suffisamment active à l'intérieur, on bouche la cheminée; puis, après quelque temps, on commence à percer dans la couverture, à partir du sommet, des événements qui donnent issue aux produits de la carbonisation. La couleur et l'abondance de la fumée qui se dégagent permettent de juger de l'avancement de l'opération dans cette partie de la meule. Quand cette fumée devient d'un bleu clair, presque transparente et fort peu abondante, l'ouvrier sait que la carbonisation est achevée dans cette zone, et il perce de nouveaux événements dans un plan horizontal à 0^m,20 ou 0^m,30 au-dessous du niveau des précédents qui se ferment spontanément. On continue ainsi jusqu'à ce que les événements de *dégagement* soient arrivés près des événements d'*admission* de l'air percés à la base de la meule. On ferme alors tous les orifices, puis on recouvre la meule d'une couche de terre humide que l'on arrose au besoin, et on laisse refroidir pendant vingt-quatre heures. Au bout de ce temps, on enlève la couverture et on retire les charbons que l'on

étend sur le sol en lits minces. L'habileté du charbonnier consiste à régler les événements de manière à obtenir un affaissement bien régulier de la meule. Il la garantit des coups de vents ou de forts courants d'air au moyen d'abris ou de paillassons convenablement disposés.

Le diamètre ordinaire des meules de carbonisation est à la base de 4 à 6 mètres; ces meules contiennent de 40 à 50 stères de bois. Cependant, dans certaines forêts, on carbonise le bois par meules de 12 à 14 mètres de diamètre, renfermant de 100 à 150 stères. Théoriquement, il est certain que des meules de 40 à 150 stères doivent donner un produit plus considérable en charbon que de petites meules de 40 à 50 stères; on doit éprouver aussi une diminution notable dans les frais de main d'œuvre; mais, d'un autre côté, la conduite de l'opération présente beaucoup plus de difficultés, et si le charbonnier n'apporte pas tous ses soins et la plus active surveillance à la carbonisation, ou s'il régné des vents violents, on obtient souvent une qualité de charbon inférieure, et même un rendement moins considérable qu'avec de petites meules.

La carbonisation d'une meule de 150 stères, y compris l'étouffage, dure moyennement douze jours pour les bois verts et tendres, et va jusqu'à seize ou dix-huit jours pour les bois verts et durs. La préparation de la faulde et le dressage des meules se paye à raison de 0^f,30 à 0^f,35 par corde de 2 stères de bois à carboniser. Le charbonnier est également payé à prix fait à tant par mètre cube de charbon obtenu.

Le charbon bien cuit se reconnaît à ce qu'il est dur, compacte, sonore, et à sa cassure brillante. Lorsqu'il est trop cuit, il est tendre, friable, nullement sonore, et absorbe facilement l'humidité. Enfin le charbon qui n'est pas assez cuit, ou *fumeron*, a une couleur terne, casse difficilement et brûle avec une flamme blanche en répandant de la fumée; il vaut mieux cependant l'obtenir ainsi que trop cuit.

Les belles recherches de M. Ebelmen, sur les phénomènes qui se passent dans les diverses méthodes de carbonisation par combustion incomplète, en partie déjà publiées dans les Annales des Mines, tome III (1843), en partie encore inédites et dont cet ingénieur distingué a eu la complaisance de nous communiquer les résultats, nous permettront de donner une théorie complète de cette opération, et par suite d'apprécier la valeur des nombreuses modifications proposées au procédé de la carbonisation en meules, dans le but d'obtenir, soit un plus fort rendement en charbon, soit un combustible moins torréfié analogue au *charbon roux*.

En comparant la composition des gaz qui se dégagent des événements pratiqués à la surface des meules de carbonisation, avec celle des gaz produits dans la carbonisation du bois en vase clos, M. Ebelmen a reconnu que :

1° L'oxygène de l'air, qui pénètre dans la meule par les événements d'admission, se change complètement en acide carbonique sans mélange d'oxyde de carbone.

2° L'oxygène de l'air se porte en entier sur le charbon déjà formé, et son action est nulle sur les produits de la distillation du bois, en sorte que celle-ci s'opère de la même manière qu'en vase clos.

Nous avons vu qu'on allumait la meule par le centre et que l'on conduisait l'opération du sommet à la base du cône. La carbonisation s'opère de haut en bas et du centre à la circonférence. L'expérience faite en démolissant une meule en partie carbonisée a montré que la surface de séparation entre le charbon formé et le bois non carbonisé est celle d'un tronc de cône renversé, ayant le même axe et la même hauteur que la

CARBONISATION.

meule, et dont l'angle va constamment en augmentant à mesure que la carbonisation avance. Pour concevoir que l'oxygène de l'air se change seulement en acide carbonique, il faut nécessairement admettre que l'air ne traverse pas une épaisseur un peu considérable de charbon incandescent, et qu'ainsi sa combustion s'opère constamment à la surface de séparation entre le charbon produit et le bois non carbonisé. Le refroidissement dû à l'absorption de chaleur latente, produite par la distillation du bois, s'oppose à ce que l'acide carbonique, premier produit de la combustion, puisse se changer en oxyde de carbone, car on sait que cette transformation a besoin, pour s'effectuer, d'une température élevée. Les produits de la distillation du bois renfermant une proportion considérable de gaz peu ou point combustible, dont le calorique spécifique est trop fort pour qu'ils puissent facilement s'enflammer, on conçoit aisément que, dans la carbonisation en meules, l'oxygène de l'air se porte sur le charbon déjà formé plutôt que sur les produits de la distillation.

Il est facile du reste de concevoir comment l'air doit constamment circuler entre le charbon déjà formé et le bois non carbonisé. Cette surface de séparation correspond évidemment au maximum de vide qui existe dans la meule. Le tassement qui s'opère pendant la carbonisation est dû à l'affaissement et à la rupture du charbon qui, une fois formé n'est plus assez résistant pour supporter le poids de la partie supérieure de la meule. D'un autre côté, le bois en se carbonisant éprouve une forte contraction. On conçoit donc qu'il y ait une grande solution de continuité entre le charbon et le bois incomplètement carbonisé, mais encore assez résistant pour ne pas se briser, et que le tirage s'établisse le long de cette séparation. Nous avons vu que les événements de dégagement cessent de donner du gaz, quand la carbonisation est achevée dans la partie de la meule qui leur correspond, sans que le charbonnier soit obligé de les boucher, ce qui prouve bien que le charbon une fois formé et ayant pris son tassement n'est plus que très faiblement perméable aux gaz.

Il est clair, d'après ce qui précède, que si dans la carbonisation du bois, l'on parvenait à produire la chaleur et l'acide carbonique au moyen de combustibles ayant peu de valeur, comme du menu bois ou du menu charbon, on réaliserait ainsi une économie importante. Le procédé de M. Marcus Bull qui consiste à remplir les vides laissés dans le dressage des meules par du menu charbon ou du fraïsil, est fondé sur le principe théorique que nous venons d'énoncer. Ce procédé du reste est employé avec succès depuis 1827, à l'usine d'Élend, dans la fabrication courante du charbon de bois et donne un rendement notablement plus considérable.

Tout ce que nous venons de dire de la méthode ordinaire de carbonisation en meules circulaires, s'applique également aux autres méthodes de carbonisation en tas ou l'on sacrifie une partie du combustible pour distiller l'autre. Il faut toujours que l'air destiné à la combustion entre constamment dans le tas, à la séparation entre le charbon formé et le bois carbonisé, pour éviter que son oxygène ne passe en partie à l'état d'oxyde de car-

CARBONISATION.

bone, ce qui produirait une perte sur le charbon obtenu; il est donc nécessaire d'empêcher qu'il ne reste des vides au centre de la meule. On a évité cet inconvénient par la méthode *Brune*, actuellement suivie, à peu de différences près, à l'usine d'Audincourt. Ce procédé consiste à supprimer le vide formé par la cheminée centrale, et à déterminer l'inflammation du cœur de la meule au moyen d'une plaque de tôle chauffée par dessous. On pratique au centre de la faulde un vide conique ou chaudière, qui a 4^m,33 de diamètre à sa base supérieure, 0^m,50 à sa partie inférieure et 0^m,50 de profondeur. Les parois en sont formées par des briques. Trois conduits en briques, de 0^m,42 de côté partent du fond de cette chaudière et viennent déboucher à l'air libre, en dehors de l'espace réservé pour la meule. La chaudière est remplie de menu bois et de fumerons, puis recouverte d'une plaque de tôle. On dresse la meule sur une base de 9^m de diamètre, avec du bois scié en bouts de 0^m,67 de largeur, et sur trois étages. Dans toute la partie qui correspond à la projection de la chaudière, on met sur le premier étage de bois une couche épaisse de terre et de fraïsil, puis on dispose la meule comme à l'ordinaire en ayant soin que les vides laissés entre les bûches soient aussi petits que possible, et que chaque bûche se trouve toujours dans un plan diamétral passant par l'axe de la meule. On met le feu au combustible contenu dans la chaudière. On découvre la partie supérieure de la meule et on ouvre les trous du pied. Le fraïsil placé sur le premier étage sert à élargir l'espace dans lequel la combustion commence, pour se répandre ensuite dans toute la masse du bois. Quand la meule est bien en feu, on ferme les trois ouvreaux communiquant avec la chaudière, on couvre la meule et on conduit l'opération comme à l'ordinaire en perçant les événements à partir du haut. L'opération dure quatre à cinq jours et s'exécute sur 28 à 35 stères de bois. On a reconnu qu'il y a avantage à opérer sur ce volume de bois, au lieu de 150 à 180 stères qui composaient les anciennes meules d'Audincourt, et dont la carbonisation durait douze à quinze jours. Le bois était alors scié en bouts de 4^m,33 de longueur.

Voici, d'après M. Ébelmen, les résultats obtenus à Audincourt dans la carbonisation faite par les trois procédés suivants, du 1^{er} juillet au 20 octobre 1844. Le bois peut être considéré comme composé de 3/4 d'essences dures et de 1/4 d'essences tendres.

1^o Ancienne méthode; meules de 150 à 180 stères. Bois scié en bouts de 4^m,33 de longueur;

2^o Même méthode; aire plane. Meules de 28 à 35 stères. Bois scié en bouts de 4^m,67 de longueur;

3^o Emploi de la chaudière en briques. Meules de 28 à 35 stères. Bois scié en bouts de 0^m,67 de longueur.

Il y a, comme on le voit, un avantage considérable à employer les modifications que nous venons d'indiquer dans le travail de la carbonisation; aussi depuis 1842, ne carbonise-t-on plus à Audincourt que par le procédé des places à chaudière, mais on a reconnu qu'on pouvait sans inconvénient porter à 50 ou 60 stères le volume du bois à carboniser dans une opération.

L'avantage des petites meules sur les grandes consiste

INDICATION des PROCÉDÉS.	NOMBRE de stères de chaque meule	NOMBRE de meules.	STÈRES de bois consommés.	PRODUIT en hectolitres.		STÈRES DE BOIS CONSOMMÉS, par 100 hectol. de charbon et de brais obtenus.	PRODUIT en charbon et brais, pour 100 de bois.
				Charbon.	Brais.		
1 ^o Ancienne méthode.	150 à 180	39	6,686 3/4	23,856	570	27,38	36,52
2 ^o Places simples. . .	28 à 35	20	669	2,555	90	23,29	39,55
3 ^o Places à chaudière.	28 à 35	41	4,303	5,508	490	22,86	43,73

surtout, comme nous l'avons déjà fait remarquer, toutes choses égales d'ailleurs, dans la plus grande facilité qu'à l'ouvrier de surveiller et de conduire son fourneau. L'emploi des places à chaudière au lieu des places simples, permet d'éviter le remplissage qui doit avoir lieu à plusieurs reprises par la cheminée de la meule, pendant la première partie de l'opération. Néanmoins, il est douteux que le procédé des places à chaudière puisse être suivi en forêt, où le lieu de la carbonisation se déplace continuellement, et où, par conséquent, l'établissement d'une chaudière en briques et des conduits souterrains qui y aboutissent serait un embarras pour le charbonnier. Il paraît en outre que, dans les terres très humides, comme celles où l'argile prédomine, il est difficile d'allumer convenablement la meule au moyen du feu qu'on fait dans la chaudière.

Du charbon roux ou bois torréfié. Depuis peu d'années on emploie avec assez de succès, sous le rapport de l'économie, en combustible et en argent, dans quelques hauts-fourneaux du département des Ardennes, au lieu de charbon de bois du bois torréfié. La torréfaction s'opérait d'abord dans des vases clos chauffés extérieurement par les flammes perdues du gueulard; tel était le principe du brevet de M. Houzeau-Maïron, expérimenté avec quelques succès au fourneau des Bièvres. Nous avons du reste constaté qu'en Bohême on desséchait et même on torréfiait légèrement le bois, dès 1815, dans des vases clos chauffés à flamme perdue, avant de l'employer dans les verreries du pays.

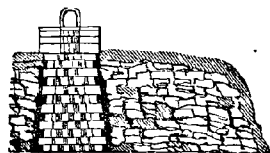
En raison de la manière dont la combustion s'opère dans l'intérieur des tas, on ne peut guère admettre, comme plusieurs personnes l'ont avancé, qu'on puisse jamais arriver à fabriquer du bois torréfié ou charbon roux, par un procédé analogue à celui de la carbonisation en meules.

Parmi tous les procédés inventés dans ces dernières années pour pratiquer dans les forêts la torréfaction du bois, celui qui donne les meilleurs résultats est le procédé de M. Échement, décrit par M. Sauvage (Annales des Mines, 3^{me} série, tome XVIII), et qui consiste à projeter au milieu de la masse du bois à torréfier les produits de la combustion de menu bois et de branchages, opérée dans un foyer en dehors de la meule au moyen d'un courant d'air forcé. M. Sauvage a calculé que la quantité d'air projeté par le ventilateur employé était cinq fois plus considérable que celle nécessaire pour la combustion du bois; les produits de cette combustion, renfermant un grand excès d'air, suivent un long canal sur lequel le bois est empilé en forme de voûte, et s'échappent ensuite de toute la surface de la meule, recouverte comme à l'ordinaire par une couche de terre et de fraïsil. On cherche ici à éviter l'inflammation du bois contenu dans la meule. Il faut pour cela que le courant de gaz et d'air non brûlé qui la traverse, n'ait pas une température trop élevée. C'est le résultat auquel on arrive en augmentant beaucoup la masse d'air par rapport aux produits de la combustion. Il est évident que plus leur température sera basse, plus leur masse sera considérable, et plus il y aura d'homogénéité dans la nature du combustible obtenu. Mais on conçoit qu'on ne pourra pas atteindre ce résultat d'une manière absolue, et que le bois placé près du conduit sera toujours à un état plus avancé d'altération que dans la partie supérieure et surtout à la base de la meule.

II. — CARBONISATION DE LA HOUILLE (*angl.* coking of pitcoal, *all.* verkokung der steinkohlen). Le coke étant beaucoup moins combustible que le charbon de bois, la carbonisation de la houille se fait beaucoup plus facilement et exige beaucoup moins de soins que la carbonisation du bois. Les méthodes employées à cet effet varient suivant que la houille est grasse ou sèche, en gros morceaux ou menue, et s'exécutent soit en plein air, soit dans des fours.

Les houilles sèches en morceaux sont ordinairement carbonisées en meules hémisphériques ou en tas prismatiques allongés. Ces deux procédés sont surtout suivis en Angleterre, et nous en emprunterons la description suivante à l'excellent ouvrage de MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont (Voyage métallurgique en Angleterre).

Méthode du Staffordshire. Le procédé le plus généralement suivi dans le Staffordshire consiste à élever, au milieu d'une aire, une petite cheminée en briques, un peu conique et ayant un grand nombre de jours. Les briques sont placées de champ; les jours sont plus grands au bas qu'à la partie supérieure. Cette cheminée (fig. 381) a environ 1^m,40 de hauteur, et est surmontée

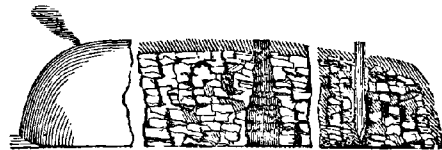


381

d'une petite cheminée en tôle ou en fonte de 0^m,30 de hauteur, munie d'un registre qui sert à régler le tirage. La houille est disposée en tas circulaires, à peu près semblables à nos meules de carbonisation pour

le bois, mais moins élevés; on place les plus gros morceaux autour de la cheminée, pour former la base du tas; ensuite on ne fait pour ainsi dire que jeter le charbon, de manière à former une meule un peu plus haute que la cheminée de brique. Pour empêcher que la combustion ne soit trop rapide, on recouvre le tout de menue houille ou de menu coke, à l'exception de la partie inférieure, sur une hauteur d'environ 0^m,30. On met le feu par la cheminée. A une certaine période de l'opération, on achève de couvrir le tas avec de la houille menue, et on y ménage des ouvertures, qu'on bouche et qu'on débouche à volonté, de manière à ralentir ou à accélérer l'opération. Lorsque la carbonisation est achevée, on éteint le coke avec de l'eau, qu'on verse en assez grande abondance par les trous pratiqués dans la partie supérieure des meules; cette addition d'eau désulfure en partie le coke, dans lequel le soufre paraît être en grande partie à l'état de sulfure de calcium, qui se décompose par le contact de l'eau en donnant lieu à un dégagement d'hydrogène sulfuré très sensible à l'odorat. Les dimensions des tas de carbonisation varient un peu, le plus souvent ils ont 4 à 5 mètres de diamètre, et contiennent à peu près 420⁰^m de houille. La carbonisation proprement dite dure environ 3 jours et le refroidissement 4 jours, en tout 7 jours. On obtient de 50 à 60 p. 400 en poids de coke.

Méthode du sud du pays de Galles. Dans le sud du pays de Galles, on carbonise la houille en tas rectangulaires (fig. 382) de 0^m,75 à 1^m,00 de hauteur, de 1^m,60 à 2 m.



382.

de largeur, et d'une très grande longueur qui atteint souvent 40 et 50 mètres. Les gros morceaux de houille sont placés au milieu du tas; on recouvre avec de la houille menue. Le feu est quelquefois allumé en divers points du tas; le plus souvent on le met seulement à une extrémité. A mesure que les tas deviennent complètement en feu, on achève de les couvrir avec du poussier et des cendres provenant des opérations précédentes, afin que le coke ne continue pas à brûler, par le contact de l'air; enfin on achève de l'éteindre avec de l'eau comme dans le Staffordshire.

On suit dans le Yorkshire un procédé analogue à celui du pays de Galles, et qui n'en diffère qu'en ce que l'on ménage de distance en distance, environ de 2 en 2 mètres, au milieu des tas, des cheminées verticales, bâties avec les gros morceaux de houille; c'est par ces cheminées que l'on met le feu dans toute la longueur du tas.

Méthode du bassin de la Loire. Cette méthode est surtout pratiquée par des ouvriers marchands de coke, qui se placent temporairement près des divers puits des mines dont les menus ne trouvent pas d'écoulement suffisant. Elle ne s'emploie que pour les houilles grasses et menues. On peut évaluer à 170,000^m la quantité de coke fabriqué annuellement par ce procédé dans le seul arrondissement de Saint-Etienne.

Les tas de carbonisation reçoivent une forme prismatique, à peu près comme celle des piles à boulets, si ce n'est qu'ils sont tronqués au sommet. Ils ont 45 à 20 mètres de long, et même davantage si les localités le permettent; 4 mètres de hauteur; 2^m,50 de largeur à la base inférieure, et 4^m,75 à la partie supérieure. Pour les construire, on commence par poser le sol le panneau en bois qui doit former une des extrémités du tas, en l'inclinant à 70° environ pour que la houille se maintienne d'elle-même lorsque l'on ôte l'entourage, et le fixant dans cette position au moyen de deux leviers en fer, que l'on enfonce en terre intérieurement. On place ensuite latéralement, en les reliant au précédent et entre eux par des crochets en fer, les panneaux qui doivent garnir les longs côtés du tas, en les soutenant de même, de distance en distance, par des leviers en fer. Lorsqu'on a construit ainsi des côtés de 3 à 4 mètres de longueur, on ferme le prisme par un panneau semblable au premier que l'on a posé; mais ce dernier panneau n'est que provisoire, on l'ôte dès que la première portion du prisme est remplie de houille, et l'on allonge de nouveau les côtés de 3 à 4 mètres.

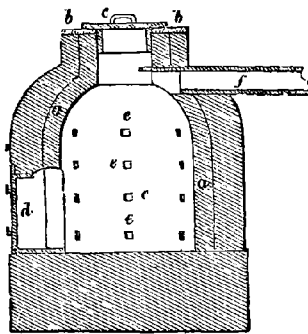
Pour pratiquer des canaux dans l'intérieur, on a percé dans les panneaux en planches trois rangs de trous, servant à introduire autant de pieux en bois légèrement coniques. Le troisième rang correspond au premier, et les trous du second rang sont placés au milieu des intervalles qui séparent ceux des autres rangs. Le panneau qui termine l'extrémité du tas est percé de quatre trous, dont deux dans la seconde rangée; le panneau provisoire placé à l'autre bout, n'en a qu'un pratiqué au milieu de sa base inférieure; c'est par là qu'on introduit un pieu légèrement conique, parallèle aux longs côtés du tas et qui doit avoir un peu plus de 3 ou 4 mètres; il est terminé, comme tous les autres, par un anneau en fer qui sert à le retirer. Ce premier pieu étant placé, on passe par les trous des panneaux latéraux d'autres pieux qui viennent s'y appliquer perpendiculairement et de chaque côté; on place aux points de réunion de ces pieux horizontaux d'autres pieux verticaux, que l'on assujettit convenablement, et on tasse fortement dans l'intérieur, jusqu'au niveau inférieur de la seconde rangée de trous, de la houille menue préalablement humectée avec de l'eau. On introduit alors par le second rang de trous une nouvelle série de piquets horizontaux, qui, d'après la position des trous, vont rejoindre obliquement les pieux verticaux, puis on continue le remplissage. La troisième rangée de piquets est directe comme la première. La cavité prismatique étant remplie de houille bien tassée, on désassemble le tout, après avoir retiré tous les piquets avec un levier en fer que l'on passe dans leurs anneaux. A mesure que l'on défait une des extrémités, on allonge l'autre d'autant, et l'on forme ainsi une seconde enceinte égale à la première. On continue de la même manière tant que la localité le permet.

La distance des centres des ouvreaux d'un même étage ainsi ménagés dans l'intérieur des tas, est de

0^m,33; ces ouvreaux ont 0^m,10 à 0^m,12 de diamètre, à l'exception des cheminées maîtresses placées à 4 mètres d'intervalle et ayant de 0^m,18 à 0^m,20 de diamètre, dans lesquelles on jette quelques morceaux de houille embrasée pour allumer le tas. On a soin de damer la houille seulement dans le voisinage des trous, afin de rendre le coke moins lourd.

La durée de l'opération dépend de la nature de la houille, et surtout de l'état de l'atmosphère. Le tas brûle d'abord à cheminées-maîtresses découvertes pendant un jour. Après qu'elles sont bouchées, la combustion continue par les ouvreaux horizontaux et par les cheminées ordinaires, terme moyen, pendant trois à quatre jours; alors on recouvre le tas de cendres et l'on étouffe au moins pendant trois jours, ou mieux pendant huit à dix jours si la fabrication n'est pas pressée; la carbonisation dure donc de sept à quinze jours. On n'arrose le coke pour le refroidir que lorsqu'on est très pressé de l'expédier. Les houilles grasses menues traitées par ce procédé, rendent de 45 à 50 p. 100 en poids de coke. Les frais de carbonisation se payent moyennement, tout compris, de 15 à 20 cent. par 100 kilogr. de coke obtenu. Ce coke est en très gros morceaux, en forme de chou-fleur, d'un gris d'acier métallique, et de très bonne qualité.

Carbonisation dans des fours. Dans quelques localités d'Allemagne, on carbonise la houille en morceaux dans des fours dont la fig. 382 représente la coupe. La che-



382.

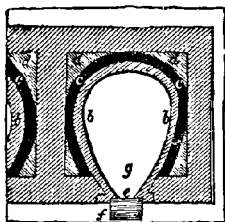
mine intérieure *aa* de ce four est construite en briques réfractaires; il est recouvert d'une petite cheminée terminée par une couronne en fonte *bb*, et que l'on ferme au moyen d'une plaque *c* également en fonte. La porte *d* fermée par une plaque en tôle sert à retirer le coke: on charge la houille partie par cette porte, partie par la cheminée. Quatre rangées d'ouvreaux *e, e*, pratiquées dans les parois du fourneau et distants les uns des autres de 0^m,40 à 0^m,50, servent à régler le tirage. Un tuyau en fonte *f*, conduit les produits de la distillation à un condenseur en bois ou en maçonnerie, dans lequel on recueille ainsi une certaine quantité de goudron. On a soin de mettre au commencement de chaque charge un lit de menu bois sur la sole du fourneau, afin de pouvoir déterminer facilement l'inflammation de la houille.

La carbonisation de la houille menue qui, comme nous le verrons à l'article HOUILLE, forme une proportion considérable du produit des houillères, et qui ne peut, la plupart du temps, trouver de débouché que lorsqu'elle a été préalablement convertie en coke, se fait presque toujours en fours.

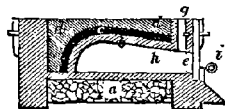
Ces fours, dont la forme est généralement circulaire ou légèrement elliptique, et à voûte très surbaissée, sont le plus souvent à une seule porte et accolés plusieurs ensemble. Les fig. 383 et 384 donnent le plan et l'élevation d'un fourneau de ce genre, employé à Zabrze (Haute-Silésie) pour la carbonisation de la houille menue. *a*, est un lit en pierres sèches et en sable qui supporte la sole en briques du fourneau; *b*, est la voûte en briques réfractaires, *c*, une couverture en argile damée; *d*, une seconde couverture en sable destinée à prévenir la

CARBONISATION.

déperdition de la chaleur ; e, porte servant à charger la houille dans le four, et à en retirer le coke que l'on fait tomber le long du plan incliné f; la fumée et la flamme s'échappent par la cheminée g, ou se rendent, par l'ouveau h, dans une cheminée latérale qui n'est pas figurée; i est un crochet en fer, placé devant la porte e, qui sert à l'ouvrier pour appuyer son ringard en fer. Le fourneau étant suffisamment échauffé par les opérations précédentes, on charge sur la sole la houille menue que l'on y étend sur une épaisseur de 0^m,45, et qui s'enflamme bientôt par suite de la chaleur qu'ont conservée les parois du four. Au bout de 6 heures la carbonisation est achevée; on retire le coke avec un rable et on l'éteint avec de l'eau. L'air nécessaire à la combustion arrive par les jours de la porte.



383.



384.

Les fig. 385, 386 et 387 donnent la coupe, le plan et l'élevation de deux des fours à coke établis à la station de Camden-Town, pour l'alimentation du chemin de fer de Londres à Birmingham. Ces fours sont au nombre de 18 et placés sur deux rangées; tous les produits volatils de la distillation de ces fours se rendent dans un seul et même canal horizontal, qui vient aboutir à une cheminée d'appel de 35 mètres de hauteur. La sole de chaque four est une ellipse presque circulaire, dont les axes sont de 3^m,65 et 3^m,35. Les murs ont environ 0^m,95 d'épaisseur. Les soles en briques réfractaires sont établies sur un massif en béton ff; a, a sont les portes de chargement qui ont extérieurement 4^m,07 et intérieurement 0^m,84 de largeur; elles sont fermées par des plaques de fonte k, k, de 4^m,66 de hauteur sur 4^m,22 de largeur, revêtues à l'intérieur d'une couche de briques réfractaires, et suspendues à des chaînes munies de contrepoids que l'on manœuvre au moyen des grues l, fixées sur la potence g; i, i, i, sont les armatures en fer qui relient le massif des fourneaux. Les fumées se rendent par les cheminées b, b, munies de registres qui permettent de régler le tirage dans les fours, dans les canaux e, e, et de là par le canal horizontal c, ayant 0^m,75 de hauteur sur 0^m,50 de largeur, dans la cheminée d'appel d, qui a 3^m,35 de diamètre intérieur et 35 mètres de hauteur. On a ménagé dans les cheminées b, b, de petites ouvertures pour laisser arriver une quantité d'air suffisante pour opérer la combustion complète des produits volatils de la distillation et détruire ainsi toute fumée. On charge chaque jour l'un des doubles fourneaux en introduisant sur la sole environ 3,600 kil. de houille; on jette ensuite au-dessus une petite botte de paille qui prend feu par la réverbération de la voûte du four, qui est encore au rouge sombre, par suite de la carbonisation précédente, et qui enflamme immédiatement à son tour, dès le commencement de la distillation, les produits gazeux qui se dégagent en abondance par la réaction de la chaleur de la sole et des parois sur la houille chargée dans le four. On maintient pendant ce temps ouverts, les ouvreaux des cheminées b, b, et les portes k, k, afin de fournir une quantité d'air plus que suffisante à la combustion. La carbonisation marche très lentement et très régulièrement en allant de haut en bas. Au bout de 40 heures la carbonisation est terminée; on laisse un peu refroidir le coke en fermant les registres et ouvrant les portes de chargement que l'on avait fermées pendant la dernière partie de l'opération. On

CARBONISATION.

brise ensuite la masse avec un ringard en fer, on retire le coke avec des pelles armées d'un long manche en fer passé dans un anneau suspendu à une chaîne qui en facilite la manœuvre; on le jette sur le sol et on l'éteint avec de l'eau. Voy. COKE.

En France, la plupart des fours sont à une seule porte. La sole est circulaire ou légèrement elliptique, faiblement inclinée vers la porte, et a environ 2^m,50 de diamètre; la hauteur de la voûte est à la clef de 4 mètres; elle est percée d'une cheminée de 0^m,30 de diamètre qui sert à donner issue aux produits de la distillation; c'est par ces cheminées qu'on enfourne la houille; à cet effet on adosse les fours à une terrasse de plein pied avec les voûtes des fours sur laquelle on décharge les tombereaux de houille. L'air nécessaire à la combustion arrive à l'extrémité et aux deux côtés de la sole par des événements qui communiquent avec une petite galerie qui débouche sur les deux côtés du four, et est ménagée derrière la maçonnerie réfractaire. Pour nettoyer ces événements, on jette un peu d'eau dans le four en bouchant la cheminée et la porte, la vapeur qui se dégage chasse alors les cendres qui obstruaient les événements et la galerie d'arrivée de l'air. Les portes des fours se font en briques réfractaires, maintenues par un châssis en fer. La voûte et la cheminée doivent toujours être construites en briques réfractaires; on peut à la rigueur employer de bonnes briques ordinaires pour les pieds droits qui soutiennent la voûte, et la sole. La construction d'un pareil four peut moyennement être évaluée en France à 400 francs.

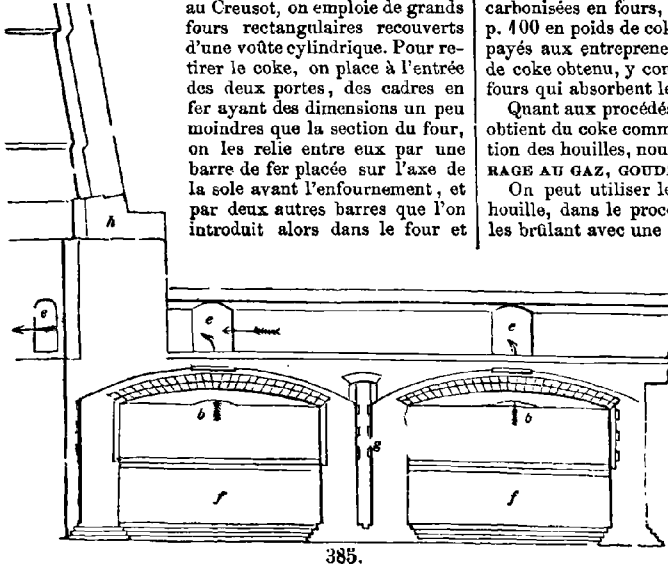
Au commencement d'une campagne on allume un feu de grosse houille dans le four, et l'on compte à peu près pour rien le coke qui en provient. Une seconde opération faite de la même manière est encore imparfaite; mais les suivantes faites avec du menu sont bonnes, le four étant alors suffisamment échauffé. Si l'on voulait commencer en ne brûlant presque que du menu, il faudrait 5 à 6 opérations avant d'avoir de bon coke. A mesure que l'opération avance, on diminue de plus en plus les entrées de l'air, et l'on juge que la carbonisation est achevée lorsque la fumée ayant disparu, la flamme se raccourcit et devient claire, puis légèrement bleuâtre; on peut alors défourner immédiatement si la fabrication est pressée, sinon on laisse auparavant étouffer le coke pendant quelques heures, en fermant complètement toutes les ouvertures, y compris la cheminée; toutefois cet étouffement ne doit pas être trop prolongé, pour que la chaleur de la sole puisse embraser la houille de l'opération suivante. Ordinairement cet étouffement dure 12 heures sans que le fourneau se refroidisse trop. Quand on n'étouffe pas, on est souvent obligé avec des houilles très chaudes, comme le sont la plupart de celles du bassin de la Loire, de laisser refroidir la sole pendant plus d'une heure avant de charger, pour ne pas surprendre la houille trop brusquement. Avec diverses houilles froides du midi de la France, au contraire, on est obligé de réchauffer la sole avec du bois ou avec du gros charbon, avant de recharger le four. Il va sans dire du reste que l'on doit toujours éteindre le coke, après le défournement, en l'arrosant d'eau.

La durée de l'opération, dans le plus grand nombre de cas, n'est que de 24 heures, et alors on défourne sans étouffer; on charge alors dans chaque four de 42 à 4,500 kil. de houille menue, qui forment sur la sole une épaisseur de 0^m,46 à 0^m,20. Mais il est reconnu que l'on obtient un coke plus également carbonisé et de meilleure qualité en prolongeant davantage l'opération; dans ce cas on la fait durer à peu près 48 heures, y compris l'étouffage qui est d'environ 12 heures, et l'on charge en moyenne, à la fois, 2,000 kil. de houille qui forment sur la sole une couche de 0^m,24 à 0^m,30 d'épaisseur. Une durée plus longue présente peu d'avantages, à moins que le coke ne soit destiné à la fabrication de l'acier, par

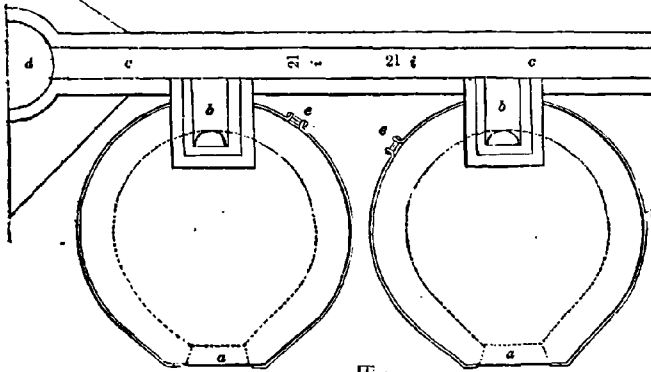
CARBONISATION.

exemple, et ne convient d'ailleurs qu'aux houilles très chaudes. Deux ouvriers et un aide peuvent surveiller huit fours à une porte.

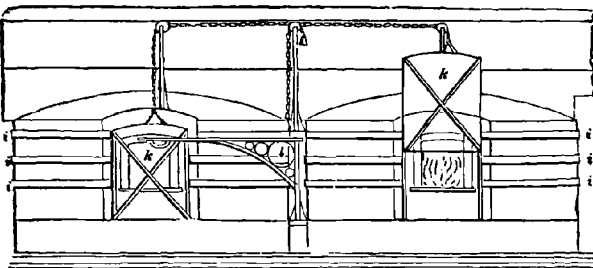
Dans quelques localités, comme au Creusot, on emploie de grands fours rectangulaires recouverts d'une voûte cylindrique. Pour retirer le coke, on place à l'entrée des deux portes, des cadres en fer ayant des dimensions un peu moindres que la section du four, on les relie entre eux par une barre de fer placée sur l'axe de la sole avant l'enfournement, et par deux autres barres que l'on introduit alors dans le four et



385.



386.



387.

qu'on y assujettit à l'aide de clavettes; toutes ces barres sont réunies par des chaînes, à un câble manœuvré par un manège; la sole étant légèrement inclinée, on défourne tout le coke à la fois. Ce procédé donne une

CARBONISATION.

économie d'environ un tiers sur la main-d'œuvre, lorsqu'on a un assez grand nombre de fours pour occuper un cheval.

Les houilles grasses menues du bassin de la Loire, carbonisées en fours, donnent moyennement 60 à 62 p. 100 en poids de coke. Les frais de main-d'œuvre sont payés aux entrepreneurs, terme moyen, 0^r,15 par 100^k de coke obtenu, y compris l'entretien des outils et des fours qui absorbent le tiers de cette somme.

Quant aux procédés suivis dans les industries où l'on obtient du coke comme produit accessoire de la distillation des houilles, nous en parlerons aux articles ÉCLAIRAGE AU GAZ, GOUDRON et NOIR DE FUMÉE.

On peut utiliser les produits de la distillation de la houille, dans le procédé de carbonisation en fours, en les brûlant avec une quantité d'air froid convenable et employant la chaleur développée par cette combustion soit à la cuisson de la chaux, soit à tout autre usage.

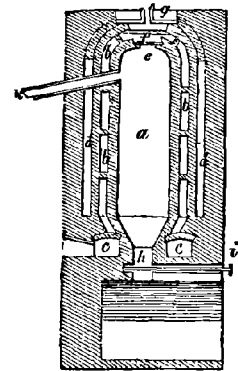
III. CARBONISATION DE LA

TOURBE. — La tourbe se carbonise de plusieurs manières :

nous l'avons vu carboniser dans l'Erzgebirge en meules, de la même manière que le bois ; on obtient ainsi un charbon solide compact et très lourd, qui remplace à poids égal le charbon de bois dans quelques hauts-fourneaux du pays. Il faut remarquer à cet égard que ce charbon ne nous a donné que 2 à 4 p. 100 de cendres, ce qui prouve que la tourbe dont il provient est une des plus pures qui existent.

On carbonise souvent la tourbe dans un fourneau de même forme que celui que nous avons décrit, p. 610, fig. 382, au sujet de la carbonisation de la houille.

Enfin on carbonise aussi la houille en vase clos. La fig. 388



388.

représente la coupe d'un appareil de ce genre, employé à Crouy-sur-l'Oucre, près de Meaux. La carbonisation s'opère dans le cylindre a, chauffé extérieurement par la flamme des foyers c, c, qui circule dans un carneau spiral b b. Pour conserver la chaleur dans ce carneau, il est entouré d'un espace annulaire d rempli

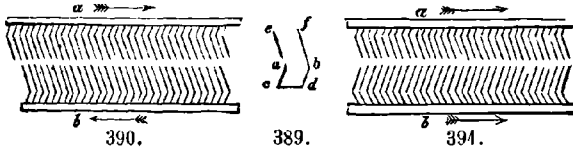
d'air stagnant. On introduit la tourbe dans le cylindre *a*, par l'ouverture *e*, que l'on ferme ensuite par une plaque en fonte *f*, que l'on recouvre de cendres. Le carneau *bb* débouche au-dessus, et les gaz brûlés s'échappent par une ouverture pratiquée dans le couvercle mobile en fonte *g*. Les gaz provenant de la distillation de la tourbe s'échappent par le tuyau *k* et se rendent dans un réservoir où les produits liquides se condensent, puis les gaz non condensés sont ramenés sur les foyers *c, c*, qu'ils servent à alimenter en partie. Lorsque la carbonisation est achevée, on fait tomber la tourbe par l'ouverture *h*, en tirant le registre *i*, dans un étouffoir placé au-dessous. On carbonise à la fois 2^m 1/2 de tourbe, et chaque opération dure 24 heures; on obtient de 35 à 40 p. 100 en poids de charbon de tourbe, non compris la dépense en tourbe de qualité inférieure que l'on brûle sur la chauffe, et qui est d'environ 35 p. 100.

C'est dans un appareil de carbonisation analogue que l'on fabrique le charbon roux employé dans la fabrication de la poudre.

P. DEBETTE.

CARDES (*angl.* cards, *all.* kratzen). Le cardage est une opération qui a pour but de disposer parallèlement les fibres de la laine, du coton, etc., pour les rendre propres à la filature. La finesse et l'uniformité des fils, et par suite la beauté des tissus qu'ils servent à fabriquer, dépendent autant de la perfection du cardage des matières premières que du soin apporté dans les opérations subséquentes. Comme le cardage s'exécute généralement aujourd'hui d'une manière tout à fait automatique au moyen de machines, sa réussite ne dépend pour ainsi dire que de la perfection et de l'agencement du mécanisme de celles-ci. Nous décrirons aux articles *Filatures du COTON et de la LAINE*, les machines à carder employées dans ces deux industries; il nous reste à parler ici de la fabrication même des cardes sans entrer dans le détail des mécanismes qui servent à les mettre à l'œuvre.

La cardes se compose d'une bande de cuir tanné recouvert sur toute sa surface de dents bien régulièrement espacées, qui se font deux par deux d'un même morceau de fil de fer, et qui ont la forme indiquée en perspective fig. 389; la fig. 390 représente deux cardes agissant en sens contraire, comme l'indiquent les flèches, et la fig. 394 montre deux cardes agissant



dans le même sens. Toutes les dents doivent être parfaitement égales en longueur, et courbées sous le même angle et à la même hauteur. Le fil de fer qui sert à les fabriquer doit être très dur et élastique, mais non cassant. Le cuir sur lequel on *boute* les dents a environ 2 millimètres d'épaisseur, et doit présenter dans toute son étendue une épaisseur parfaitement égale, sans quoi les dents taillées exactement de la même longueur sailliraient inégalement; on consolide ces dernières en les faisant entrer en dessous par des trous convenablement espacés, percés obliquement dans le cuir. On commence depuis quelque temps, en Angleterre, à remplacer le cuir par un fort tissu de coton enduit sur ses deux faces de caoutchouc, qui offre cet avantage: que les trous qui laissent passer les dents ne s'élargissent que très lentement par l'usage, par suite de l'élasticité du caoutchouc, tandis que cela arrive beaucoup plus promptement avec le cuir, ce qui détermine une inclinaison inégale des dents.

On emploie des cardes d'un degré de finesse très variable, suivant leur destination. Les plus fines renfer-

ment jusqu'à 140 dents simples ou 70 dents doubles au centimètre carré; les plus grosses, pour le coton et la laine, environ 60 dents simples ou 30 dents doubles.

La fabrication des cardes comprend: 1° l'apprêt du cuir; 2° le percement des trous; 3° la confection des dents; et 4° l'opération de les fixer dans le cuir ou de les *bouter*. Les trois premières opérations se font à la machine, la dernière se fait à la main.

Apprêt du cuir. Les cardes se font, soit sous la forme de *feuilles* (*angl.* card-sheets, *all.* blattern) qui ont de 0^m,50 à 0^m,65 de long sur 0^m,40 à 0^m,45 de large, soit sous la forme de *rubans de cardes* (fillet-cards, bandkratzen) qui, sur une largeur de 0^m,05, offrent souvent une longueur de 20 à 30 mètres. On taille les feuilles d'une seule pièce dans une peau de bœuf; on forme les rubans de cardes, de lanières taillées en biseau à leurs extrémités, puis collées bout à bout. Dans l'un et l'autre cas, il est très important de donner partout au cuir une épaisseur uniforme, en enlevant une couche mince qui le recouvre du côté de la chair. Dans la célèbre fabrique de cardes de *Scrive* à Lille, le cuir est tendu et mis en mouvement par un rouleau sur lequel il s'enroule, et forcé de passer entre une table horizontale, sur laquelle il glisse, et un couteau ratisseur placé au-dessus dans une position exactement verticale. Dans la taille et le ratisage des peaux, on produit environ 50 p. 100 de rognures.

Percement des trous. Cette opération se fait à l'aide d'une machine qui communique, à la feuille ou au ruban de cardes, un mouvement intermittent régulier, et y pratique à chaque fois, sur toute la largeur, un ou plusieurs rangs de trous parallèles entre eux et convenablement inclinés, au moyen d'une espèce de peigne à dents d'acier.

Confection des dents. La plupart des machines employées à cet usage sont disposées de manière à fabriquer deux dents à la fois. De petits rouleaux de pression en acier dévident d'une manière intermittente le fil de fer enroulé sur un dévidoir, de manière à s'arrêter chaque fois qu'ils ont dévidé une longueur égale à celle du développement d'une dent double. Pendant ce moment d'arrêt, une cisaille coupe le fil de longueur; il est alors saisi par un mécanisme qui forme les deux courbures à angle droit de la base, puis par un second mécanisme qui courbe l'extrémité supérieure des dents sous un angle déterminé, et les laisse ensuite tomber dans une caisse placée au-dessous. On fabrique ainsi de 180 à 200 dents doubles par minute.

Placement des dents. L'opération de *bouter* les dents se fait à la main par des enfants, qui acquièrent bientôt une telle habitude de ce genre de travail, qu'ils parviennent à *bouter* par heure jusqu'à 1,000 dents doubles.

On emploie aujourd'hui généralement une machine très ingénieuse qui exécute successivement d'une manière tout à fait automatique les trois dernières opérations ci-dessus, mais son ensemble est tellement compliqué que nous ne pouvons qu'en dire ici quelques mots. Le cuir préalablement taillé en bandes de largeur et de longueur convenables, puis ratisé, est enroulé sur un cylindre horizontal, et tendu verticalement par des cylindres de pression qui reçoivent un mouvement de rotation intermittent, par le moyen d'une roue à rochet et d'un excentrique monté sur l'arbre moteur, qui est animé d'un mouvement de rotation continu; les trous sont percés par les dents d'un peigne qui reçoit un mouvement de va-et-vient par un levier et un excentrique monté sur l'arbre moteur. On forme ainsi successivement les rangées de trous destinés à recevoir les dents.

Le fil de fer destiné à fabriquer les dents est enroulé sur un dévidoir placé sur un des côtés de la machine;

une pince, qui reçoit un mouvement de va-et vient continu par le moyen d'un levier et d'un excentrique, s'avance pour saisir ce fil, et lorsqu'elle s'est reculée d'une longueur égale au développement d'une dent double, une cisaille le coupe, et un premier mécanisme le courbe à angle droit à la base sur un mandrin d'acier rectangulaire; un second mécanisme le saisit, et le passe par derrière dans les trous déjà pratiqués dans le cuir; un troisième mécanisme saisit l'extrémité antérieure des dents et leur donne la courbure convenable; enfin un dernier mécanisme achève de bouter les dents contre le cuir, en venant les pousser par derrière. Toutes ces opérations se répètent pour chaque double dent, et se succèdent avec une telle rapidité, que la machine confectionne et bote 460 doubles dents par minute. Il y a dans la fabrique de M. Dyer, à Manchester, 60 machines pareilles mues par une seule machine à vapeur, surveillées par quelques jeunes filles, et qui emploient journellement de 80 à 400,000 mètres de fil de fer.

CARMIN (*angl.* carmine, *all.* karmin). D'après MM. Pelletier et Caventou, le carmin est un composé de la matière colorante de la cochenille, d'une matière animale qui y est également renfermée, et des éléments du sel qu'on y ajoute pour en déterminer la précipitation. Les principes sur lesquels repose la préparation du carmin sont aussi peu connus que sa composition, tant parce que l'emploi de cette couleur très chère est assez restreint et que sa fabrication est restée entre les mains d'un petit nombre de personnes, que parce que le prix élevé de la matière première a empêché la plupart des chimistes d'entreprendre une étude complète à cet égard. On connaît plusieurs recettes pour préparer le carmin, mais aucune d'elles ne suffit pour rendre certaine la réussite de ce travail délicat. Dans la préparation du carmin, comme du reste dans celle de presque toutes les couleurs, le succès dépend beaucoup de certains détails qu'on ne peut acquérir que par une longue expérience, comme par exemple de l'appréciation du moment exact où il faut arrêter l'ébullition de la décoction de cochenille, et pour lesquelles on ne peut donner aucune règle.

On trouve chez les marchands de couleurs trois sortes de carmin qui ont une valeur très différente. Les qualités inférieures sont souvent falsifiées par du vermillon (mercure sulfuré), ou de la laque carminée, combinaison de la matière colorante avec de l'alumine que l'on ajoute dans la précipitation; dans le premier cas la nuance n'a pas le même éclat; dans le second, elle est plus pâle; ces falsifications sont d'ailleurs faciles à reconnaître, en faisant digérer la matière à essayer avec de l'ammoniaque caustique; le carmin se dissout complètement, et l'on peut déterminer la proportion de vermillon ou de laque carminée en desséchant et pesant le résidu.

Carmin ordinaire. On prend :

Cochenille en poudre. . .	400	grammes
Carbonate de potasse. . .	30	—
Alun pulvérisé.	60	—
Colle de poisson.	30	—

On fait bouillir la cochenille avec le carbonate de potasse dans une chaudière en cuivre contenant 20 litres d'eau, et au cas que l'ébullition soit trop vive, on la tempère en ajoutant un peu d'eau froide. Après quelques minutes de l'ébullition on enlève la chaudière et on la place sur une table, en l'inclinant de manière à pouvoir transvaser commodément la liqueur.

On y jette l'alun pulvérisé, et on remue le tout avec précaution; la liqueur, auparavant d'un rouge cerise foncé, change aussitôt de couleur et devient d'un rouge vif de carmin. Au bout d'un quart d'heure, la cochenille s'est complètement déposée au fond, et la liqueur est

tout aussi claire que si elle avait été filtrée; on la décante alors dans une autre chaudière de même capacité, que l'on met ensuite sur le feu après y avoir ajouté de la colle de poisson préalablement dissoute dans beaucoup d'eau et passée au tamis de crin. Au moment de l'ébullition, le carmin monte à la surface sous la forme d'un coagulum, tout à fait comme dans les clarifications des liquides par le blanc d'œuf. On retire aussitôt la chaudière, on en agite le contenu avec une spatule, puis on l'abandonne à lui-même; au bout de quinze à vingt minutes le carmin s'est déposé, on décante, on fait égoutter le carmin sur un filtre en toile fine et serrée, on le lave à l'eau et on le dessèche. Si l'opération a été bien conduite, le carmin sec obtenu s'écrase facilement sous les doigts. La liqueur dont le carmin s'est précipité, est encore très fortement colorée en rouge, et peut être avantageusement employée à la préparation des laques carminées (voyez LAQUES).

D'après une ancienne recette, on prépare le carmin au moyen de l'alun seul. On fait bouillir de l'eau, on y mêle, pendant qu'elle bout la cochenille pulvérisée, on agite le tout ensemble, et on laisse bouillir pendant six minutes; on ajoute alors de l'alun concassé, on laisse bouillir encore pendant trois minutes; on retire la chaudière du feu, on filtre la décoction, et on la laisse reposer pendant trois jours dans un vase plat de porcelaine ou de faïence; le carmin se dépose sous la forme d'un sédiment rouge, on décante, on lave le sédiment et on le fait sécher à l'ombre. La liqueur décantée est encore fortement colorée en rouge, et donne par un repos subséquent une nouvelle quantité de carmin d'une qualité inférieure qu'il est préférable de précipiter par l'addition d'un peu de perchlorure d'étain. On emploie par ce procédé 580 parties d'eau de source, 46 p. de cochenille et 4 p. d'alun; on obtient 4 1/2 à 2 p. de carmin.

Carmin obtenu par le tartre. On fait bouillir 542 parties d'eau, on y ajoute 32 p. de cochenille pulvérisée, et après une courte ébullition 2 p. de crème de tartre; huit minutes après on ajoute encore 3 p. d'alun pulvérisé, on laisse bouillir quelques minutes, on retire du feu, on filtre, et on laisse comme ci-dessus déposer le carmin dans des vases plats en porcelaine ou en verre.

Carmin de MM. Alyon et Langlois. On fait bouillir 4 à 5 litres d'eau de source, on y ajoute 64 grammes de cochenille pulvérisée, puis une dissolution de 3 grammes de carbonate de soude dans 32 grammes d'eau, on continue l'ébullition pendant une demi-heure, on retire la chaudière du feu et on la laisse refroidir en la plaçant dans une position inclinée. On ajoute alors 3 grammes d'alun pulvérisé, et on agite vivement pendant vingt minutes environ pour en déterminer la dissolution; puis on transvase avec précaution la liqueur, qui doit posséder une belle couleur rouge écarlate, on y ajoute la moitié d'un blanc d'œuf délayé dans 32 grammes d'eau, et on bat le tout ensemble. On remet alors la liqueur sur le feu et on la chauffe jusqu'à ce que le carmin se coagule avec le blanc d'œuf; on la retire ensuite, et on laisse déposer le carmin pendant vingt à trente minutes. On décante la liqueur surnageante, on fait égoutter le carmin sur un filtre en toile jusqu'à ce qu'il ait atteint la consistance d'un fromage à la crème mou, on l'enlève alors avec une spatule en argent ou en ivoire, on l'étend sur une planche en bois bien unie et bien propre, on le recouvre d'une feuille de papier, et on le fait sécher à l'air libre ou dans une étuve. On retire, par ce procédé, de 32 parties de cochenille, 3 parties de carmin.

Carmin superfin de madame Cenetie à Amsterdam. On fait bouillir six seaux d'eau de source, on y ajoute 4 kil. de cochenille de première qualité, pulvérisée; après deux heures d'ébullition, on y met 0,095 de nitre raffiné, et quelques minutes après 0,425 de sel d'oseille (bi-oxalate de potasse). On laisse encore bouillir pendant dix minutes, puis on retire la chaudière du

feu, et on laisse reposer pendant quatre heures. La cochenille épuisée se dépose au fond et on transvase; à l'aide d'un syphon, la liqueur claire qui surnage, dans des vases plats en porcelaine, où on la laisse déposer pendant trois semaines. Au bout de ce temps, il s'est formé à la surface une pellicule de moisissure, que l'on enlève avec un balaie à l'extrémité de laquelle on attache une petite éponge; on fait ensuite écouler l'eau par un petit syphon, qu'on peut faire plonger jusqu'à la surface du carmin, parce que ce dernier forme un dépôt assez compacte. Ce carmin desséché à l'ombre est d'une beauté remarquable, et son éclat est si vif qu'il fatigue la vue.

Carmin chinois. On fait bouillir un seau d'eau de source avec 625 grammes de cochenille pulvérisée et 3 ou 4 grammes d'alun; après sept minutes d'ébullition on retire la chaudière du feu, on filtre, et on laisse reposer pendant quelque temps. On prépare, d'un autre côté, une eau régale avec 320 gr. de sel marin et 500 gr. d'eau-forte, dans laquelle on dissout par petites portions successives 420 gr. d'étain en larmes de Malaca; puis on verse cette dissolution goutte à goutte dans la décoction de cochenille, qu'on a réchauffée jusqu'à l'ébullition; le carmin ne tarde pas à se précipiter. On le décante et on le fait sécher à l'ombre, comme nous l'avons dit.

On peut améliorer le carmin ordinaire en le faisant digérer à une douce température avec de l'ammoniaque caustique, filtrant pour séparer la matière étrangère, puis précipitant le carmin, en ajoutant de l'alcool et sursaturant la liqueur par de l'acide acétique, lavant le précipité de carmin avec de l'alcool étendu d'eau, et le desséchant à l'ombre.

Le carmin est la plus belle des couleurs rouges; il est très employé, à cause de son éclat et de sa vivacité, dans la peinture en miniature, ainsi que dans la fabrication des fleurs artificielles; les confiseurs et les pharmaciens s'en servent pour colorer diverses préparations. Tantôt on le mélange simplement avec les substances à colorer, tantôt on l'emploie à l'état de teinture en le dissolvant dans l'ammoniaque caustique en excès; on laisse ensuite dissiper l'excès d'alcali, par l'évaporation spontanée, et la dissolution est propre à être employée lorsqu'elle est devenue inodore.

Pour ce qui regarde le principe colorant du carmin, voyez COCHENILLE.

CARRIÈRES. Voyez MINES.

CARTES À JOUER (*angl.* playing cards, *all.* spielkarten). Le carton employé pour la fabrication des cartes est formé de trois sortes de papiers superposés; le premier, dit papier *cartier*, recouvre le derrière de la carte; il doit être d'une couleur bien uniforme dans toutes ses parties (il est ordinairement blanc), sa pâte doit être bien égale, et ne présenter aucune tache ou autre signe qui puisse faire distinguer les cartes entre elles. Le papier intermédiaire, dit papier *main-brune*, est un papier gris bien uni et d'une teinte bien uniforme, que l'on met en double et qui sert tant à détruire la transparence du carton qu'à lui donner une certaine roideur, par suite de la propriété qu'il possède de prendre beaucoup de colle. Enfin le papier blanc, dit *papier de face*, destiné à recevoir les figures et enluminures, est un papier blanc à filigranes, que la *régie* fournit afin d'avoir une garantie contre la fraude, attendu que les cartes payent des droits considérables. Ces trois sortes de papier sont livrées en feuilles ouvertes de 0^m,405 de long sur 0^m,314 de large, qui forment chacune la grandeur de 24 cartes. L'impression du trait des figures se fait ordinairement avec des planches en bois; chaque fabricant a les siennes déposées dans les bureaux de la régie, où il va tirer les épreuves avec de l'encre noire ou bleue, en présence d'un préposé, sur le papier qui lui est délivré par la régie.

Vient ensuite le collage des feuilles qui doivent composer les cartes: l'ouvrier étend d'abord une feuille de papier blanc, sur une planche assez épaisse et bien dressée, dite *ais à coller*. Il prend ensuite une feuille de papier de face, l'étend sur la planche et la recouvre avec une grosse brosse, qui porte une poignée sur le dos, de colle très claire faite avec un mélange de farine, d'amidon et d'eau; il applique par dessus une feuille de papier gris, l'encolle, pose dessus une nouvelle feuille de papier gris, l'encolle encore, puis deux feuilles de papier cartier qu'il pose simplement dessus. Par ce moyen, la première de ces feuilles se colle entièrement, l'autre ne se colle que par les bords, reste ainsi pendant tout le cours de la fabrication, et ne se détache que lorsqu'on rogne les bords; elle sert à garantir la feuille collée des maculatures qui pourraient la salir soit sous la presse, soit pendant tout le cours de la fabrication. On continue ainsi, et lorsqu'on a collé un nombre suffisant de cartons, on les met en presse entre deux ais. On presse peu à peu afin de donner à la colle le temps de bien s'imbiber, et lorsque la pression est à son plus haut degré, on laisse un peu le carton se tasser; on desserre la vis, et l'on enlève ou l'on *torche* avec un pinceau doux trempé dans l'eau claire, la colle excédante que la pression a fait refluer sur les bords. On sépare ensuite les cartons avec un couteau, on les livre aux éplucheuses qui enlèvent les ordures et les aspérités qu'on peut y rencontrer, puis on les porte au séchoir ordinairement à air libre. Quand les cartons sont secs ils sont prêts à être *habillés*, c'est-à-dire enluminés.

On emploie dans l'enluminure cinq couleurs en détrempe, qui sont: le *noir*, noir de fumée délayé dans de la colle claire d'amidon ou de gélatine; le *bleu*, indigo délayé dans de la colle de gélatine; le *gris*, c'est la même couleur que le bleu, mais très peu teintée et étendue d'eau gommée; le *jaune*, décoction de graine d'Avignon avec 1/8^e d'alun, ou de gomme gutte; le *rouge*, mine orange (voyez PLOMB), ou vermillon très gommé. On applique successivement ces couleurs dans l'ordre suivant, rouge, jaune, noir, bleu et gris, à l'aide de brosses dures et de patrons taillés à jour; il faut une brosse et un patron pour chaque couleur; ces patrons sont taillés pour une feuille entière et découpés, à l'aide d'un outil bien tranchant, dit *pointe à patron*, suivant les contours de la couleur qu'ils servent à appliquer, dans une feuille de papier recouverte sur chaque côté de plusieurs couches de peinture à l'huile; les patrons des points se font à l'emporte-pièce. Il faut avoir bien soin en posant les couleurs de ne pas les doubler, ainsi que de ne pas laisser entre elles des espaces blancs ou *fenêtres*; il faut mettre le noir peu épais car il est sujet à couler sous la lisse, même lorsqu'il est sec.

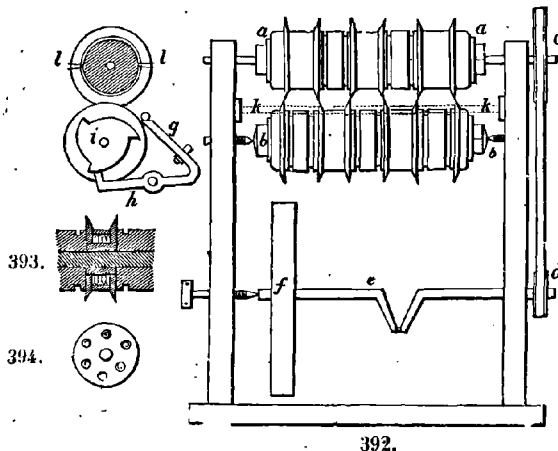
On sèche ensuite les cartons habillés sur un poêle, on les frotte sur chaque face avec un morceau de feutre enduit de savon sec, et on les lisse au moyen d'un cail-lou arrondi, nommé *lisseur*. On remet les cartons sous presse pour les redresser; il ne reste plus ensuite qu'à les tailler exactement de la même grandeur.

On commence par rogner les bords des cartons, ensuite on les découpe en rubans, dits *coupeaux*, qui sont juste de la largeur des cartes et en contiennent six dans leur longueur; on découpe ensuite ces rubans en cartes séparées. Le coupeur est guidé dans ces opérations d'abord par des traits imprimés qui déterminent les limites de la séparation, puis par des guides parallèles aux ciseaux qui en sont convenablement éloignés, et contre lesquels il appuie la tranche des feuilles de carton à découper.

Nous terminerons en décrivant la machine à découper les cartes, de M. Dickinson, qui est représentée fig. 392, 393 et 394. Elle se compose d'une série de cisailles circulaires montées sur les axes en fer *a a*, *b b*, sur lesquels elles sont assujetties au moyen de man-

chons en bois. Ces cisailles sont mues par l'intermédiaire d'une courroie sans fin *cd*, qui passe sur la gorge d'une poulie fixée à l'une des extrémités de l'arbre

on se sert beaucoup du carthame pour produire différentes nuances rouges très belles, telles que le rose, la teinte de chair, etc.



coudé *e*, dont le mouvement est régularisé par un volant *f*. Afin d'obtenir un découpage bien net, les disques tranchants, montés sur l'axe inférieur *bb*, sont disposés deux par deux, comme on le voit, fig. 393, de telle sorte qu'il y ait entre les deux disques d'un même couple un fort ressort spiral en acier, qui les presse continuellement contre les disques correspondants montés sur l'axe *aa*. Les rondelles et les taillants, outre l'ouverture centrale, sont percés, comme on le voit, fig. 394, de six trous équidistants que traversent de longs boulons destinés à les recevoir. Enfin, après le découpage des cartes, il ne reste plus qu'à trier, les assortir, éliminer celles qui sont défectueuses, et les mettre en paquets de 52 cartes pour le jeu entier, de 42 cartes pour le jeu d'hombre, et de 32 cartes pour le jeu de piquet.

CARTHAME (*angl.* carthamus, safflower, *all.* safflor). Nom donné aux fleurs du *carthamus tinctorius* de Linnée, qui croît dans le midi de la France, la Hongrie, l'Espagne, l'Égypte, l'Amérique du Sud et les Indes. Il en existe deux variétés, l'une à grandes, l'autre à petites fleurs; la première est principalement cultivée en Égypte et y forme un objet d'exportation d'une valeur considérable. Aussitôt après la floraison, on enlève les fleurs et on les fait sécher à l'ombre soit immédiatement, soit après les avoir pétries dans de l'eau, afin d'enlever la plus grande partie de la matière colorante jaune soluble qu'elles contiennent.

Le carthame renferme deux matières colorantes, l'une jaune, l'autre rouge, qui est seule employée dans la teinture. On enlève la matière colorante jaune qui est soluble dans l'eau, en introduisant le carthame dans un sac en toile que l'on malaxe sous l'eau, jusqu'à ce qu'il ne se dissolve plus rien. Le carthame de jaune rougeâtre qu'il était auparavant devient d'un rouge clair, et perd dans cette opération presque la moitié de son poids. On peut alors en extraire la matière colorante rouge qu'il renferme, et qui a reçu le nom de *carthamine*, en le traitant par une dissolution étendue de carbonate de soude, puis précipitant la liqueur alcaline par un acide. Le carthame ne contient que 4/2 p. 100 de carthamine.

La carthamine est une couleur d'une beauté remarquable, malheureusement elle est si altérable qu'on ne peut l'employer dans la teinture des tissus de laine et de coton; mais pour les étoffes de soie, où l'on regarde plus à la vivacité des couleurs qu'à leur inaltérabilité,

On prépare pour la teinture le bain de carthame, ainsi qu'il suit : on saupoudre 20 parties en poids de carthame bien lavé, comme nous l'avons dit ci-dessus, avec 4 p. de carbonate de soude pulvérisé et on mélange bien le tout ensemble. On place ensuite le mélange sur un tamis en toile très serrée et on le lave avec de l'eau froide, jusqu'à ce que celle-ci passe incolore. On achève d'épuiser le résidu en le retraitant de la même manière avec une faible proportion de carbonate de soude; le carthame complètement épuisé qui reste sur le tamis est coloré en jaune.

On se sert, pour décomposer la dissolution alcaline ainsi préparée et précipiter la couleur sur la soie, d'acide citrique que l'on ajoute en quantité suffisante pour faire tirer le bain au rouge cerise. Nous renvoyons pour les précautions à prendre dans cette opération, et la manière d'obtenir les différentes nuances que cette couleur sert à préparer, à l'article **TEINTURE**. Nous rappellerons seulement que : les acides étendus ravivent la couleur du carthame sans la dissoudre; les carbonates alcalins la dissolvent en la jaunissant, mais l'on peut la rétablir par l'addition d'un acide; et les alcalis caustiques la détruisent.

Le prix élevé du carthame fait qu'on y ajoute souvent de l'ORSEILLE, qui devient par l'action des acides d'un rouge assez vif.

La grande sensibilité du rouge de carthame oblige d'opérer la teinture à froid et de sécher l'étoffe de soie à l'ombre.

On emploie aussi le carthame pour préparer ainsi qu'il suit une couleur extrêmement belle (rouge d'assiette), employée principalement dans la peinture des fleurs artificielles : on lave d'abord le carthame avec de l'eau froide pure ou mieux étendue de vinaigre, pour enlever entièrement la matière colorante jaune soluble. On malaxe ensuite à froid le résidu dans un poids de carbonate de soude égal au sien et 45 fois son poids d'eau de pluie. On l'exprime et on achève de le laver avec une petite quantité d'eau; la matière rouge se dissout; on passe à travers une toile serrée; on place dans la liqueur des écheveaux de coton, puis on la sature par de l'acide citrique; la matière colorante rouge se précipite à l'état d'une grande pureté sur le coton; on le sèche, on le lave, puis on le traite de nouveau par une dissolution de carbonate de soude, renfermant 5 parties d'eau en poids pour une partie de carbonate de soude cristallisé, qui redissout la matière colorante, que l'on précipite alors par une dissolution d'acide citrique : le dépôt se fait lentement; on le lave bien à l'eau froide, et on le dessèche ensuite sur des assiettes dont on l'enlève par écailles au moyen d'une pointe de couteau. Ces écailles présentent un bel éclat métallique rouge cuivré, qui les fait aisément distinguer des autres couleurs rouges.

Enfin le carthame sert à la préparation du rouge végétal employé pour la toilette. A cet effet on pulvérise finement du talc très blanc, que l'on mélange dans un mortier avec du rouge d'assiette non gommé, préparé comme il vient d'être dit. On broie ensuite le mélange avec une petite quantité de blanc de baleine, on l'humecte avec un peu d'éther sulfurique et on le met en pots. On prépare un rouge végétal de qualité inférieure en remplaçant la carthamine par du carmin.

Le carmin se distingue à ce qu'il se dissout dans l'ammoniaque en la colorant en rouge foncé, tandis que la carthamine donne une dissolution brun-jaunâtre.

CARTOUCHE.

En 1835, l'Angleterre importa 3,400^m de carthame, dont 4,500^m pour sa consommation intérieure.

CARTON (*angl.* paste-boards, *all.* pappe). Voyez PAPIER.

CARTOUCHE (*angl.* cartridge, *all.* patronne). Pour fabriquer les cartouches de fusil de munition, on plie d'abord chaque feuille de papier ouverte destinée à faire l'enveloppe en deux suivant sa longueur, puis en trois dans la largeur, on coupe alors le papier et on divise encore chaque partie obliquement en deux autres, de manière à obtenir en tout 12 morceaux égaux ayant 0^m,145 de hauteur, 0^m,115 de largeur à un bout et 0^m,059 à l'autre.

Un de ces morceaux de papier étant étendu sur une table, on le roule autour d'un mandrin cylindrique en bois dur et sec qui a 0^m,190 de long et 0^m,043 de diamètre. Le bout de ce mandrin est creux et garni d'une balle. On laisse passer un peu de papier au-delà de la balle, pour le replier par dessus; alors, relevant le mandrin ainsi enveloppé de la cartouche, on replie le papier par dessus la balle, et on l'arrondit dans un trou pratiqué à cet effet dans la table. On retire le mandrin, et l'on passe la cartouche à un autre artificier, qui met la charge de poudre renfermée dans une mesure conique en fer blanc, laquelle en contient 12 grammes 1/2. Le papier est enfin replié au-dessus de la poudre et aussi près que possible.

CASSAVE (voyez AMIDON).

CASSIS. Fruit du *ribes nigra*. Linn., qui sert à préparer le ratafia; à cet effet on écrase 3^l de cassis, on y ajoute 4 grammes de clous de girofle, 8 grammes de cannelle, 9 litres d'eau-de-vie de vin à 48° Baumé et 2^l 1/2 de sucre; on introduit le mélange dans des bouteilles que l'on bouche bien, et que l'on laisse reposer pendant quinze jours, en agitant bien la bouteille une fois par jour, pendant les huit premiers jours; on passe ensuite à travers un linge, puis on filtre la liqueur sur un filtre en papier non collé et l'on met en bouteilles.

CASTOR (*angl.* castor, *all.* biber). Animal que l'on trouve surtout dans l'Amérique du Nord, mais que l'on rencontre aussi dans plusieurs autres localités, telles que les îles qui se trouvent dans le Rhône près de son embouchure. Sa peau est très estimée, soit comme fourrure, soit pour la fabrication des chapeaux de feutre. On classe les peaux de castor, qui forment un article de commerce assez important, en trois classes: 1^o Les peaux fraîches, qui proviennent de castors tués pendant l'hiver avant la mue, et qui sont regardées comme une fourrure très précieuse parce qu'elles sont garnies de poils longs, soyeux et très fournis; 2^o les peaux sèches, venant de castors tués en été, qui ont perdu une partie de leurs poils et qui sont beaucoup moins estimées; enfin, 3^o les peaux grasses, provenant de castors tués en hiver, mais qui ont déjà servi de fourrures aux sauvages pendant un certain temps et qui se sont imprégnées de sueur. Ces dernières sont surtout employées pour la fabrication des chapeaux de feutre.

On a essayé, en France, de remplacer les peaux de castor par les peaux de loutre.

CASTOREUM. Nom donné à une sécrétion renfermée dans des poches placées près des organes de la génération des castors. C'est une substance analogue au musc; sa consistance est celle du miel, son goût est âcre et amer; son odeur, forte, pénétrante, fétide et très volatile, mais en séchant elle devient inodore; elle renferme une certaine quantité d'acide benzoïque. Pour l'obtenir, on coupe les poches du castor aussitôt après sa mort et on les fait sécher. Dans cet état le castoreum est solide, d'une couleur sombre et faiblement odorant; il se ramollit par l'action de la chaleur, et devient cassant par celle d'une basse température. Il est assez employé en médecine, surtout dans les maladies nerveuses et spasmodiques.

CENDRES BLEUES.

CENDRES BLEUES (*angl.* blue verditer, *all.* blaue asche). On donne ce nom à un produit que l'on obtient en précipitant une dissolution de nitrate de cuivre (qui provient ordinairement de l'affinage des matières d'or et d'argent) par de la chaux pure, puis triturant le précipité, lorsqu'il est presque sec, avec de la chaux afin de lui donner une couleur d'un beau bleu velouté. Cette préparation est très délicate et ne réussit qu'entre les mains d'ouvriers expérimentés.

Les cendres bleues en pâte, se préparent en France, comme il suit: on introduit dans un tonneau défoncé par un bout, 60 litres d'une dissolution aqueuse de sulfate de cuivre chaud et marquant 35° à l'aréomètre de Baumé; on y ajoute 45 litres d'une solution bouillante de chlorure de calcium marquant 40° B.; on brasse fortement, puis on abandonne le mélange à lui-même pendant douze heures. Lorsque le sulfate de chaux s'est complètement déposé, on décante la liqueur claire, on jette le dépôt sur des filtres coniques en toile écrue et serrée où on le laisse égoutter et on le lave à l'eau jusqu'à ce que la liqueur qui passe à travers les filtres ne marque plus que 2 à 3° au plus. Toutes les solutions obtenues produisent environ 170 litres de liqueur verte à 2° Baumé.

D'un autre côté on pèse 25^l de chaux, que l'on délaie dans 75^l d'eau; on passe la bouillie qui en résulte à travers un tamis de toile métallique en cuivre; on en prend 48 à 20^l (la beauté de la couleur est en raison inverse de la quantité de chaux employée) qu'on verse dans les 170 litres de liqueur verte; on agite fortement, et on laisse déposer. On s'assure que la liqueur ne renferme presque plus de cuivre, à ce qu'en en traitant une petite portion par un excès d'ammoniaque, celle-ci ne prend qu'une teinte bleuâtre très pâle: si elle prenait une couleur d'un bleu foncé, il faudrait ajouter une plus grande quantité de bouillie de chaux pour rendre la précipitation du cuivre plus complète. On lave le précipité par décantation, puis on fait égoutter sur des filtres en toile; on obtient ainsi de 125 à 135^l de pâte verte qui est de l'oxyde de cuivre hydraté. Les eaux de lavage sont mises de côté et servent, les premières au lavage du sulfate de chaux de l'opération précédente, les dernières au premier lavage des pâtes.

On dessèche avec précaution 10 grammes de la pâte verte pour déterminer la proportion des matières sèches, si elle en renferme par exemple 27 p. 100 on en prendra 42^g (si elle en renfermait m p. 100, on en prendrait $\frac{27}{m} \cdot 42$) que l'on met dans un baquet en bois dont la capacité est de 20 litres environ, on y ajoute 4^l de bouillie de chaux, on agite vivement, on ajoute au mélange 0^l 7 d'une dissolution aqueuse de potasse per-lasse du commerce, à 15° B; on agite de nouveau, et on se hâte de broyer le tout, dans un moulin à couleurs. La promptitude de cette opération influe beaucoup sur la beauté du produit. On fait couler la pâte broyée dans une bouteille, on y ajoute 500 grammes de sulfate de cuivre dissous dans 4 litres d'eau et 250 grammes de sel ammoniac dissous dans 4 litres d'eau, on bouche la bouteille avec un bouchon de liège que l'on lute, et on la secoue fortement.

On peut par ce procédé remplir aisément 24 bouteilles par jour. On laisse reposer pendant 4 jours; on débouche les bouteilles et on verse le produit de 4 d'entre elles dans une futaille de 400 litres de capacité, défoncée par un bout et placée sur champ; on remplit d'eau jusqu'à quelques pouces du bord et l'on mélange bien le tout avec un râble; enfin, on lave par décantation en soutirant l'eau claire à l'aide d'une cannelle jusqu'à ce que l'eau décaantée ne fasse plus virer au brun la couleur du papier jaune de curcuma. Lorsque le dépôt est suffisamment lavé, on le fait égoutter sur des filtres en toile. On obtient ainsi de 45 à 50^l de pâte, qui est

vendue en cet état aux fabricants de papiers peints.

On fabrique en tout trois qualités de cendres bleues en pâte; la première qualité ou *bleu superfine* se prépare comme nous venons de le dire; pour obtenir la seconde qualité ou *bleu fin*, on emploie 4^k 1/2 de bouillie de chaux au lieu de 4^k; enfin, pour préparer la troisième qualité ou *bleu n° 1*, on prend 2^k de bouillie de chaux au lieu de 4^k et 500 grammes de sel ammoniac au lieu de 250 grammes.

Pour obtenir les cendres bleues en pierre de qualités correspondantes, il suffit de faire sécher les pâtes ci-dessus à l'ombre et à une douce chaleur. On prépare rarement des cendres bleues en pierre de troisième qualité.

CFNDRES GRAVELÉES (voyez POTASSE).

CÉRUSE. BLANC DE PLOMB, BLANC D'ARGENT, BLANC DE CLICHY, CARBONATE DE PLOMB (*angl.* white lead, *all.* bleiweiss). Ce sel est, sans contredit, la couleur la plus en usage dans la peinture; elle se mêle facilement à l'huile, la rend siccatif, s'étend très bien sous le pinceau, et recouvre parfaitement les surfaces qu'on veut enduire: on l'emploie soit seule comme matière colorante blanche, soit avec d'autres couleurs pour leur servir d'excipient ou leur donner du corps.

Le carbonate de plomb est pulvérulent, blanc, insoluble dans l'eau, un peu soluble dans l'acide carbonique.

Le carbonate neutre de plomb est formé de l'équivalent de protoxyde de plomb PbO pesant 142, plus un équivalent d'acide carbonique CO₂ = 22. Ce carbonate pèse donc 164; il est souvent mêlé, dans la céruse du commerce, de traces de sulfure de plomb, d'acétate tribasique, et d'hydrate de protoxyde de plomb, dans des proportions variables, formant quelquefois 12 à 18 centièmes du poids total. La chaleur le décompose en acide carbonique et en protoxyde de plomb; chauffé longtemps, au contact de l'air, à la température de 120 à 130° degrés centigr., il se convertit en *minium* très beau; cette variété de minium est connue, dans le commerce, sous le nom de *mine-orange*.

La Hollande a été longtemps en possession de fournir exclusivement ce produit du commerce; mais depuis vingt à vingt-cinq ans un grand nombre de fabriques de céruse se sont successivement élevées en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et en France.

Il existe divers procédés pour la fabrication de la céruse; néanmoins il n'y en a guère qu'un seul qui soit généralement mis en pratique; c'est le procédé hollandais.

On avait fortement préconisé un autre mode de fabrication qui paraissait devoir offrir de grands avantages, c'est le procédé par précipitation ou de *Clichy*; mais malheureusement les produits qu'on obtenait ainsi ne réunissaient pas toutes les qualités qu'on exige dans une céruse de bonne qualité; aussi a-t-il été presque partout abandonné.

En traitant de la fabrication de la céruse, nous ne pouvons en disjoindre la question de salubrité, qui a si justement ému l'opinion publique. On sait au effet que les ouvriers qui fabriquent la céruse, et les peintres qui l'emploient, sont sujets à des coliques saturnines extrêmement graves, dont les effets se prolongent et sont parfois mortels. A ces points de vue, comme à celui de la description des procédés employés, nous ne saurions mieux faire que de suivre le rapport fait à l'Institut par M. Combes.

Le procédé hollandais (nous dirons quelques mots en terminant du procédé de Clichy, sans importance aujourd'hui) consiste à exposer des lames de plomb aux réactions de l'air, de l'acide acétique, de la vapeur d'eau et de l'acide carbonique, qui, aidés par une température de 36 à 60°, oxydent le métal et forment de

l'acétate neutre que les progrès de l'oxydation rendent tribasique. Celui-ci est alors décomposé par l'acide carbonique, forme du carbonate de plomb, et est ramené à l'état d'acétate de plomb neutre, qui de nouveau devient tribasique à mesure que le plomb s'oxyde. Les mêmes réactions, répétées un grand nombre de fois, produisent des quantités de céruse variables suivant les circonstances. Cette fabrication comprend les opérations suivantes:

1° Fusion et coulage du plomb en lames plus ou moins épaisses, ou en grilles de forme rectangulaire allongée;

2° Mise du plomb moulé en couches alternatives avec du fumier ou de la tannée. Le plomb est placé sur des pots contenant de l'acide acétique faible. Il reste dans les *loges* ainsi remplies pendant trente-cinq ou quarante jours quand on emploie du fumier, qui élève la température et fournit de l'acide carbonique, et pendant soixante-dix à quatre-vingt-dix jours lorsqu'on fait usage de la tannée, qui ne fournit pas comme le fumier du gaz hydro-sulfurique;

3° On découvre successivement les lits de plomb, qui est passé en partie à l'état de carbonate, séparation de la céruse de plomb non attaquée qu'elle recouvre; première pulvérisation et criblage de la céruse pour la séparer des lamelles de plomb;

4° Broyage à l'eau de la céruse sous des meules;

5° Moulage et dessiccation de la céruse broyée à l'eau;

6° Pulvérisation et broyage à sec des pains de céruse; blutage, mise en barils de la céruse destinée à être vendue en poudre;

7° Pour la céruse qui est vendue en pâte avec de l'huile, la poudre obtenue du broyage des pains est mêlée, sans tamisage préalable, avec 7 à 10 p. 100 de son poids d'huile. Le mélange est opéré en vases clos par un agitateur; il est ensuite passé entre plusieurs systèmes de cylindres horizontaux en fonte. La pâte, devenue fine et homogène, est reçue dans une cuve contenant de l'eau, d'où elle est retirée et mise en barils pour la vente.

I. La fusion du plomb, même des résidus qui ont échappé à l'action de l'acide carbonique, n'offre pas de danger sérieux, pourvu que la chaudière soit surmontée d'une hotte communiquant à une cheminée qui détermine un appel convenable.

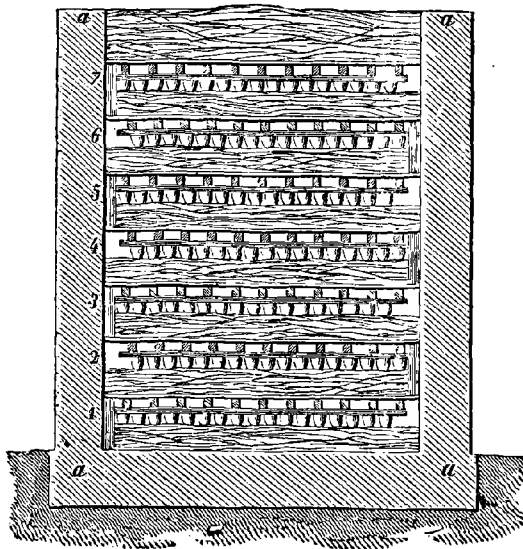
Le plomb est fondu en lames de 4 kil. environ; ces lames ont 60 centimètres de longueur, 40 de largeur, et quelques millimètres d'épaisseur.

Dans une seule fabrique, celle de M. Besançon de Paris, on fond le plomb en grilles, en le versant dans des lingotières creusées de sillons qui se croisent à angle droit. On trouve ainsi l'avantage d'augmenter beaucoup les surfaces exposées à l'action de l'acide.

II. Les couches ou fosses à fumier doivent être construites en maçonnerie, à 4 mètres en contre-bas du sol. Elles ont en général 4 mètres de long, 4 de large et 6 de haut, c'est-à-dire une capacité de 96 mètres cubes. On met les uns sur les autres sept ou huit lits ainsi formés: sur un lit de 40 centimètres de fumier on place des pots au nombre de 4,200; on verse dans chaque pot un demi-litre de vinaigre (sauf 7 ou 8 pots, 1 ou 2 au milieu, 4 ou 6 aux quatre coins, qui sont remplis aux trois quarts de leur capacité). On place dans le pot une lame de plomb roulée sur elle-même; cette lame est supportée par deux mentonnets ménagés à l'intérieur du pot, ce qui l'empêche de tremper dans l'acide.

Les pots placés sont recouverts de plaques de plomb; au-dessus on place des latteaux en bois de 40 à 42 centimètres d'équarrissage, afin de maintenir un courant d'air, et on recouvre le tout par des planches sur lesquelles on construit une couche semblable à la première.

La fig. 1 représente la disposition que nous venons de décrire, et l'ensemble que forme une couche complète. Il faut 30 ou 35 jours si on emploie du fumier, 45 jours si on fait usage du tan épuisé provenant des tanneries, pour que la transformation du



1.

plomb en carbonate atteigne le point désirable. On voit d'après cela qu'il faut avoir un nombre de fosses égal à ce nombre (ou multiple) pour que la division du travail soit bien établie, que les brigades d'ouvriers chargées de la construction ou du démontage des fosses fassent toujours le même travail.

Il entre dans une fosse de 9,000 à 11,000 kil. de plomb, qui produisent de 4,700 à 7,600 kil. de céruse, et laissent inattaqués 3,400 à 5,000 kil. de plomb.

La mise en couches des lames de plomb avec du fumier ou de la tannée ne peut évidemment causer aucun danger.

III. La séparation de la céruse du plomb qu'elle recouvre, la pulvérisation et le criblage, sont les parties les plus insalubres de la fabrication.

L'ouvrier détache d'abord les grosses écailles ou croûtes de céruse qui sont peu adhérentes au plomb non attaqué ; il prend dans ses mains les lames recouvertes de céruse, déroule celles qui étaient placées dans les pots, les tortille en divers sens et met à part les croûtes détachées.

Cette opération, appelée *épluchage*, où les ouvriers ont les mains constamment chargées de carbonate de plomb, n'est cependant pas la partie la plus insalubre de la fabrication, parce que la céruse se détache en écailles épaisses qui produisent peu de poussière. Les lames de plomb épluchées retiennent encore par places de la céruse, qui y adhère fortement. On plaçait autrefois pour la détacher une pile de lames sur une dalle en pierre et on frappait cette pile avec une *batte* en bois ; la céruse adhérente au plomb tombait en écailles minces ou se répandait en poussière fine dans l'air respiré par l'ouvrier. Cette opération, éminemment insalubre, est appelée le *décapage*.

Le décapage est fait aujourd'hui, dans la plupart des fabriques, par des procédés mécaniques qui exposent beaucoup moins la santé des ouvriers. Les lames couvertes de céruse adhérente sont apportées près de

la machine ; l'ouvrier les prend une à une, et les pose doucement sur une toile sans fin mobile qui les amène à la tête d'un plan incliné sur lequel elles glissent ; elles arrivent à un système formé de deux paires de cylindres cannelés longitudinalement, suivis d'un crible cylindrique incliné. La céruse, détachée par l'action de deux paires de cylindres, entre lesquels passent les lames, tombe sur un tablier aboutissant à une trémie, qui recueille également ce qui passe à travers les mailles du crible cylindrique. La trémie verse son contenu dans un chariot placé dans une chambre fermée par une double porte. Les lames de plomb, arrivées à l'extrémité inférieure du crible, sont conduites par un couloir à un autre chariot enfermé dans un compartiment contigu au précédent. Toutes les parties du mécanisme sont contenues dans des coffres en bois ou des gaines qui sont fermés pendant le travail, et n'offrent alors qu'une seule ouverture, celle par où passe la toile sans fin sur laquelle on dépose les lames à *décaper*. Le chariot où a été réunie la céruse est retiré de la chambre après que le travail est terminé et que la poussière est abattue. Son contenu est réuni aux écailles résultant de l'épluchage, pour subir une pulvérisation à sec.

Cette dernière opération se fait encore, dans la plupart des fabriques, sous des meules verticales en pierre tournant dans des auges à fond horizontal. La matière broyée est prise avec une pelle et versée dans la trémie d'un crible cylindrique à treillis métallique fin, enfermé dans un coffre. La céruse en poudre passe à travers la maille et tombe au fond du coffre. Les lamelles de plomb, aplaties sous la meule,

arrivent à l'extrémité du crible et sont reçues dans une case séparée. La céruse tamisée est reprise pour être délayée dans l'eau et passe sous les meules qui en achèvent la trituration.

Dans quelques fabriques des environs de Lille la pulvérisation des écailles est opérée par le moyen de plusieurs paires de cylindres horizontaux, cannelés dans le sens transversal à leur axe. La matière divisée tombe sur un ou plusieurs tamis métalliques ; la céruse en poudre qui traverse ces tamis est dirigée par des trémies ou couloirs dans un encaissement où arrive un jet d'eau divisé en plusieurs filets. Les lamelles de plomb, isolées par les tamis, tombent dans une case distincte. L'ensemble des cylindres broyeurs et des tamis occupe la hauteur d'un étage : le tout est enfermé dans un coffre en bois, surmonté d'une trémie que l'on maintient pleine d'écailles de céruse, afin de prévenir l'issue de la poussière, et que l'on peut au besoin fermer avec une trappe. Ces dispositions constituent un des perfectionnements les plus importants, sous le rapport de l'hygiène, qui aient été apportés aux anciennes méthodes de fabrication.

Depuis longtemps, au dire de M. Leplay, plusieurs fabricants anglais emploient la méthode de mouiller ainsi la céruse. Comme c'est la poussière qui, en arrivant dans les voies respiratoires et digestives, est la cause principale de l'insalubrité de la fabrication de la céruse, la méthode de la travailler avec un liquide est le moyen par excellence de faire disparaître tout inconvénient.

Nous indiquons un second progrès accompli dans la même voie, dans cette même industrie, § VII.

IV La céruse est délayée dans des cuiviers avec de l'eau, de manière à former une pâte molle, que l'on fait passer successivement entre plusieurs jeux de meules horizontales qui en achèvent la trituration. Ce broyage à l'eau est absolument inoffensif. Les ouvriers ne touchent point la pâte avec les mains ; ils la

CÉRUSE.

puisent dans des vases en forme d'écoques, pour la verser dans les trémies des meules supérieures.

V. La pâte molle de céruse est versée dans des pots en terre de forme conique, que l'on expose à l'action de l'air dans un séchoir. L'eau s'évapore en grande partie. Les pains prennent de la consistance et subsistent un retrait qui les détache des parois, de sorte qu'on peut les retirer des pots avec facilité. Leur dessiccation est achevée dans une étuve où circule un courant d'air chauffé.

Les parois des pots se recouvrent d'une couche adhérente de céruse que l'on enlève ordinairement par un grattage exécuté à sec avec des instruments en fer. Cette opération est faite par des enfants et des femmes; elle n'est pas exempte d'inconvénients si on laisse trop sécher la pâte. On les évite, dans quelques usines, en nettoyant les pots avec de l'eau; on les diminue dans d'autres, en mettant la céruse en pâte dans des terrines plates, où les pains, d'épaisseur moindre et plus régulière, produisent, en un temps et un espace donnés, une plus grande quantité de céruse sèche.

VI. La plus grande partie de la céruse en pains doit être soumise à un nouveau broyage, suivi d'un blutage, pour être livrée au commerce. Cette seconde pulvérisation est encore exécutée aujourd'hui, dans beaucoup d'établissements, au moyen de meules verticales en pierre, tournant dans des auges à fond horizontal de même nature que les meules. La céruse broyée est versée, avec une pelle, dans la trémie d'un blutoir cylindrique en soie, renfermé dans un coffre, au fond duquel se dépose la matière en poudre fine. Celle qui n'a point traversé le tamis tombe dans une case, où elle est reprise pour être repassée sous la meule. La céruse en poudre retirée du coffre, après que la poussière est abattue, est mise dans des barils où elle est tassée, soit par une sorte de pilonnage, soit en agitant les barils.

La pulvérisation, le blutage à sec et la mise en barils de la céruse en poudre, par ces procédés, sont des opérations évidemment fort insalubres à cause de la poussière qui se répand dans les ateliers.

M. Lefebvre de Lille, un des principaux fabricants de céruse, a modifié ce mode de faire. Au lieu de meules verticales fonctionnant à l'air libre, il emploie des meules horizontales en marbre blanc qui sont enfermées dans un tambour métallique parfaitement clos. La meule inférieure est dormante; la meule supérieure fait deux cent soixante-seize tours par minute. A la partie la plus élevée est une espèce de moulin à noix qui divise la céruse avant qu'elle n'arrive à la meule.

La céruse réduite en poudre est rejetée par la force centrifuge vers le pourtour des meules; de là elle se rend dans un blutoir renfermé dans une armoire à doubles portes et tombe, à l'état de poudre, dans un wagon à roulettes qui peut recevoir 4,200 kil. On ne retire ce wagon, qui glisse sur un petit chemin de fer, que quand la poussière est abattue.

VII. Le progrès le plus important de tous ceux qui ont été accomplis dans la fabrication de la céruse consiste dans la coutume qui tend à se généraliser, de la livrer mélangée avec 7 ou 8 pour 400 d'huile. Diminution des inconvénients des dernières opérations, qui s'accomplissent entièrement dans des coffres fermés; disparition des dangers qui résultaient de l'emballage, du concassage et de l'empâtement par l'ouvrier peintre, tels sont les principaux et heureux résultats de cet usage, aussi heureux pour la salubrité qu'avantageux au point de vue commercial.

Il suffit, pour cette opération, d'une machine à mélanger l'huile et la céruse, d'une espèce de pétrin mécanique. L'huile est mélangée avec la céruse par l'action

CÉRUSE.

de bras adaptés à un arbre. La pâte obtenue est ensuite passée entre des cylindres broyeurs au nombre de trois, qui l'amènent à un état convenable.

Procédé de Clichy. M. Roard avait monté à Clichy, d'après les indications de M. Thénard, une importante fabrique de céruse. Comme nous l'avons dit, le procédé qui y était suivi est à peu près abandonné aujourd'hui malgré d'importants perfectionnements, et notamment la production très économique de l'acide carbonique par l'emploi d'un four à chaux. M. Payen explique l'infériorité de cette céruse par les conditions de sa production. Prenant naissance à froid dans des solutions étendues, graduellement affaiblies, la céruse de Clichy est formée de lamelles irrégulières moins divisées, dont la superposition offre moins d'opacité que les particules plus fines de la céruse préparée par le procédé hollandais. Aussi cette dernière couvre-t-elle mieux, et par suite est-elle toujours préférée.

Ce qui paraît confirmer cette manière de voir, c'est qu'on est, assure-t-on, parvenu à obtenir des céruses ayant toutes les qualités désirables en faisant agir à chaud l'acide carbonique sur l'acétate tribasique concentré, simple modification du procédé de Clichy, que nous allons décrire.

On préparait ce sous-acétate de plomb en faisant dissoudre la litharge dans l'acide acétique concentré provenant de la distillation du bois. La dissolution était versée dans de grands bassins en bois doublés de cuivre étamé, dans lesquels l'acide carbonique était refoulé au moyen d'une vis d'Archimède. Ce gaz s'obtenait au moyen de la combustion du charbon de bois ou du coke.

Après un certain temps on décantait le liquide, et le résidu bien lavé était mis en pots et desséché.

Par suite de préventions plus ou moins fondées, les produits obtenus par ce procédé n'ont jamais été favorablement accueillis par les consommateurs, et nous croyons même que les propriétaires de la manufacture de Clichy ont été obligés d'y renoncer, et de le remplacer par le procédé hollandais.

La variété de céruse connue sous le nom de *blanc d'argent* ou *blanc de Krems*, s'obtient en choisissant les écailles les plus blanches et les plus compactes, qu'on soumet à un broyage plus long et plus soigné. Les pains sont de forme carrée.

Le carbonate de plomb qu'on rencontre dans le commerce est rarement pur. Il contient très souvent du sulfate de baryte ou du sulfate de plomb, et même quelquefois de la craie. On reconnaît la craie par les acides azotique ou acétique qui dissolvent à la fois cette substance, et le carbonate de plomb lui-même. On précipite de la dissolution tout le plomb au moyen d'un sulfure alcalin, et enfin on précipite la chaux par un oxalate. Le sulfate de plomb et celui de baryte ne se dissolvent pas dans les acides: il est donc facile d'en reconnaître la présence et d'en constater la quantité.

P. M.

CHAGRIN (*angl.* shagreen, *all.* chagrain). Sorte de cuir dont l'aspect diffère essentiellement des cuirs ordinaires. Sa surface est recouverte d'une foule d'aspérités très serrées et cornées qui la rendent rude au toucher. Sa couleur est ordinairement noire. Le propret de la fabrication de la peau de chagrin, consiste à faire naître à sa surface les grains cornés qui la distinguent. A cet effet on choisit d'abord un cuir de cheval, d'âne ou de chameau, dont on enlève la partie inférieure du dos, de la naissance de la queue au milieu de l'échine, qui présente seule les qualités nécessaires à la fabrication. On la ramollit dans l'eau et on l'échârme complètement; on la tend ensuite autant que possible sur un châssis, que l'on met horizontalement à terre le côté du poil en dessous; on la couvre alors d'une couche de grains du che

CHAÎNE.

nopodium album, qui sont très durs, noirs et brillants, puis on les y fait pénétrer en piétinant dessus; on fait ensuite sécher la peau. On détache les grains qui se sont incrustés dans le cuir en le secouant et le battant, et il ne reste plus dans le cuir tendu que les cavités qu'ils y ont produites par pression.. A l'aide d'un instrument tranchant on enlève alors la surface de la peau, jusque près du niveau du fond de ces cavités. On fait ensuite digérer le cuir, d'abord dans de l'eau, puis dans une faible lessive de carbonate de soude. Les parties précédemment comprimées se gonflent, et donnent naissance aux aspérités qui caractérisent la peau de chagrin.

Pour colorer en noir le cuir ainsi préparé, on le saupoudre encore humide de NOIX DE GALLE pulvérisée, et lorsque sa surface s'est suffisamment imprégnée de tannin, on la rend noire en l'imbibant de sulfate de fer. Pour lui donner une couleur bleue, on en imprègne la surface à plusieurs reprises avec un mélange d'indigo, de chaux, de soude et de miel. Le rouge s'obtient avec un mélange de kermès et d'alun. Le vert se donne en imbibant le cuir d'une dissolution de sel ammoniac, le saupoudrant avec de la limaille de cuivre et le roulant sur lui-même; il se forme un sous-chlorure vert de cuivre qui s'imprègne dans la surface. Enfin, pour préparer de la peau de chagrin blanche, on passe sur la peau une dissolution d'alun, puis une bouillie de farine de blé de Turquie, que l'on enlève en lavant avec une nouvelle dissolution d'alun, et on frotte ensuite le cuir avec du suif; on en enlève après l'excédant en lavant à l'eau chaude, et on fait sécher.

CHAÎNE (*angl.* chain, *all.* kette). On distingue trois espèces de chaînes en fer, dont la fabrication et les usages sont très différents : 1° les chaînes plates à mailles régulières et non soudées, flexibles seulement dans deux sens opposés, employées au lieu de courroies ou de cordes, pour la communication du mouvement dans les machines; 2° les chaînes ordinaires à mailles soudées, qui remplacent les cordes et câbles en chanvre, dans les grues, chèvres, cabestans, mouffes, etc.; 3° les chaînes à mailles étançonnées, pour le service de la marine (voyez CABLES EN FER).

L'invention des chaînes de la première espèce est due à notre célèbre mécanicien Vaucanson; mais nous ferons observer que les chaînes à la Vaucanson ne sont pas appropriées aux cas où il y a à vaincre une certaine résistance, parce que leurs mailles n'étant pas soudées, ne sont pas capables de supporter, sans s'ouvrir, un effort un peu considérable; d'un autre côté, dans les machines de fatigue telles que les bancs à tirer, le frottement qui a lieu incessamment à chaque articulation use les mailles et les allonge, de sorte que la denture des tambours, qui est invariable, n'étant plus exactement en rapport avec l'espacement des mailles, l'engrenage devient défectueux et même impossible au bout de très peu de temps.

On fait d'autres chaînes à mailles non soudées, mais qui s'assemblent avec des goupilles rivées ou des boulons; telles sont : les chaînes des barillets des montres, les chaînes sans fin des machines à drager, des norias, des chapelots, celles des bancs à tirer, etc., et enfin celles de M. Galle, employées avec succès dans les mines pour l'extraction des minerais.

Les chaînes à mailles soudées se font en enroulant autour d'un mandrin, d'un diamètre égal à celui de l'intérieur de l'anneau, une tringle de fer rond d'excellente qualité et de grosseur convenable, préalablement chauffée au rouge. En coupant ensuite obliquement chacune des spires, on obtient autant d'anneaux ronds prêts à être soudés et sensiblement égaux.

La soudure se fait comme à l'ordinaire sur un petit feu de forge, et sur la pointe arrondie d'une bigorne. Le forgeron, après avoir passé l'anneau à souder dans

CHALEUR.

l'anneau précédemment soudé, rapproche l'un de l'autre les deux bouts coupés obliquement et les soude en une seule chaude. Il donne en même temps à la maille la forme ovale ou allongée qu'elle doit conserver.

Quelque soin qu'on apporte à la fabrication des chaînes, on ne peut cependant répondre de leur solidité qu'après les avoir soumises à l'épreuve, en leur faisant supporter un effort au moins double de celui qui doit constituer leur charge habituelle.

CHALEUR. L'importance du rôle que joue cet agent dans les recherches scientifiques et l'industrie est bien connue. Le moyen le plus simple d'apprécier ses divers degrés d'intensité est évidemment la dilatation des corps, et c'est sur ce principe que sont fondés les divers thermomètres, qui prennent le nom de *pyromètres*, lorsqu'ils sont destinés à évaluer des températures élevées. Tous les corps tendent constamment à perdre par rayonnement la chaleur qu'ils renferment; cette faculté constitue leur *pouvoir émissif*. Le pouvoir émissif d'un corps est d'autant plus grand que sa surface est moins polie et moins brillante; par conséquent les corps métalliques sont ceux qui ont le moindre pouvoir émissif.

Chaque corps se trouvant sur le passage de quelques-uns des rayons émanés des autres corps, il en absorbe une partie et réfléchit le reste. Ce *pouvoir absorbant* varie avec la nature de la surface de la même manière que le pouvoir émissif. Il s'ensuit par conséquent que le *pouvoir réflecteur* variera en sens inverse des deux premiers, et en sera le complément.

La chaleur, en se réfléchissant sur des corps opaques ou en traversant des corps transparents, suit les mêmes lois que la lumière; on peut donc obtenir des foyers calorifiques tout comme on obtient des foyers lumineux.

Les divers corps ont une *conductibilité* pour la chaleur très différente. Les métaux sont bons conducteurs de la chaleur, tandis que les matières pierreuses ou terreuses, les liquides et les gaz, le sont fort peu; mais dans ces derniers, lorsqu'on chauffe le fond des vases qui les renferment, il s'établit par suite de la diminution de densité, provenant de l'échauffement des couches inférieures, des courants incessants, qui en déterminent promptement l'échauffement.

Nous avons déjà dit que la chaleur dilatait les corps, c'est-à-dire que leurs dimensions s'accroissaient au fur et à mesure que leur température s'élevait. Cette dilatation varie pour les différents corps; elle est plus grande pour les gaz que pour les liquides, et plus grande pour les liquides que pour les corps solides. Parmi ces derniers, les métaux sont les plus dilatables.

On désigne sous le nom de *chaleur spécifique* d'un corps, la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un degré thermométrique; elle est très variable selon la nature des corps. On la rapporte ordinairement à celle nécessaire pour élever d'un degré centigrade la température d'un kilogramme d'eau, que l'on prend pour unité et que l'on désigne sous le nom de *calorie*.

Lorsque des corps solides passent à l'état liquide, ou que de l'état liquide ils passent à l'état gazeux, ils absorbent dans ce changement d'état une certaine quantité de chaleur variable suivant leur nature, et qui porte le nom de *chaleur latente*. Ainsi la glace en se liquéfiant absorbe 75 calories. Réciproquement, lorsqu'un corps passe de l'état gazeux à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état solide, il dégage une certaine quantité de chaleur latente; ainsi, lorsqu'on fait arriver 4 kil. de vapeur d'eau dans 5°.50 d'eau à 0°, on obtient 6°.50 d'eau bouillante.

Quant aux sources de chaleur, ce sont : 1° le soleil; 2° la pression, la percussion et le frottement; 3° les actions chimiques. Comme exemple de la seconde

nous rappellerons le *brûquet pneumatique* (voyez AIR COMPRIMÉ), le frottement des essieux contre les moyeux des roues, etc.... Les actions chimiques sont les sources de chaleur artificielle les plus fréquentes et les plus employées, telles sont la COMBUSTION, etc.

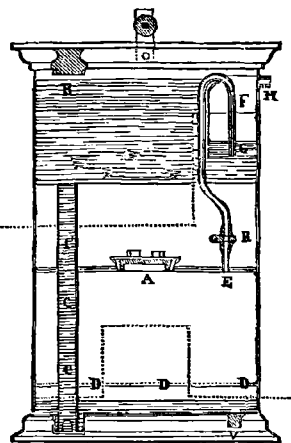
Nous n'avons qu'énoncé bien rapidement les principales propriétés de la chaleur, leur étude étant du ressort de la physique, mais nous aurons l'occasion de les développer en détail, dans toutes leurs applications industrielles, dans le cours de cet ouvrage.

CHALUMEAU (*angl. blowpipe, all. löthrohr*). Jusqu'à ces dernières années la lampe à souder appelée chalumeau était un instrument d'une construction très grossière. Une flamme d'huile ou de graisse alimentée au moyen d'une mèche plus ou moins grossière, plus ou moins massive, et dans laquelle on insufflait de l'air à pleins poumons à l'aide d'un tube recourbé, tel était cet instrument si répandu dans les ateliers et dans les laboratoires. Aujourd'hui d'ingénieuses et importantes modifications étant à peu près généralement adoptées, nous allons décrire deux de ces instruments les plus perfectionnés. Tous deux sont de l'invention du comte E. Desbassayns de Richemont dont le nom était déjà connu en chimie.

Le *chalumeau aérohydrique*, brûlant un mélange d'hydrogène et d'air et donnant une flamme intense et vive aussi mobile que peut l'être un crayon qu'on tient à la main, est employé pour la soudure du platine par l'or, pour la brasure du cuivre et surtout pour la soudure *autogène* du plomb, sans aucun alliage d'étain. Il est fort usité pour cette dernière application dans les fabriques d'acide sulfurique et autres produits chimiques.

L'appareil dit de sept litres, dont on se sert le plus généralement, se compose d'un producteur de gaz, d'un soufflet et d'un double robinet à potence sur lequel se raccordent des tubes de caoutchouc et une tige de cuivre formant chalumeau. Le producteur destiné à fournir de l'hydrogène par la décomposition de l'eau au moyen du zinc (ou du fer) et de l'acide sulfurique, est représenté dans la fig. 395. Il est construit sur le principe de la lampe de

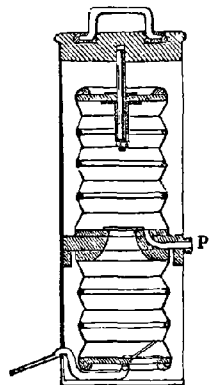
Gay - Lussac. Ainsion remplit de rognures de zinc toute la capacité inférieure par la bouche A qu'on referme hermétiquement. On verse en B dans la capacité supérieure un mélange d'acide sulfurique et d'eau à 20° Baumé. Le mélange descendant par le tuyau C C C, remonte dans la partie inférieure jusqu'à ce que l'air qui s'y est introduit en met



95.

tant le zinc et qui se comprime ne trouvant aucune issue pour s'échapper, fasse équilibre à la colonne de liquide. Comme le zinc repose sur un double fond D D, placé précisément à la hauteur que doit atteindre le liquide retenu par l'air comprimé, il arrive que le zinc reste d'abord préservé de tout contact avec le mélange acidulé. Dans cet état le producteur est ce qu'on appelle *chargé*. Veut-on faire fonctionner l'appareil et produire du gaz, on ouvre le

robinet R (et ceux qui pourraient lui correspondre plus loin) de manière à donner issue à l'air comprimé. En même temps que l'air s'échappe, le liquide monte, se met en contact avec le zinc et le gaz hydrogène se dégage. En un instant l'appareil est complètement purgé d'air. Le gaz passant par E, — (le robinet R étant ouvert,) sort en G dans le flacon de sûreté F où il traverse une légère couche d'eau introduite préalablement par l'ouverture H, au moyen d'un petit entonnoir. Nous verrons plus loin comment ce gaz est brûlé. Veut-on arrêter la production du gaz, on referme le robinet R, le gaz qui continue à se développer pendant quelques instants par suite du contact du zinc avec le liquide, se comprime ne trouvant plus d'issue, pèse sur le liquide qui remonte par le tuyau C C C dans la partie supérieure, jusqu'à ce que son niveau

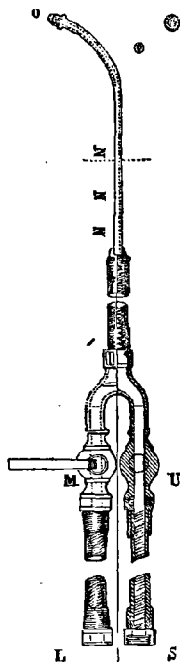


396.

au-dessous du double fond D D. Dès lors il n'y a plus de contact entre le liquide et le zinc et par conséquent plus de dégagement de gaz. S'agit-il de remettre l'appareil en fonction, on ouvre le robinet R, le gaz comprimé s'échappe, le liquide remonte, atteint le zinc et reproduit du gaz en proportion et au fur et à mesure du besoin.

La fig. 396 représente le soufflet qui, mis en mouvement au moyen d'une pédale, fournit l'air nécessaire.

Que maintenant on raccorde l'extrémité L du tube de caoutchouc sur l'ouverture H du producteur et l'extrémité S sur la prise d'air P, et l'appareil (fig. 397) est prêt à fonctionner. L'ouvrier prend alors à la main la tige de cuivre N N N, il ouvre le robinet R et entr'ouvre le robinet correspondant M, le gaz qui s'échappe par l'extrémité d'un gland percé en O, étant allumé, donne d'abord une flamme molle et rougeâtre; le soudeur entr'ouvre également le robinet à air U, jusqu'à ce que la flamme devienne vive, prenne une teinte bleuâtre et s'allonge sous la forme d'un pinceau affilé.

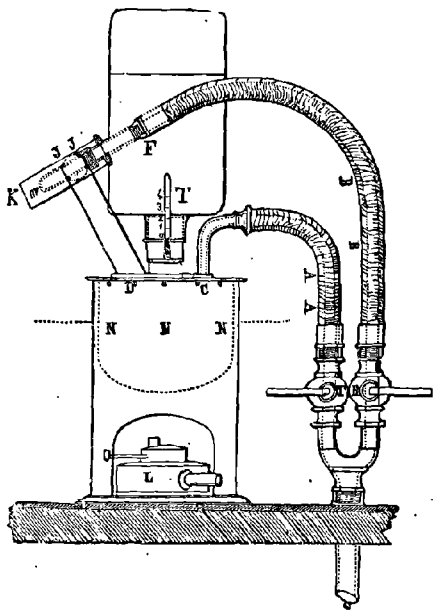


397.

On conçoit que l'ouvrier tient ainsi à la main, au bout de la tige de cuivre raccordée sur un long tube de caoutchouc, un véritable *outil de feu*. Des appareils, construits pour la marine royale, ont pu brûler plusieurs centaines de litres de gaz et d'air à la minute, soit par une seule ouverture, en un seul jet de flamme, soit par une quantité d'ouvertures rapprochées les unes des autres sur une pomme d'arrosoir. On peut se faire une idée de la puissance d'un pareil instrument de feu, qui

sous un petit volume peut toujours être appliqué sur place et dans toutes les positions possibles. Quand il s'agit de souder deux lanières de plomb, le dard de flamme en réunit les bords en une seule masse homogène par une fusion instantanée et limitée au point seul que l'on veut fondre. Nous aurons occasion de reparler plus loin, à l'article SOUDURE, des divers emplois de la flamme aérhydrique au travail du plomb, du cuivre, du zinc et du platine.

Le chalumeau à vapeurs combustibles (fig. 398), brû-



398.

lant des vapeurs d'essence de térébenthine chauffée, remplace l'ancien chalumeau à huile dans les ateliers si nombreux d'orfèvres, bijoutiers, fabricants de bronze, dentistes, émailleurs, etc. Un flacon de verre, à niveau constant, alimente d'essence de térébenthine une petite chaudière en cuivre sous laquelle brûle une lampe à esprit de vin L. Un thermomètre T, plongeant dans l'essence, indique la température convenable pour opérer. Un soufflet fournit en S, de l'air dans les deux tubes de caoutchouc AA et BB. En ouvrant le premier robinet R, l'air entre dans la chaudière en C au-dessus du niveau de l'essence NNN, pour en ressortir en D, entraînant avec lui des vapeurs d'essence qui viennent s'allumer en K. La flamme est d'abord molle et blanchâtre. Le second robinet r amène par le tube BB, que termine la tuyère ou chalumeau JJ, un courant d'air forcé qui, s'injectant dans l'intérieur de la flamme, la rend bleuâtre et vive, et lui donne la forme d'un dard plus ou moins épanoui. Elle est alors parfaitement propre à être employée à la soudure des métaux précieux et au travail du verre.

On peut affirmer qu'au moyen de l'un ou l'autre des deux chalumeaux que nous venons de décrire, le chalumeau aérhydrique ou le chalumeau à vapeurs combustibles, il n'est pas de difficultés dans l'art de souder qui ne disparaissent entièrement. Outre l'économie, qui est considérable relativement aux moyens anciennement employés, pour la soudure du plomb notamment et pour le travail de la bijouterie; ces instruments réunissent les

meilleures conditions connues de propreté et de salubrité pour les ateliers. Aussi leur usage s'est-il promptement répandu partout où on a eu occasion de les connaître, et il est probable qu'il en sera ainsi d'un procédé analogue dû au même inventeur et dont nous parlerons à l'article *fer à souder*. DELBRUCK.

CHANDELLE (*angl.* taglicht, *all.* kerzen). Voyez BOGGIE.

CHANVRE (*angl.* hemp, *all.* hanf). Plante textile annuelle, dans laquelle les fleurs mâles et femelles se trouvent sur des individus séparés. La tige des pieds femelles est plus forte et plus élevée que celle du chanvre mâle (elle atteint souvent 2 et 3 mètres de hauteur), et donne une matière textile plus grossière et moins estimée. Le chanvre mûr perd en séchant à l'air de 40 à 60 p. 100 de son poids. Séché à l'air, le chanvre mâle renferme moyennement 26 p. 100 de chanvre teillé, et le chanvre femelle seulement 16 à 22 p. 100. Le chanvre teillé séché à l'air ne renferme que 60 à 65 p. 100 de filaments textiles, le reste se compose de matières étrangères solubles dans les lessives alcalines; de sorte que 100 p. de chanvre vert ne donnent que 5 à 8 p. de filaments textiles. Ces filaments sont spécifiquement plus lourds, plus grossiers et plus résistants que ceux du lin, et s'en distinguent lorsqu'ils n'ont pas été blanchis par leur teinte jaunâtre.

La travail du chanvre est tout à fait analogue à celui du LIN (voyez ce mot).

CHAPEAUX (FABRICATION DES) (*angl.* hat manufacture, *all.* hut macherei). L'origine des chapeaux paraît ne pas remonter au-delà du douzième siècle et servait primitivement de signe distinctif au clergé; ce ne fut que deux siècles plus tard que leur usage devint général parmi les laïques.

CHAPEAUX DE FEUTRE. Les matières premières employées dans la fabrication des chapeaux de feutre, sont les poils de castor, de lièvre, de lapin, etc. Pour les feutres grossiers on se sert de laines d'agneau et de chameau. Le feutrage repose sur cette propriété qu'ont les poils de former, au moyen d'une légère agitation et de la pression, un tissu naturel tellement solide qu'on ne peut plus le diviser sans déchirement: c'est ce tissu qu'on appelle feutre.

Tous les poils ne sont pas naturellement susceptibles d'être feutrés; les poils de castor, de loutre, de lièvre et de lapin, sont dans ce cas, tandis que la laine possède cette propriété au plus haut degré; aussi quelle que soit la qualité du feutre que l'on veut obtenir, est-on toujours obligé d'ajouter une certaine quantité de laine d'agneau ou de vigogne, pour former la trame et donner de la solidité à l'étoffe; quant aux autres poils, on leur communique la propriété feutrante au moyen d'une opération particulière qu'on nomme *secrétage*.

On commence par nettoyer ou *degater* les peaux au moyen du *carrelot*, petite cardé très fine qu'on promène sur le poil; puis on frappe à la baguette jusqu'à ce qu'il n'en sorte plus de poussière. Cela fait, on *ébarbe*, c'est-à-dire qu'au moyen de ciseaux on coupe la jarre ou poil plus long qui dépasse le duvet, au niveau de celui-ci. L'éjarrage étant terminé, on soumet les peaux au travail du *secrétage* qui rend les poils aptes à mieux se tortiller et à se trouver dans la meilleure condition possible, pour pouvoir se feutrer ou s'accrocher les uns aux autres. Ce travail consiste à prendre une brosse de sanglier, à la tremper dans une solution étendue de nitrate de mercure, et à frotter avec force cette brosse sur toute la surface du poil jusqu'à ce qu'il soit imbibé au moins jusqu'aux deux tiers de sa longueur. Cette solution, qui n'est pas toujours la même chez tous les fabricants, se prépare ordinairement en dissolvant 8 parties de mercure dans 64 p. d'eau forte, y ajoutant 4 p. d'arsenic blanc et 2 à 3 p. de sublimé corrosif, puis l'étendant de trois fois son volume d'eau de pluie.

CHAPEAUX.

Les peaux étant bien également et suffisamment mouillées, on les réunit par paires, poils contre poils, et on les porte à l'étuve où on les sèche le plus rapidement possible. On mouille ensuite ces peaux du côté de la chair avec une éponge imbibée d'eau de chaux fort étendue, on les accole deux à deux du côté mouillé, on les empile en tas que l'on charge de pierres, et on laisse reposer en cet état pendant douze à vingt heures. La peau étant alors assouplie, on arrache le poil ou on le coupe avec un couteau tranchant très vif, ce qui se fait souvent sur les peaux de castor et de lapin, afin de laisser dans la peau la bulbe des poils.

Tous les poils coupés sont mis à part suivant leurs variétés. Les poils de castor sont les plus estimés pour la fabrication des chapeaux fins; vient ensuite le lièvre, où l'on distingue plusieurs qualités de poils: celui du dos, qui est le meilleur, puis celui de la gorge, et enfin celui du ventre. Le lapin sert à la chapellerie commune. Enfin, pour faciliter le feutrage on ajoute toujours, comme nous l'avons dit, une certaine quantité de laine d'agneau, de chameau ou de vigogne. En général, pour les chapeaux les plus fins, on forme la chaîne ou fond du feutre avec un $\frac{1}{4}$ de laine de vigogne rouge, à laquelle on ajoute ensuite $\frac{3}{4}$ de poil de castor, ou pour en tenir lieu, autant en poil d'arête de lièvre; si l'on diminue les proportions de ce dernier, ou qu'on y substitue du poil de chameau ou du poil de lapin, et en outre que l'on remplace la vigogne par de la laine plus grossière, le feutre perdra de plus en plus de sa finesse.

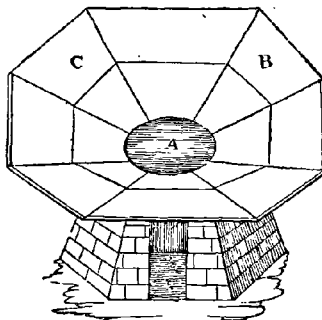
Les laines et poils étant pesés, on leur donne deux ou trois tours de cardes pour les bien diviser, puis on les passe à l'*arçonneur*; cet ouvrier doit son nom à l'*arçon*, instrument composé d'un arc fixé au plancher par son milieu, et dont les extrémités sont réunies par une corde fortement tendue, que l'on peut faire vibrer au moyen d'un fuseau ou *coche* terminée par un bouton. Les poils, placés en tas sur une claie d'osier très serrée, sont traversés par cette corde, qui, mise en vibration, les agite et les mélange intimement. Lorsque le mélange est fait on *vogue* l'étoffe, c'est-à-dire, qu'au moyen d'un brusque arçonnage, les poils, enlevés à une certaine hauteur, retombent sur la claie dans un grand état de raréfaction; on *vogue* encore une seconde fois afin de former une couche égale de poils, et l'on procède au *bastissage* ou premier degré de feutrage.

La quantité de poils nécessaire à la confection d'un chapeau, est divisée en plusieurs lots ou *capades*. En en supposant deux, ce qui est le cas le plus ordinaire, voici comment on agit: on humecte la *feutrière*, forte toile que l'on étend sur une table, et on y place la première capade, on applique dessus une feuille de papier mouillé, puis la seconde capade, et on replie la feutrière. Alors on plie et replie dans tous les sens, on humecte de temps en temps, pour empêcher l'adhérence du poil à la toile, et on continue jusqu'à ce que les deux capades, déjà assez consistantes pour ne point s'étendre, soient pourtant encore assez molles pour être réunies en un seul feutre par l'opération suivante, qui consiste à les remettre en feutrière, à les unir par les bordures au moyen de *marches* et *remarches* successives, et à en former une sorte de cône creux que l'on a soin d'ouvrir fréquemment pour *décrocher* et changer les plis. On entretient la moiteur et la souplesse au moyen d'aspersions fréquemment répétées. Des feuilles de papier interposées empêchent l'adhérence là où elle ne doit point avoir lieu, et lorsqu'il se présente des endroits faibles, on les fortifie avec une pièce d'*étoupage* ou morceau d'une capade destiné à cet usage.

La pièce suffisamment feutrée, et ayant déjà la forme d'un bonnet, est portée à la *foule* dont le travail la rend plus étoffée et plus ferme. La *foule* représentée en perspective fig. 399, est un atelier composé de huit bancs inclinés B, C, rangés autour d'une chaudière A, remplie

CHAPEAUX.

d'eau acidulée par de l'acide sulfurique ou du tartre et maintenue à une température d'environ 80° C. Chaque ouvrier y plonge son feutre qu'il retire presque aussitôt



399.

le place sur son banc ou il s'égoutte, le presse d'abord avec un rouleau de bois, l'arrose d'eau froide, puis continue pendant deux à quatre heures à le presser ou fouler en tous sens, tantôt en dessus, tantôt en dessous, premièrement avec les mains nues, puis vers la fin de l'opération avec les mains garnies de *manicles* ou semelles de cuir; c'est à ce moment aussi qu'il commence à broser l'étoffe, ce qui enlève le jurre et lui donne du lustre.

Le feutre étant foulé, on le dresse en le plaçant sur une forme dont on le force à prendre le contour en le pressant fortement avec les mains, et en ramenant toujours l'étoffe du centre à la circonférence; opération que l'on facilite en maintenant l'étoffe bien mouillée d'eau chaude. On forme les bords on attachant l'étoffe sur le bas de la forme avec une forte ficelle, en relevant les bords avec soin, et les tirant en long et en large. On laisse sécher le chapeau, puis on le polit à la pierre ponce, ensuite avec de la peau de chien, et quand il est bien uni on lui donne quelques coups d'un carrelet très doux, enfin on l'éjarre en arrachant avec des pinces les jarres qui paraissent au-dessus du feutre; en cet état on le porte à l'atelier de teinture. Le bain qui sert à la teinture, se prépare avec 4,000 parties d'eau, 25 parties de bois de campêche, 2 de gomme du pays, et 4 de noix de galle concassée; on fait bouillir pendant 2 heures et demie en agitant de temps en temps le mélange, et on ajoute 7 parties de vert-de-gris et 42 parties de sulfate de fer. Aussitôt après, on dispose les chapeaux dans le bain, par couches, en plaçant la première sur la tête, la seconde sur la forme, etc.; on couvre le tout avec des planches que l'on charge de poids. Au bout d'une heure et demie les chapeaux ont reçu la première *chaude*; on les retire, on les égoutte et on les expose à l'air pour faire passer le fer au maximum d'oxydation: c'est ce qu'on appelle donner l'*évent*. On donne ainsi aux chapeaux trois chaudes et trois événements, et l'on a soin d'ajouter à la dernière 3 parties de vert-de-gris et 4 parties de sulfate de fer, dans le bain. Pour abrégé l'opération on se sert en Angleterre de nitrate de fer, et en France d'acétate ou de pyrrolignite de fer. Enfin le teinturier fait bouillir les chapeaux dans de l'eau de source, pour les dégorger, les étire pour effacer les plis, relève les poils à l'aide du carrelet, et fait sécher à l'étuve; puis il brosse à sec, lustre en brossant de nouveau à l'eau froide, remet à l'étuve pendant une heure, et livre enfin à l'apprêteur.

L'apprêt est composé de gomme arabique ou d'un mélange de colle-forte et de gomme du pays. Le chapeau est placé dans le trou d'une table et ne pose que par les bords. L'ouvrier trempe une brosse dans l'apprêt, en imprègne la surface inférieure du bord sans atteindre

CHAPEAUX.

jusqu'au tour, et expose la partie imprégnée d'apprêt à l'action de la vapeur d'eau développée au moyen d'aérations sur un bassin de fer poil, recouvert d'une toile et placé sur un fourneau. La vapeur fait pénétrer l'apprêt dans l'intérieur. On fait ensuite sécher à l'air libre, et le travail est terminé.

Revenons avec quelques détails sur les opérations de la chapellerie, en nous servant des renseignements spéciaux que nous devons à l'obligeance d'un des fabricants les plus habiles de Paris.

Les poils employés le plus généralement en chapellerie sont le castor, le rat musqué, le rat gondin, le lièvre, le lapin, le chameau, le cachemire, le poil de veau.

Le castor est le poil le plus fin employé en chapellerie, il est aussi le plus cher; sa valeur est de 80 à 450 fr. la livre anglaise qui équivaut à 44 onces ou 434 gram. (il nous vient de Londres, qui le reçoit du Canada). Les poils les plus estimés en castor sont ceux dont le pied est argenté ou rosé très clair; la pointe est généralement foncée, mais au tondage elle tombe et laisse voir la nuance du pied. Quant à la préparation que l'on fait subir au poil de castor, afin de pouvoir l'employer, elle consiste à le dégraisser complètement et à le souffler, c'est-à-dire qu'au moyen d'un ventilateur on débarrasse le poil de tout le gros poil dur ou jarre qui s'y trouve mêlé.

Le rat musqué est moins estimé et n'est pas si cher que le castor; son usage en chapellerie est plus ou moins restreint selon que la mode en exige l'emploi; il donne une teinte d'un bleu argenté. Le pied du poil est presque blanc et même tout à fait blanc dans les qualités supérieures et la pointe bleutée. On coupe cette pointe lorsqu'on désire une nuance claire; on la laisse, au contraire, lorsqu'on veut une nuance bleutée.

Le rat gondin est d'un usage encore moins répandu en chapellerie. Sa nuance est brune; on n'en met guère que dans les chapeaux raz de poil, afin de donner ou une nuance brune ou de la douceur au chapeau.

Nous n'avons pas parlé de la loutre ainsi que de quelques autres espèces de fourrures que la mode n'a pas fait encore employer en chapellerie, mais qui pourraient l'être si elles étaient préparées pour cela. Au reste, tous les poils dont nous venons de donner le détail ne constituent pas le corps du chapeau, ils ne servent qu'en *dorure*, à former l'extérieur.

Le poil de lièvre nous vient de Saxe et de Russie, en paquets pesant chacun 4 kilogramme. Ces paquets contiennent une certaine quantité de peaux ou petits paquets de poil, dans la position qu'ils avaient lorsqu'ils tenaient à la peau de l'animal. Ces poils sont coupés à la main, par un ouvrier, le plus près possible du pied.

Avant de couper le poil, de le séparer de la peau de l'animal, on le dégage de toute la poussière, qu'il peut contenir, au moyen d'un carrelet, et en le bagnetant; ensuite on coupe le jarre (poil raide et dur qui ne peut se travailler) à la hauteur du poil; lorsque les peaux sont ébarbées on les secrète par le moyen suivant:

Pour 7 parties de mercure on prend 25 parties d'acide sulfurique; on fait dissoudre à une chaleur convenable, dans une corne en verre, sur un feu ardent. Lorsque la fusion est opérée on ajoute une plus ou moins grande quantité d'eau, et avec une brosse on imbibé le poil à la moitié de sa longueur. On fait ensuite sécher les peaux dans une étuve, et lorsque le poil est sec, on le coupe comme nous l'avons indiqué.

Le secrétage a pour but de provoquer dans un poil une torsion, une crispation qui le rend plus facile à feutrer, et à faire qu'un entrelacement soit produit par le soulage. Sans cette opération il ne pourrait subir le travail de la chapellerie.

CHAPEAUX.

On range le poil par qualités, car tout ce qui fait partie du dos de l'animal est plus fin, et tout ce qui s'approche du ventre est plus commun.

Le prix d'un kilogramme de poil de lièvre varie de 35 à 20 fr. selon les qualités. Le poil de lièvre de France est aussi employé en chapellerie, mais il est plus court et est d'un moins grand usage pour le chapeau dit flamand que pour les chapeaux gris raz d'été, ou ceux qu'on teint en noir et qui imitent le drap.

Le poil de lapin est aussi d'un très grand usage en chapellerie; il se prépare de la même manière que le poil de lièvre, et on est aussi obligé de le secréter pour rendre son travail facile.

Il y a plusieurs qualités de poil de lapin, selon la nuance du poil de l'animal; les plus recherchés sont ceux de lapin blanc et jaune; avec ces deux nuances on fait divers chapeaux de fantaisie, blancs et nankins. Il y a également une préférence accordée au lapin de garenne, en ce que le poil est plus fourni et feutre plus aisément; aussi en met-on toujours une certaine quantité avec le lapin domestique afin d'aider au travail de ce dernier.

Quant au poil de chameau, son usage est à peu près nul dans les villes qui fabriquent la chapellerie fine; il n'y a que les petites localités qui font les chapeaux pour la campagne qui emploient ce genre de poil; il en est de même des poils de veau.

Fabrication. Pour donner un aperçu de la manière de fabriquer un chapeau, ainsi que des différentes matières qui la composent, nous commençons par le genre le plus fin, les *castors gris* fabriqués avec des poils de castor appliqués sur une carcasse composée avec des poils de lièvre et de lapin.

On fait avec un long archet appelé arçon le mélange des différents genres de poils qui composent la carcasse du castor. On bat le poil en faisant vibrer la corde de cet archet, le poil vole et se mêle. Lorsqu'on voit qu'il est assez battu, on partage en trois parties ce tas de poil; on fait voler le tiers du poil de manière à former une figure conique appelée en chapellerie une *pièce*, qui ressemble à la fig. 400; on prend ensuite le second tiers du poil; on fait une

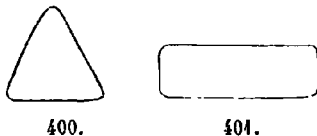


figure absolument semblable; ensuite avec le dernier tas de poil on forme une bande de cette forme (fig. 401) qui doit avoir un peu plus de la largeur du bas du cône. Elle sert à mettre en bas de ce cône, qui doit devenir le bord du chapeau et qui par conséquent doit être beaucoup plus fort que le reste. Les pièces assemblées par l'ouvrier forment ce qu'on appelle le bastissage. Ce bastissage doit être naturellement deux, trois et quatre fois plus grand que le chapeau, et c'est lorsque le bastissage est fini qu'on le foule, et qu'à force de le rouler dans tous les sens en trempant dans l'eau bouillante étendue d'acide sulfurique, le feutrage le réduit à la grandeur voulue. Quand la carcasse a la taille convenable, on lui applique un apprêt imperméable et on la laisse sécher, puis on pose le castor dessus; ce castor a été au préalable arçonné et disposé en feuilles, ayant aussi la forme conique de la carcasse; on les applique l'un sur l'autre par le moyen suivant:

On a un fourneau sur lequel est une plaque en fonte; quelques fabricants emploient une plaque en cuivre chauffée par la vapeur. Sur cette plaque on met une couverture qu'on imbibé d'eau acidulée; on pose cette carcasse sur la couverture, on applique le castor

CHAPEAUX.

sur cette carcasse, et en roulant et mouillant la couverture on force le castor à prendre pied dans la carcasse. Quand l'ouvrier voit que le castor est pris suffisamment il met quatre ou six de ces carcasses (qu'on appelle en chapellerie des *fonds*) dans une grande couverture en laine, et pendant quatre ou six heures il roule ces carcasses ou fonds dans cette couverture en trempant dans l'eau bouillante acidulée. Lorsque l'ouvrier juge que le travail est suffisant, c'est-à-dire que le poil de castor est adhérent au fond, il dresse ce chapeau-castor sur un cône afin qu'il ne plisse pas. On fait sécher, et ensuite avec un peigne ou démêloir, on peigne le poil, on le fait lever, et on le tond à la longueur que l'on désire. Ensuite le fouleur reprend ces chapeaux, et d'une forme conique qu'ils avaient il leur donne celle qu'on leur destine, c'est-à-dire cylindrique et terminée par un fond plat. Il faut donc qu'il élargisse le sommet du cône de manière à l'amener à la largeur du volume de la forme à l'aide de parties cylindriques et de coins en bois, et ce qui déborde de la forme il le retrouse et en fait le bord.

Le genre le plus cher après le castor gris est le castor brossé ou flamand. On prend pour ce genre de chapeau un mélange qui varie suivant l'idée du fabricant, et qui consiste en poil de lièvre de Saxe, de lièvre de Russie et de lièvre de France. Le poil de lièvre de Saxe est moins long que celui de Russie, il forme donc la partie velue; le russe, qui est plus long, forme chaîne en même temps qu'il fournit son poil, et le lièvre de France, qui est plus court, fait serrer le tissu. On bat bien ces trois sortes de poils, on les partage en trois parts comme pour la fabrication du fond, on en fait un bastissage et ensuite on le foule. La différence est pour ce genre de fabrication, qu'après avoir donné une certaine force au feutre en le foulant longtemps, on le brosse en tous sens. Cette brosse amène le poil qui doit faire le velu du chapeau, en même temps qu'elle serre la chaîne. Après un travail qui dure de trois à quatre heures à la foule, l'ouvrier laisse le castor brossé dans sa forme conique, le fait sécher, et ensuite tire au carrelot le poil qui est cêté par l'eau. Comme il y a une quantité de jarre ou poil grossier, mêlé à celui qui sort du castor, qui ne prend pas la teinture, on le fait arracher par une ouvrière éjarreuse. Lorsque l'éjarrage est fait, on refoule un peu le chapeau, on lave bien le poil, on le brosse et on le dresse. Lorsque le chapeau est dressé on le fait sécher, on dégage de nouveau le poil avec un carrelot et ensuite on l'apprête. Lorsque l'apprêt est sec on met le chapeau en teinture.

L'apprêt dans lequel la gomme laque entre pour une forte part est imperméable, s'amollit à l'eau chaude et redevient ferme en séchant.

Les autres genres de feutres sont les gris unis et les casimirs ou chapeaux noirs imitant le drap. Leur composition varie suivant la nuance qu'on veut obtenir pour les gris: ainsi le poil de lapin s'emploie pour le gris; celui de lièvre, plus clair, s'emploie pour les qualités fines et de nuances tendres; celui de lapin blanc pour les chapeaux blancs.

Le mérite de l'ouvrier chapelier consiste donc dans la manière habile dont il forme les pièces qui composent le chapeau et les dimensions du bastissage, qui varient suivant le genre de matières qu'il a à travailler, et le genre de forme auquel on destine le chapeau qu'il fait. Le mérite du fabricant consiste dans le mélange des matières. Il doit avoir soin de ne mettre ensemble que des matières qui soutiennent le même travail.

On a importé depuis quelque temps à Paris une machine très remarquable inventée en Amérique, qui forme le bastissage d'une seule pièce. Par le moyen d'un courant d'air, le poil se trouve chassé sur un

CHAPEAUX.

cylindre creux sous lequel l'air est aspiré; le poil se précipite donc sur ce cylindre qui tourne lui-même et se revêt dans toutes ses parties du poil qui doit former le chapeau. Cette machine réduit la main-d'œuvre de moitié ou d'un tiers selon le genre de chapeau, et fera un jour une révolution complète dans la chapellerie.

CHAPEAUX DE SOIE. Nous avons encore à mentionner la fabrication du chapeau de soie, qui donne lieu à une production deux fois plus importante que celle du feutre.

Les chapeaux de soie sont formés de carcasses ou galettes trempées dans l'apprêt imperméable, faites en poil de lapin et une petite quantité de coton. On les arçonne, les bastit et les foule d'après les mêmes principes que les autres chapeaux. Lorsque la carcasse est faite on la trempe dans l'apprêt imperméable, on lui donne la forme que doit avoir le chapeau de soie, et ensuite on fait sécher cette galette sur forme. On la lisse avec un fer presque rouge, afin de griller les poils qui se lèvent, et afin d'en faire une surface unie. Quand la galette est lissée, on y met une couche de colle de peau qu'on fait sécher; par-dessus on remet une couche de vernis qu'on fait sécher également. On prend alors une coiffe de peluche qui est cousue suivant une ligne oblique, on colle cette peluche, on la passe au fer, on la mouille, et on la repasse plusieurs fois, et lorsque le chapeau a le brillant suffisant on le met en tournure et on le garnit. Les fabricants font ce travail eux-mêmes pour l'exportation. Les chapeliers de province et de Paris les prennent sans garnitures et leur donnent la forme qui convient à la physionomie de l'acheteur.

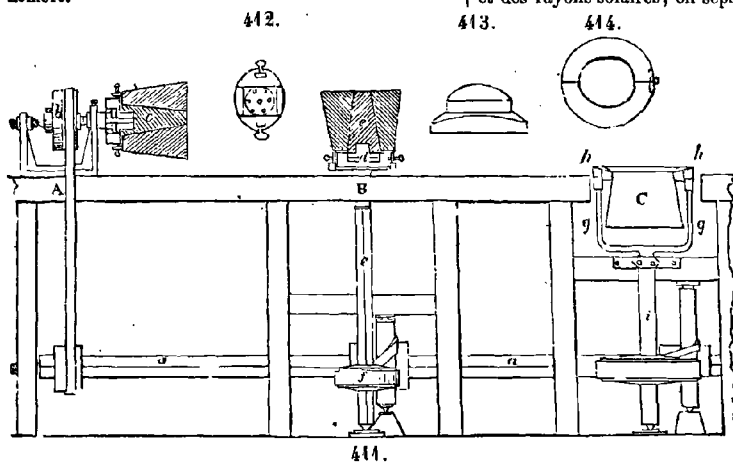
Parlons encore d'une industrie qui n'est pas sans importance à Paris; nous voulons parler de celle des chapeaux refaits. Ce sont les vieux chapeaux que les marchands d'habits ramassent et revendent à des fabricants spéciaux qui enlèvent la peluche de la carcasse, la dégraisent, mettent la carcasse sur des formes de mode, remettent des peluches neuves, et livrent au commerce des chapeaux qui ont belle apparence, mais qui au bout de peu de temps rougissent. Malgré cet inconvénient, il s'en fait une quantité assez considérable pour occuper près de la moitié des ouvriers chapeliers.

Nous donnerons en terminant la machine qui sert à lisser les chapeaux. Bien que la machine généralement employée dans les ateliers parisiens se borne le plus souvent à la disposition de la partie gauche de la fig. 441, au mouvement d'un axe horizontal sur lequel s'adapte le chapeau, il n'est pas sans intérêt de voir la figure de cette machine comprenant les dispositions additionnelles à l'aide desquelles on a essayé de la compléter.

La fig. 441 est une élévation de cette machine. Trois systèmes A, B, C, mus par l'arbre *aa* servent à repasser les diverses parties du chapeau. A et B qui servent pour le fond et la partie cylindrique font vingt révolutions par minute, C employé pour les bords n'en fait que dix. Les formes se composent de plusieurs pièces rondes extérieurement, et réunies par une clef (fig. 442). Les fig. 443 et 444 montrent les formes que l'on monte en B pour repasser les bords.

CHAPEAUX MÉCANIQUES. Depuis quelques années une fabrication nouvelle est venue prendre place dans la chapellerie parisienne, et a pris un moment des développements de quelque importance; nous voulons parler des chapeaux mécaniques ou chapeaux pliants, qui offrent l'avantage de ne tenir que fort peu de place lorsqu'ils sont fermés, lorsque le fond vient s'appliquer sur les bords. Cet avantage a fait rechercher ces chapeaux pour les voyages et pour les réunions nombreuses, et si l'aspect peu agréable de ces chapeaux

les fait moins apprécier aujourd'hui, cependant il est probable qu'il en sera toujours fabriqué un petit nombre.



Ces chapeaux sont toujours essentiellement composés d'un bord en feutre sur lequel est assemblé un petit cercle en acier portant trois ou quatre montants verticaux, qui supportent par leur extrémité supérieure un second cercle également en acier, destiné à soutenir le fond du chapeau. Cette carcasse métallique est entourée d'une étoffe de laine noire, et garnie à l'intérieur d'une coiffe en soie.

Ce chapeau ne plie que par l'effet d'articulations placées au milieu des montants verticaux. Le premier inventeur, Gibus, avait disposé ces articulations d'une manière analogue à celle des couteaux qui se ferment, c'est-à-dire que la partie supérieure, en s'ouvrant, venait reposer sur un talon pratiqué en arrière de l'axe de rotation adapté à la partie inférieure.

Cette disposition offrait ceci de gênant qu'il fallait secouer le chapeau pour l'ouvrir, et le presser sur le milieu pour le fermer. Aussi ne rencontre-t-on plus ce système dans le commerce, qu'avec un perfectionnement dû à M. Dufresne, chapelier, et qui consiste en un ressort à boudin attaché sur l'axe de la branche inférieure d'une part, et de l'autre à un prolongement d'équerre, une espèce de manivelle adaptée à la branche supérieure. Le chapeau acquiert ainsi beaucoup de solidité soit pour rester ouvert, soit pour rester fermé, et pour l'ouvrir il suffit de déterminer le mouvement en éloignant le fond du bord; à partir d'un certain point (correspondant au point mort de la manivelle), le mouvement continue et le chapeau s'ouvre seul.

CHAPEAUX DE PAILLE. La fabrication des chapeaux de paille se divise en trois opérations tout à fait distinctes : 1^o la préparation des pailles; 2^o la confection des tresses; et 3^o la réunion de ces tresses au moyen de la couture; ces deux dernières opérations se font à la main et n'offrent rien de particulier. La meilleure paille est celle du froment d'été, dont on dirige la culture de manière à obtenir des tiges très déliées. En Toscane, on sème à cet effet le froment très serré sur des collines exposées au midi. Lorsqu'il est presque mûr et que les grains ont acquis une consistance laiteuse, on arrache avec précaution les pieds avec leurs racines, et on les étale pendant 3 ou 4 jours sur le sol afin de les dessécher. On en forme ensuite des bottes que l'on laisse à terre pendant 3 ou 4 semaines, jusqu'à complète dessiccation. On les délie alors et on étend les tiges sur un

pré, en ayant soin de les retourner de temps en temps, afin de les blanchir par l'action simultanée de la rosée et des rayons solaires; on sépare ensuite les racines en

brisant les tiges au-dessus du nœud inférieur, et on achève de blanchir les tiges en les souffrant soit immédiatement, soit après les avoir soumises à l'action d'un courant de vapeur d'eau. Voici comment on opère le souffrage : on prend une caisse ouverte par les deux fonds, que l'on place à 0^m,15 environ au-dessus du sol; à 0^m,45 du bord supérieur on pose un grillage sur lequel on étend les pailles, préalablement mouillées, par lits successifs se croisant respectivement à angle droit, puis on intro-

duit sous la caisse un réchaud plein de charbons enflammés, et recouvert d'une plaque sur laquelle on met des morceaux de soufre; on place ensuite sur la caisse un couvercle qui ferme bien hermétiquement, on applique des lièges de drap sur toutes les jointures, et on abandonne l'appareil à lui-même pendant 3 à 4 heures. Il faut prendre garde que la combustion du soufre ne devienne trop violente, car la paille se couvrirait de taches noires que l'on ne pourrait plus faire disparaître. On retire alors les pailles blanchies que l'on étend pendant une nuit sur le pré, afin de leur donner la souplesse nécessaire, puis on les fend avec un instrument qui se compose d'une pointe armée vers sa tête de plusieurs tranchants équidistants, dont le nombre est égal à celui des lanières que l'on veut obtenir; cette pointe entre dans l'intérieur de la paille et sert à diriger l'instrument. Le plus souvent on emploie ces pailles sans les fendre, et on les trouve dans le commerce entières et avec leurs épis.

CHAPELET HYDRAULIQUE. Cette machine qui sert à élever l'eau se compose d'une chaîne sans fin, faite de maillons de cuivre articulés, portant des disques en cuir fort, qu'on fait circuler à l'aide de deux tambours dont l'un est plongé dans l'eau. Ces disques passant successivement dans un tuyau vertical ou incliné dont le bas plonge dans l'eau, et qui a le même calibre que les disques, élèvent l'eau de la même manière qu'un piston de pompe ordinaire. Le produit de cette machine est égal à la surface d'un disque multipliée par la vitesse qu'on imprime à la chaîne; la résistance est proportionnelle à la hauteur d'élévation de l'eau.

CHARBON ANIMAL. Voyez NOIR ANIMAL.

CHARBON DE BOIS (*angl.* charcoal, *all.* holzkohle). Voyez CARBONISATION et COMBUSTIBLES.

CHARBON DE TERRE. Voyez ANTHRACITE, HOUILLE et LIGNITE.

CHARBON DE TOURBE. Voyez CARBONISATION et COMBUSTIBLES.

CHARDON A FOULON (*angl.* teasel, *all.* karden distel). Plante qui croît dans la Normandie et le midi de la France, et qui appartient à la famille des chardons. Chaque plante donne moyennement 40 à 45 têtes; celles-ci sont employées pour lainer les draps avant de les tondre; les plus estimées viennent des environs d'Avignon.

CHARRUE. Plutarque prétend que l'art du labourage a été enseigné à nos pères par le porc, fendant la

CHARRUE.

terre avec son groin, dont la forme a été imitée dans celle du soc de la charrue. Mais il est probable qu'avant d'adopter cet instrument, qui appartient déjà à une culture améliorée, on a dû se servir, pour entr'ouvrir la terre, d'un pieu, d'une branche de bois crochue, durcie au feu, ou d'un caillou, d'un os ajusté en forme de pic. Plus tard, lorsque l'homme eut dompté le cheval et le bœuf, on adapta au soc un manche pour rendre sa direction plus facile et un crochet ajusté de manière à faire tirer ces animaux. Puis quand on substitua le fer au bois ou à la pierre, invention que les Grecs attribuent à Cérés, le travail du labourer fut singulièrement perfectionné. Ce premier type des instruments de la grande culture se trouve encore, avec de légères modifications, dans l'Inde, en Egypte, chez les Arabes, en Espagne, et même en France. C'est l'araire des premiers âges.

Les Grecs distinguaient deux espèces d'araires, l'une simple, l'autre composée : l'araire simple consistait en une seule pièce de bois recourbée. L'extrémité qui pénétrait dans la terre formait le *sep* : l'autre se relevait en forme de crochet, auquel on attelait un bœuf ou un âne.

La flèche et les manches qu'on y ajouta formèrent l'araire composée. Hésiode conseille à son frère Persès d'avoir les deux espèces d'araires, et d'employer le laurier ou l'orme pour le timon et le chène vert pour le manche.

L'araire soulève la terre plutôt qu'elle ne la retourne. Pour obvier à cet inconvénient, on y ajouta des versoirs ou oreilles, employés principalement pour former les sillons et recouvrir la semence. Telle est encore aujourd'hui l'araire du midi de la France, l'instrument le plus simple et le plus facile à manier, dans une certaine nature de terre, mais cependant un des plus difficiles à bien construire, à cause même de sa simplicité, pour que les efforts de traction produisent le plus grand effet utile possible.

Plus attribue aux habitants de la Gaule cisalpine l'invention de la charrue à roues ou à avant-train. Les Romains y ajoutèrent un *coultre*, ou couteau, pour couper la terre en avant du soc et en faciliter l'action.

En résumé, les divers objets qu'on se propose dans l'emploi de la charrue, dit M. de Morygues (dans le *Dictionnaire d'Agriculture*), c'est-à-dire de couper, diviser, retourner et ameublir la terre, sont mieux et plus complètement atteints par la houe et la bêche ; mais ces deux instruments, en raison de la lenteur du travail qu'on en obtient, ne sauraient convenir à l'exploitation d'étendues tant soit peu considérables de terrain, et ne peuvent être employés que dans le jardinage et dans la petite culture. Un pays d'une vaste superficie et couvert d'une population nombreuse veut être, dans son ensemble, cultivé par des moyens à la fois plus rapides et plus économiques ; c'est ce double but que la charrue doit remplir. Mais la charrue atteindra d'autant mieux ce but, et pourra être regardée comme d'autant meilleure que son travail approchera davantage de celui des deux instruments qu'elle supplée, la houe et la bêche.

La charrue doit à la fois *trancher* la terre horizontalement et verticalement, et la renverser soit à droite, soit à gauche, soit des deux côtés à la fois, en la faisant tourner sur son axe, pour qu'elle soit à portée de l'action de la herse qui doit la briser et la pulvériser entièrement. Ces divers effets s'obtiennent au moyen du *coultre* qui coupe verticalement, du *soc* qui tranche horizontalement, et du *versoir* ou *oreille* qui renverse. Nous traiterons plus loin, en détail, de chacune de ces parties constituantes de la charrue.

La diversité des terrains et l'imagination des cultivateurs ont donné naissance à une grande quantité de charrues, qui diffèrent entre elles par des détails assez

CHARRUE.

importants, et dont l'usage a plus ou moins démontré l'opportunité. Nous parlerons tout à l'heure de celle qui nous semble la mieux raisonnée, et dont l'apparition a occasionné une véritable révolution dans la culture. Disons d'abord quelles sont pour une charrue les conditions de bonté, posées en principe par la Société centrale d'Agriculture, dans son programme pour le perfectionnement des charrues :

1° Que le labourer n'ait pas besoin d'aide, c'est-à-dire qu'il conduise en même temps le soc et l'attelage ;

2° Que la charrue soit simple et composée des seules pièces nécessaires ;

3° Que l'attelage qui tire soit du plus petit nombre possible de bêtes ;

4° Que le soc soit plat et tranchant, tout autre figure recevant des résistances vicieuses ;

5° Que l'oreille (ou les oreilles de la charrue, si elle en a deux) soit disposée de manière qu'elle nettoie parfaitement le fond de la raie et range les terres sur le côté ;

6° Que le labour soit, en même temps, d'une profondeur convenable et le plus étroit possible ;

7° Que la charrue obéisse avec précision, dans tous ses mouvements, à celui qui la conduit ;

8° Qu'elle ne fasse que ce qui est nécessaire, car ce qui ne l'est pas est nuisible.

A ces conditions générales, Thaër, dont le nom est si connu en agriculture, ajoute les suivantes :

Que la charrue n'exige pas une trop grande adresse de la part du labourer, et ne lui occasionne pas un travail trop pénible ; qu'elle ne soit pas très coûteuse ; qu'elle soit durable et peu sujette à se détraquer ; enfin qu'elle puisse être réglée sans peine, de manière à labourer plus ou moins profondément et à détacher des tranches de la largeur la plus convenable, et que ces dispositions soient indépendantes de l'action du labourer, soit parce qu'on ne peut pas toujours s'en fier à lui, soit parce que les bêtes de somme ont plus de peine lorsque le labourer est en lutte contre la tendance naturelle de la charrue.

Nous avons dit que les parties essentielles d'une charrue étaient le *soc*, le *versoir* et le *coultre* ; à celles-là il faut ajouter le *sep*, l'*age* ou la *haie*, le *régulateur* et le *manche*.

Le *soc*. — Le soc destiné à détacher la bande de terre, concurremment avec le *coultre* et à la soulever en avant du *versoir*, varie à l'infini d'aspect et de dimensions. On peut cependant ranger tous les socs en deux grandes divisions : les socs ayant la forme d'un *fer de lance*, tranchant des deux côtés, et les socs à une *seule aile*, terrains du côté qui en est privé par une ligne droite alignée avec le corps de la charrue. Les premiers sont indispensables pour les charrues à double *versoir* ou à tourne-oreille ; les seconds s'appliquent aux charrues à *versoir* fixe. Le soc se compose de deux parties, l'aile et la souche. La bande qui forme et qui avoisine la pointe et le tranchant s'use seule dans le travail, et comprend ce que M. Mathieu de Dombasle nomme la *matière à user*. La proportion entre ces deux parties peut varier considérablement. En Belgique, sur un soc de 9 à 12 kilogrammes, il n'y a guère que un ou un kilogramme et demi de matière à user, proportion défavorable, car le soc est d'autant meilleur sous le rapport de la dépense de renouvellement que la souche est en poids dans une moindre proportion avec la matière à user. Dans la charrue, dernier modèle de Roville, le soc ne pèse plus que 3 kilogrammes, sur lesquels la matière à user est de 4 kilogramme.

Pour attacher le soc au *sep*, on se sert d'une douille ou ensochure, ou mieux, suivant la méthode américaine, on fixe le soc à la partie antérieure et inférieure du corps de la charrue par deux boulons à écrous, que

le laboureur peut ôter lui-même et remettre chaque fois que le besoin de changer le soc se fait sentir.

Les socs se font généralement en fer, *chaussé* d'une lame d'acier soudée sous le tranchant. Les socs américains sont complètement en acier, et un tiers au moins de leur poids consiste en matière à user. En Angleterre on se sert de socs en fonte.

Le côté tranchant de l'aile des socs de charrue à versoir fixe, forme avec le côté opposé un angle plus ou moins aigu, mais qui est généralement de 45°. Plus considérable, la bande de terre soulevée est plus large ; plus faible, le soc pénètre avec plus de facilité.

Le coutre. — Nous avons dit quel est l'usage du coutre. En principe, il devrait être aligné en entier dans le sens de la pointe du soc ; mais comme on fixe le manche au milieu de l'âge, s'il tombait perpendiculairement il se trouverait trop à droite. On le dirige donc obliquement vers la gauche ; mais la résistance qu'il éprouve dans le sol, par suite de cette obliquité, peut se trouver sensiblement augmentée dans les labours de quelque profondeur. On a remédié à cet inconvénient en fabricant des coutres à manches coulés. La forme du coutre varie, mais le plus souvent il se recourbe légèrement en avant, comme les faucilles, et dans ce cas, sa puissance s'exerçant obliquement de bas en haut, il commence en quelque sorte le travail du soc qui vient derrière lui. Dans tous les cas, le coutre doit toujours être incliné vers l'extrémité de l'âge, et son tranchant doit être acieré.

Le sep. — Le sep reçoit le soc à sa partie antérieure, et assez communément l'origine du manche à la partie postérieure. Il glisse au fond du sillon, de manière à s'appuyer sur la terre non labourée, du côté opposé au versoir. Il faut donner au talon du sep et à sa partie latérale un poli aussi complet que possible, pour diminuer les résistances provenant de son frottement sur le sol. On le construit en hêtre, en chêne, ou on le garnit de bandes de fer. L'avantage d'un sep long et large est de bien tenir la raie et de rendre le mouvement de la charrue plus régulier et son manquement plus facile ; mais le frottement est considérable. En Angleterre, on a imaginé de porter le talon sur deux roues, ou même de le diviser de manière à y loger une seule roue, fixée dans une mortaise, au moyen d'un axe qui traverse le sep dans son épaisseur.

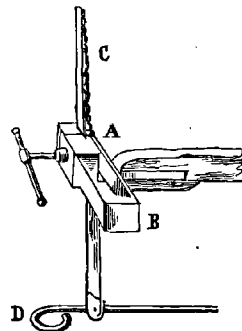
Le versoir. — Le versoir est destiné à soulever la bande de terre, à la déplacer et à la retourner de côté dans la raie précédemment ouverte. Les versoirs sont *plans* ou *concaves*. Les premiers donnent des résultats très imparfaits quant au versement de la terre, et augmentent considérablement le tirage. Les versoirs concaves se sont depuis un certain nombre d'années multipliés en France d'une manière remarquable. Leur forme géométrique a été déterminée pour la première fois par *Jefferson*, président des États-Unis. Cette forme varie d'ailleurs suivant les différentes conditions du labour et la qualité des terrains. Dans les terrains légers, une courbure considérable produit un bon effet, et dans les sols plus consistants, avec une concavité moins grande, on arrive à de meilleurs résultats. Le versoir, d'après *Thaër*, doit être combiné de manière à retourner la bande obliquement plutôt qu'à plat. « Cette inclinaison, dit-il, est précisément celle qui, au moyen des espaces restés vides entre chaque tranche, opère l'aneubissement du sol de la manière la plus parfaite ; car l'air est ainsi en quelque sorte renfermé dans la terre, et entre en contact même avec la partie inférieure du sol.... Cette surface a beaucoup plus de points de contact avec l'atmosphère, et la herse y a une action bien plus variable que sur une surface unie, à tel point que non seulement la terre en est pulvérisée, mais que les racines qui y sont contenues sont arrachées par cet instrument.... L'avantage des versoirs *concaves-convexes*,

c'est qu'au moyen de leur courbure, la terre en s'élevant est tournée sur son axe, de sorte qu'à mesure que le mouvement s'opère, la bande, entraînée par son propre poids, se détache d'elle-même après un court frottement. Les versoirs sont en bois, ou mieux, en fer battu ou en fonte. Ils se fixent à la charrue, soit antérieurement, au moyen de boulons adhérents au montant de devant qui unit le corps du sep à la haye, ou par un boulon horizontal qui traverse le sep et autour duquel le versoir peut être élevé ou abaissé verticalement ; soit postérieurement, contre le corps du sep et le montant de derrière.

L'âge. — L'âge ou la haie sert à transmettre au corps de la charrue le mouvement de progression. Il est fixé sur le devant de la charrue par un montant, à l'extrémité inférieure duquel s'unissent le sep et le soc, et sur le derrière par le manche, ou bien par deux étançons, ou enfin par un étançon et le prolongement du manche. Quand l'âge est convenablement fixé, la charrue marche parallèlement à la surface du sol. On obtient l'enture et l'horizontalité voulues dans les charrues à avant-train, en élevant ou abaissant la haye sur son point d'appui, ou en diminuant ou augmentant la longueur de la partie de l'âge située entre la sellette et le corps de la charrue. Dans les araires, le même effet s'obtient au moyen d'un *régulateur* dont nous allons parler.

Le régulateur. — Le régulateur sert à régler l'enture de la charrue, et dans son état de perfection, à modifier la largeur de la raie ouverte par le soc. Pour les charrues à avant-train, tout ce qui contribue à élever ou à abaisser la haye sur son appui, à rapprocher ce point ou à l'éloigner du corps de la charrue, ou enfin à modifier l'action du tirage, doit être considéré comme régulateur. On se sert d'une simple broche qui maintient l'anneau où s'attache la chaîne de tirage, et qu'on peut fixer plus ou moins haut sur l'âge, de rondelles qui, par leur interposition en plus ou moins grand nombre, éloignent ou rapprochent ladite broche du point de tirage, de deux montants percés de trous, le long desquels on fait glisser la sellette, ou même d'une vis qui élève ou abaisse rapidement la sellette sur laquelle repose la haie.

Dans les araires, le régulateur est toujours fixé à l'extrémité antérieure de la flèche, parce que c'est là qu'est le point d'attache des traits ; il sert à les hausser ou à les baisser, suivant l'enture qu'on veut obtenir. Nous donnons (fig. 415) le régulateur adopté par



415.

M. de Dombasle pour son araire perfectionnée. C'est une boîte en fer A, qui embrasse un châssis B, sur lequel elle peut glisser indistinctement à droite ou à gauche, et qui est traversée par une tige à crans C. La boîte et la crémaillère peuvent se mouvoir indépendamment l'une de l'autre ; la première horizontalement, la seconde verticalement, et toutes deux se fixer solidement, lorsqu'il y a lieu, au moyen d'un écrou à vis. On voit bien que suivant le mouvement donné à ces deux pièces, le crochet d'attache D sera élevé, abaissé, porté à droite, à gauche, suivant la volonté du laboureur.

Les charrues à avant-train prennent plus d'entrure à mesure qu'on abaisse l'âge sur la sellette. Les araires piquent d'autant moins qu'on abaisse le point de tirage. Elles ouvrent une raie plus large lorsqu'on porte ce point vers la droite, moins large lorsqu'on le dirige vers la gauche.

Le manche. — Un seul manche peut suffire pour la conduite d'une charrue, et dans beaucoup d'aires on se borne à un manche. Cependant on ne peut disconvenir que dans un grand nombre de cas, et notamment pour faciliter la direction de l'instrument, l'addition d'un second manche est d'un grand secours. Il se fixe généralement à l'extrémité postérieure de la charrue.

Avant de décrire les deux charrues qui nous semblent résumer tous les perfectionnements apportés, depuis longues années, dans la construction des charrues, savoir : l'aire de M. de Dombasle et la charrue Grangé, disons quelques mots des résistances qu'oppose la terre à l'action de l'instrument et de la force de traction.

M. Mathieu de Dombasle compare l'action du soc de la charrue à celle de deux coins agissant, l'un comme coin antérieur horizontalement, l'autre comme coin postérieur et verticalement. Le premier est représenté par la partie tranchante du soc qui agit obliquement, au lieu d'être placé perpendiculairement à la ligne de direction de la charrue. Cette obliquité a pour but de lui faire vaincre plus facilement les obstacles qu'il rencontre. Le second, formé par la face gauche du corps de la charrue, a son tranchant placé dans un plan vertical à la gorge de la charrue. Dans les charrues les plus parfaites, on a remplacé par une surface courbe la face supérieure du coin antérieur et la face droite du coin postérieur, afin d'amener avec le moins de résistance possible la bande de terre de l'extrémité antérieure de l'un à l'extrémité postérieure de l'autre.

La puissance motrice, pour produire le plus grand effet possible, doit être appliquée dans la direction de la ligne de résistance; or, dans le coin que nous avons supposé, la ligne de résistance est, dans le plan de la face du coin, parallèle à la ligne de mouvement et passant par son tranchant; par conséquent la ligne de résistance, ou coin antérieur, est une ligne droite placée au fond du sillon, dans le milieu de sa largeur, et parallèle à sa direction; celle du coin postérieur est aussi une ligne droite placée sur la surface gauche du corps de la charrue, à moitié de la profondeur du sillon, et parallèle à sa direction. Le plau qui passe par ces deux lignes contient leur résultante, située à égale distance de chacune d'elles, et le point où cette résultante rencontre la surface du soc ou du versoir est le point où est accumulée la résistance ou le centre de résistance. C'est donc en ce point que devrait être fixée la puissance motrice qui, de plus, pour produire le plus grand effet possible, devrait agir dans le prolongement de la ligne de résistance, et parallèlement à la surface du sol. Il ne peut malheureusement pas, en pratique, en être ainsi. Le tirage a toujours lieu dans une direction oblique par rapport à la ligne de résistance, et tous les efforts des constructeurs de charrue doivent tendre à rendre l'angle que fait la ligne de traction avec la ligne de résistance le plus aigu possible. On va comprendre que dans les araires on atteint facilement ce but, tandis qu'il n'en est pas de même dans les charrues à avant-train, dont le plus haut degré de perfection est de se rapprocher des araires, quant à la puissance de traction.

Lorsque le mouvement se transmet de la puissance à la résistance, au moyen d'un corps inflexible, cette transmission se fait toujours suivant une ligne droite tirée d'un point à l'autre, quelque soit d'ailleurs la forme du corps intermédiaire. Si, à ce corps inflexible, on ajoute un corps flexible, tel qu'une corde, une chaîne, les trois points de résistance, d'attache et de puissance tendent toujours à se placer en ligne droite, et quand cet effort

sera obtenu, la traction aura encore lieu comme si la puissance agissait directement au point de résistance. Remarquons que, dans les deux cas précédents, il y a une décomposition de force, et que, comme nous le disions plus haut, l'effet utile sera d'autant plus grand que la ligne de traction se rapprochera plus de l'horizontale, ou mieux de la surface du sol, autrement dit que l'angle de cette ligne avec la ligne de résistance sera plus aigu. Mais si la puissance, en formant avec la surface du sol un angle aigu, en forme un autre au point d'attache avec le corps inflexible, il s'opère en ce point une nouvelle décomposition de force, puisque ces trois points, puissance, attache et résistance, tendent toujours à se mettre en ligne droite; la perte de force sera d'autant plus grande que ce second angle sera plus aigu; elle atteindra son minimum pour un angle très obtus, et deviendra nulle si les trois points se remettent en ligne droite.

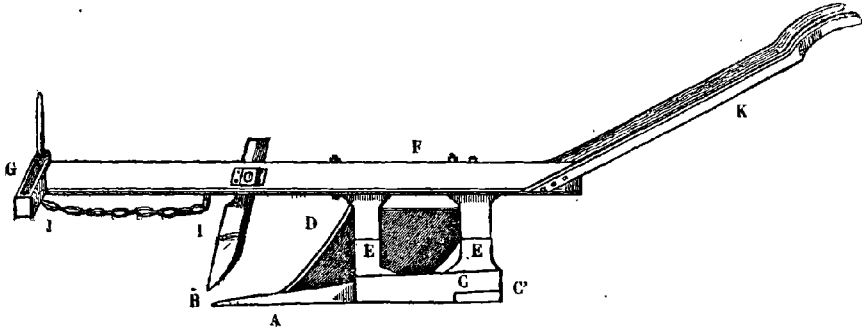
M. de Dombasle a déduit de ces théorèmes les positions suivantes : Dans les araires, si aucune puissance n'agit sur le manche, les trois points sont toujours en ligne droite, et la perte de force sera mesurée par l'angle aigu formé par les deux lignes de puissance et de résistance. La même chose arrive, dans la charrue à avant-train, si les trois points sont en ligne droite, c'est-à-dire, si le point d'attache se trouve précisément dans la ligne tirée de l'épaule des chevaux au point de résistance. Mais si le point d'attache est placé au-dessus de cette ligne, il s'opérera une nouvelle décomposition de force en ce point, et une partie de la force du tirage sera employée à exercer, sur l'avant-train, une pression verticale. Si le point d'attache était au-dessous de cette ligne, la décomposition aurait lieu en sens inverse, et l'avant-train serait soulevé.

Des araires. — L'aire, ou charrue simple, exige dans la construction la plus grande régularité, puisque, lorsqu'elle opère dans un sillon, l'action du labourer doit se réduire à bien établir sa direction, vu que, n'ayant aucun point d'appui à la partie antérieure de l'âge, le plus léger changement dans le placement du coudre, ou dans l'attache des traits, rend sa marche irrégulière et quelquefois impossible. « Toutefois, dit M. Molard, une bonne aire entre les mains d'un labourer intelligent et habitué à la diriger, est préférable à la plupart des charrues à avant-train. À l'aide d'une force moindre, elle accomplit autant de travail; elle laboure aussi bien et elle occasionne moins de fatigue à l'homme chargé de régler sa marche et aux animaux destinés à la mouvoir. » Cependant, sur beaucoup de points du territoire, on répudie encore l'aire, parce que, nous le croyons du moins, sa conduite exige à la fois plus de soin, d'attention et d'intelligence de la part du labourer que la charrue à avant-train. D'ailleurs, pour certains travaux, il est très difficile de se passer de l'avant-train, et les partisans impartiaux de l'aire reconnaissent que, pour les labours peu profonds de déchaumage, ou pour les terrains tenaces et humides, l'avant-train donne à la charrue une stabilité et une régularité qu'elle n'aurait pas sans cela.

L'aire la plus perfectionnée et la plus répandue en France est, sans contredit, l'aire de M. de Dombasle (fig. 416). A, soc de forme triangulaire qui peut prendre de 24 à 27 centimètres de largeur de raie, et environ 30 centimètres d'entrure dans les charrues de moyenne grandeur. Il est fixé au versoir par un lien de fer solide et à la semelle par un boulon. Il peut être construit en fonte, en fer forgé ou en acier; B, coudre presque vertical, placé en arrière de la pointe du soc, à une certaine distance de la gorge de la charrue, et fixé par une vis de pression sur le côté gauche de l'âge, dans une couteillère où il peut se mouvoir; C, sep en fonte avec son talon C'. D, versoir en fonte coulé et dans quelques cas particuliers en bois, court et très contourné. E, E,

étaçons qui assemblent invariablement l'âge et le sep. Le versoir prend appui sur eux, au moyen de deux verges boulonnées. F, âge horizontal, plus court que celui

Mais celle qui, sans contredit, les surpasse toutes, soit par sa simplicité, soit par l'heureuse combinaison des moyens mécaniques mis à la disposition du labou-



416.

de la plupart des autres charrues; G, régulateur dont nous avons donné le détail (fig. 415). Il est garni de sa chaîne, laquelle est attachée au point I à un crochet fixé sous l'âge à l'extrémité d'une bande de fer; K, mancherons fort courts, simplement fixés à la partie postérieure de l'âge. Le mancheron de gauche s'éloigne de la ligne de l'âge. L'âge et les mancherons sont en bois, et le reste du bâti est en fonte.

A Grignon, où on a adopté cette araire, on lui a fait subir quelques modifications. On a raccourci l'âge, diminué le sep, et par suite le frottement; on a reculé les mancherons du point de résistance, afin de donner plus de facilité de conduite et une puissance plus grande au laboureur; et enfin on a augmenté l'énergie du versoir et diminué son frottement en l'élevant vers son extrémité inférieure.

Les araires dont nous venons de parler n'ont pas de point d'appui sur le devant, mais il en est d'autres nommées araires à support, à roue simple et à deux roues assez généralement employées en Belgique, en Amérique et dans quelques parties de la France, notamment dans le Nord. Nous ne nous arrêterons pas à les décrire. Disons seulement que l'addition du support ou de la roue rend la direction des araires beaucoup plus aisée entre des mains peu exercées. Voyez AGRICULTURE.

Des charrues à avant-train. — Nous avons vu que, dans certains cas, l'avant-train était indispensable pour obtenir un bon labour. De plus, en examinant l'effet de la puissance de traction, nous avons reconnu qu'il y avait une décomposition de force qui agissait sur l'avant-train en pesant sur lui. Le problème à résoudre, dans la construction de la charrue à avant-train, était donc de lui conserver ses avantages et de la rapprocher le plus possible des araires sous le point de vue d'un moindre tirage.

L'avant-train d'une charrue comprend ordinairement deux roues de diamètre égal ou inégal et l'essieu qui les unit; un support quelconque attaché à cet essieu, et qui est destiné à recevoir et à maintenir plus ou moins fixement l'âge ou la haie, enfin un timon presque toujours prolongé postérieurement à l'essieu. Il reçoit d'un côté la chaîne qui unit l'arrière à l'avant-train, et sert antérieurement d'intermédiaire entre la charrue et le point d'attache des animaux de trait.

Sans nous arrêter à décrire les diverses espèces de charrues à avant-train, qui résolvent plus ou moins bien le problème que nous avons énoncé plus haut, nous citerons la charrue *Guillaume*, la charrue de *Brie* perfectionnée, la charrue *Champenoise*, la charrue de *Roville*, la charrue de *Putchet*, qui toutes ont atteint un degré de perfection remarquable.

reur, est la charrue due à un simple garçon de ferme, à Grangé, qui eut, il est vrai, pour maître M. Mathieu de Dombasle.

La charrue ordinaire à avant-train ne peut être maintenue dans une direction régulière que par les efforts plus ou moins violents du laboureur; quand le soc est piqué en terre, il faut qu'il le soulève et le renverse sur le côté pour le dégager; cette même opération est indispensable quand il change de raie ou quand il a fini son travail; quand la charrue est en marche ou en travail, la pression qu'exerce le laboureur sur les mancherons exige toute son attention et toute sa force, et le rend souvent incapable de diriger son attelage. Grangé a remédié à tous ces inconvénients au moyen de trois leviers et de deux montants. Nous dirons tout à l'heure que deux de ces leviers ont été confondus en un seul; mais nous pensons que le lecteur comprendra mieux le jeu de ces leviers, en les lui montrant d'abord séparément et tels que Grangé les a imaginés en 1833.

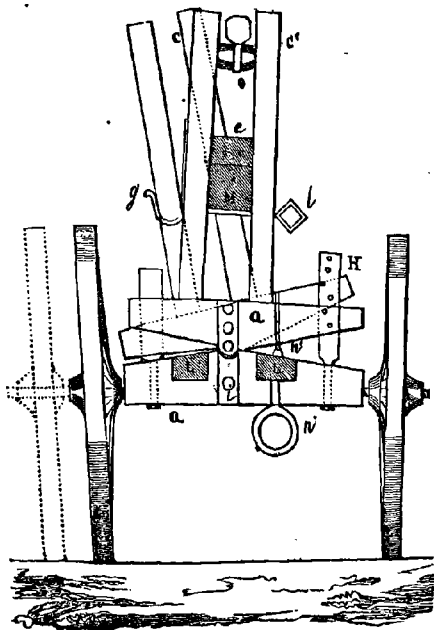
L'avant-train est composé (fig. 417) d'une pièce en bois Q' qui supporte l'essieu: cette pièce est convexe à sa partie supérieure. La sellette Q, qui lui est superposée, est également convexe, mais en sens inverse. Elle est liée à la pièce d'essieu par une charnière. La sellette porte deux montants C et C', parallèles entre eux et inclinés vers la roue de gauche; elle peut s'incliner à droite ou à gauche, et être maintenue dans cette position au moyen d'une plaque en fer H servant de régulateur et de chevilles en fer qui la traversent. La haie M a l'épaisseur nécessaire pour passer entre les montants, et pour qu'elle y éprouve moins de battement, elle porte encore une surcharge e. Ces montants portent en outre plusieurs anneaux et crochets dont nous allons voir l'usage. Deux chaînes A et A' (fig. 418), fixées aux armons, servent à fixer l'avant-train à la haie.

Un premier levier BB, prend son point d'appui sur le crochet g (fig. 418). Il est destiné à soutenir les armons quand il n'y a pas de tirage; une courroie le fixe à la hauteur nécessaire. C'est le levier des armons.

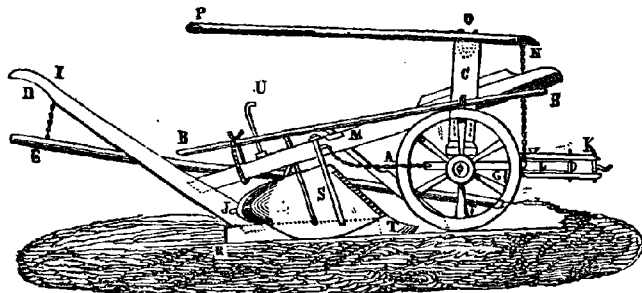
Un second levier PO, prend son point d'appui entre les sommets des montants, sur la traverse O; il sert à soulever la partie antérieure de la haie, et par conséquent à dépiquer la charrue, soit en cas de résistance accidentelle, soit quand le travail est fini: alors son extrémité P, vient s'engager dans le crochet U et la charrue est transportée sans danger, en s'appuyant seulement sur le talon du sep. Ce levier peut s'appeler le levier de dépiquer.

Enfin, un troisième levier EF, prend son point d'appui contre la partie inférieure de l'essieu: son extré-

mité antérieure passe dans l'anneau *n* (fig. 448), et son extrémité postérieure vient passer sur la chaîne DE, que l'on allonge à volonté et qui transmet la pression sur le manche I, et de là sur le taillon du sep R. C'est le levier de pression.



447.



448.

La chape K, qui porte le crochet de tirage, tourne sur l'extrémité L des armons, et peut être arrêtée dans une position convenable pour que la direction du tirage se rapproche le plus possible de la direction de la ligne de résistance.

Nous avons dit qu'on avait confondu en un seul, deux de ces leviers. Ce sont ceux des armons et de pression. Qu'on remarque en effet que ces deux leviers n'agissent jamais simultanément. Quand la charrue est au repos, le levier des armons soutient l'avant-train et l'empêche de se baisser vers la terre; l'autre levier est au repos. Dès que les chevaux se mettent en marche, l'effort qu'ils exercent tend à relever les armons; le premier levier devient donc inutile, ce n'est plus que le second qui agit, en transmettant au mancheron une

partie de l'effort de traction. On avait pensé qu'il était nécessaire de lui donner pour point d'appui le dessous de l'essieu. Mais il est bien évident qu'il doit agir de la même façon, s'il est fixé d'une manière rigide au dessus de l'essieu, et de là à le transformer en levier des armons, le passage était facile, puisque ce levier étant rigide, et le poids du sep et du soc, qui agit sur son extrémité postérieure, étant supérieur à celui des armons, rien ne s'oppose à ce qu'il maintienne les armons à une hauteur convenable à l'état de repos.

Les avantages de la charrue Grangé sont :

1° De diminuer la peine du labourer; puisqu'un levier vient peser sur le mancheron et sert à maintenir la charrue à sa profondeur dans le sillon, avec d'autant plus d'efficacité et de mesure, que cette force agit toujours simultanément avec le tirage.

2° De diminuer la force du tirage; en effet, quand les chevaux tirent et soulèvent les armons, ils soulèvent en même temps l'extrémité du levier de pression et rejettent ainsi presque tout le poids de l'avant-train sur l'arrière-train. Les roues n'éprouvent plus alors qu'un léger frottement, elles ne pèsent plus sur le sol et n'augmentent pour ainsi dire le tirage que du poids de l'avant-train, comparativement aux charrues sans avant-train.

L'action réelle de ce levier de pression est de faire d'une charrue à avant-train une charrue sans avant-train : car ce levier, en liant invariablement les deux trains, remplace bien l'axe horizontal de l'aire dont nous avons donné le dessin. Les roues deviennent des roues modératrices, comme on en met quelquefois aux aires perfectionnées. Mais alors quel mérite a une invention qui ne fait que reproduire, sous la forme d'une charrue à avant-train, l'aire déjà connue, si elle se borne à reproduire ses avantages sans y en ajouter d'autres?

A cette question, on peut répondre que la charrue Grangé a sur les aires en général un avantage incontestable. Les aires sont fort difficiles à bien construire, et quand elles sont mal construites, elles deviennent très difficiles à conduire; tandis que dans une charrue à avant-train, lorsqu'il y a des défauts, le labourer peut plus aisément remédier aux inconvénients de construction par la manière dont il conduit, dont il tient l'arrière-train, un peu de force lui suffit souvent pour remédier à ce défaut. Dans les autres, au contraire, la force ne fait rien; l'adresse et l'intelligence peuvent bien quelquefois suppléer à la force; mais combien n'est-

il pas plus facile de trouver un garçon labourer d'une force suffisante pour conduire une charrue qui n'exige qu'un peu de force, qu'un garçon labourer d'une adresse et d'une intelligence suffisante pour conduire une charrue difficile!

Ajoutons un extrait de l'instruction que Grangé lui-même a donnée pour régler et conduire sa charrue.

Pour obtenir la longueur et la profondeur désirées, on doit incliner le corps de la charrue à droite pour avoir une plus grande largeur, à gauche pour l'avoir moindre. Cette inclinaison se donne à droite, en élevant la sellette vers l'essieu. Pour la profondeur, on élève ou abaisse la broche en fer qui traverse horizontalement les deux montants, en élevant la broche on a moins de profondeur, en l'abaissant on en a plus.

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

Pour presser à volonté sur le talon de la charrie, effet qui s'obtient au moyen du levier EF, il faut régler les étriers qui soutiennent ce levier, en commençant par l'étrier placé près de l'essieu. On ne doit pas trop seidr le levier, c'est-à-dire qu'il suffit que le talon de la charrie glisse régulièrement contre le fond de la raie. De même, l'extrémité postérieure fixée au mancheron ne doit pas s'élever à plus de 40 centimètres de terre, pour ne pas gêner l'action du levier de dépiqué.

Il est de toute nécessité que la haie gauche de la haie s'appuie sans cesse et constamment contre le montant gauche, afin d'obtenir un labour régulier. Si l'on s'aperçoit que la haie s'appuie alternativement contre le montant droit et contre le montant gauche, et varie entre les deux montants, il faut raccourcir la chaîne de tir gauche, jusqu'à ce qu'on ait pour ainsi dire fixé la haie sur le montant gauche. P. TOURNEUX.

CHAUDIÈRE A VAPEUR (Administration). Les machines et chaudières à vapeur ont successivement été soumises à diverses mesures de sûreté par les ordonnances des 29 octobre 1823, 7 mai 1828, 22 septembre 1829, 25 mars 1830 et 22 juillet 1829.

Avant 1823 on ne comptait en France qu'un petit nombre de ces appareils qui se sont beaucoup multipliés depuis.

Le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance du 14 janvier 1815, relatifs aux établissements insalubres ou incommodes, ne s'étaient occupés des machines à vapeur, qu'ils désignaient sous le nom de pompes à feu, que par rapport aux inconvénients de la fumée pour le voisinage.

L'ordonnance du 29 octobre 1823 prescrivit plusieurs conditions de sûreté; mais elle ne concernait que les machines à haute pression, celles dans lesquelles la force élastique de la vapeur dépasse deux atmosphères.

Les ordonnances des 7 mai 1828 et 23 septembre 1829 déterminèrent des règles pour les épreuves, et y assujettirent toutes les chaudières à haute pression, ainsi que les tubes bouilleurs, et les cylindres et enveloppes de cylindres des machines.

L'ordonnance du 25 mars 1830 s'occupa spécialement des chaudières à basse pression, où la tension de la vapeur ne dépasse pas deux atmosphères au plus; elle leur appliqua quelques-unes des dispositions déjà prescrites pour la haute pression, mais en les exemptant des épreuves et de toute condition d'emplacement.

Enfin l'ordonnance du 22 juillet 1839 a fixé des règles pour les épreuves des chaudières des machines locomotives employées sur les chemins de fer.

Les règlements faits ainsi à différentes reprises manquaient d'unité et présentaient diverses lacunes. En outre le temps et l'expérience ont fait reconnaître que parmi les précautions exigées, il en était quelques-unes que l'on pouvait rendre moins rigoureuses et même supprimer entièrement; d'autres, au contraire, qu'il convenait d'étendre ou de compléter, de manière à concilier à la fois les intérêts de l'industrie et ceux de la sûreté publique. Il était donc nécessaire de faire un nouveau règlement à l'effet de coordonner toutes les dispositions à prescrire aujourd'hui en cette matière, d'après les enseignements donnés par la pratique et la théorie.

Ce travail vient d'être fait et a été résumé: pour les machines et chaudières à vapeur employées sur terre, par l'ordonnance du 22 mai 1843; et pour les bateaux à vapeur, par celle du 23 mai de la même année. L'importance du sujet nous oblige à donner ici le texte de ces deux ordonnances.

Ordonnance du 22 mai 1843, relative aux machines et chaudières à vapeur autres que celles qui sont placées sur des bateaux.

Art. 1^{er}. Seront soumises aux formalités et aux me-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

sures de sûreté prescrites par la présente ordonnance, les machines à vapeur et les chaudières fermées dans lesquelles on doit produire de la vapeur.

Les machines et chaudières établies à bord des bateaux seront réglées par une ordonnance spéciale

TITRE PREMIER.

DISPOSITIONS RELATIVES A LA FABRICATION ET AU COMMERCE DES MACHINES OU CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Art. 2. Aucune machine ou chaudière à vapeur ne pourra être livrée par un fabricant, si elle n'a subi les épreuves ci-après. Lesdites épreuves seront faites à la fabrique, sur la déclaration des fabricants, et d'après les ordres des préfets, par les ingénieurs des mines, ou à leur défaut, par les ingénieurs des ponts et chaussées.

Art. 3. Les chaudières ou machines à vapeur venant de l'étranger devront être pourvues des mêmes appareils de sûreté que les machines et chaudières d'origine française, et subir les mêmes épreuves. Ces épreuves seront faites au lieu désigné par le destinataire dans la déclaration qu'il devra faire à l'importation.

TITRE II.

DISPOSITIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES MACHINES ET DES CHAUDIÈRES A VAPEUR PLACÉES A DEMEURE AILLEURS QUE DANS LES MINES.

SECTION I. — DES AUTORISATIONS.

Art. 4. Les machines à vapeur et les chaudières à vapeur, tant à haute pression qu'à basse pression, qui sont employées à demeure, partout ailleurs que dans l'intérieur des mines, ne pourront être établies qu'en vertu d'une autorisation délivrée par le préfet du département, conformément à ce qui est prescrit par le décret du 15 octobre 1810, pour les établissements insalubres et incommodes de deuxième classe.

Art. 5. La demande en autorisation sera adressée au préfet, elle fera connaître :

1^o La pression maximum de la vapeur, exprimée en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, sous laquelle les machines à vapeur ou les chaudières à vapeur devront fonctionner;

2^o La force de ces machines exprimées en chevaux (le cheval-vapeur étant la force capable d'élever un poids de 75 kil. à un mètre de hauteur dans une seconde de temps);

3^o La forme des chaudières, leur capacité, et celle de leurs tubes bouilleurs, exprimés en mètres cubes;

4^o Le lieu et l'emplacement où elles devront être établies, et la distance où elles se trouveront de lieux appartenant à des tiers et de la voie publique;

5^o La nature du combustible que l'on emploiera;

6^o Enfin le genre d'industrie auquel les machines ou les chaudières devront servir.

Un plan des localités et le dessin géométrique de la chaudière seront joints à la demande.

Art. 6. Le préfet renverra immédiatement la demande en autorisation, avec les plans, au sous-préfet de l'arrondissement pour être transmise au maire de la commune.

Art. 7. Le maire procédera immédiatement à des informations de commodo et incommodo. La durée de cette enquête sera de dix jours.

Art. 8. Cinq jours après qu'elle sera terminée, le maire adressera le procès-verbal de l'enquête, avec son avis, au sous-préfet, lequel, dans un semblable délai, transmettra le tout au sous-préfet, en y joignant également son avis.

Art. 9. Dans le délai de quinze jours, le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur des mines, ou, à son dé-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

faut, de l'ingénieur des ponts et chaussées, statuera sur la demande en autorisation.

L'ingénieur signalera, s'il y a lieu, dans son avis, les vices de construction qui pourraient devenir des causes de danger, et qui proviendraient soit de la mauvaise qualité des matériaux, soit de la forme de la chaudière, ou du mode de jonction de ses diverses parties. Il indiquera les moyens d'y remédier, si cela est possible.

Art. 40. L'arrêté par lequel le préfet autorisera l'établissement d'une machine ou d'une chaudière à vapeur indiquera :

1° Le nom du propriétaire;

2° La pression maximum de la vapeur, exprimée en nombre d'atmosphères, sous laquelle la machine ou la chaudière devra fonctionner, et les numéros des timbres dont la machine et la chaudière auront été frappées, ainsi qu'il est prescrit ci-après, article 49;

3° La force de la machine exprimée en chevaux;

4° La forme et la capacité de la chaudière,

5° Le diamètre des soupapes de sûreté et la charge de ces soupapes;

6° La nature du combustible dont il sera fait usage;

7° Le genre d'industrie auquel servira la machine ou la chaudière à vapeur.

Art. 41. Le recours au conseil d'État est ouvert au demandeur contre la décision du préfet qui aurait refusé d'autoriser l'établissement d'une machine ou chaudière à vapeur.

S'il a été formé des oppositions à l'autorisation, les opposants pourront se pourvoir devant le conseil de préfecture contre la décision du préfet qui aurait accordé l'autorisation, sauf recours au conseil d'État.

Les décisions du préfet relatives aux conditions de sûreté que les machines ou chaudières à vapeur doivent présenter, ne seront susceptibles de recours que devant notre ministre des travaux publics.

Art. 42. Les machines et les chaudières à vapeur ne pourront être employées qu'après qu'on aura satisfait aux conditions imposées dans l'arrêté d'autorisation.

Art. 43. L'arrêté du préfet sera affiché pendant un mois à la mairie de la commune où se trouve l'établissement autorisé. Il en sera de plus déposé une copie aux archives de la commune; il devra d'ailleurs être donné communication dudit arrêté à toute partie intéressée qui en fera la demande.

SECTION II. — ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES ET DES AUTRES PIÈCES CONTENANT LA VAPEUR.

Art. 44. Les chaudières à vapeur, leurs tubes bouilleurs et les réservoirs à vapeur; les cylindres en fonte des machines à vapeur et les enveloppes en fonte de ces cylindres, ne pourront être employés dans un établissement quelconque sans avoir été soumis préalablement, et ainsi qu'il est prescrit au titre premier de la présente ordonnance, à une épreuve opérée à l'aide d'une pompe de pression.

Art. 45. La pression d'épreuve sera un multiple de la pression effective, ou autrement de la plus grande tension que la vapeur pourra avoir dans les chaudières et autres pièces contenant la vapeur, diminuée de la pression extérieure de l'atmosphère.

On procédera aux épreuves en chargeant les soupapes de poids proportionnels à la pression effective, et suivant la règle indiquée en l'article 24.

À l'égard des autres pièces, la charge d'épreuve sera appliquée sur la soupape de la pompe de pression.

Art. 46. Pour les chaudières, tubes bouilleurs et réservoirs en tôle ou en cuivre laminé, la pression d'épreuve sera triple de la pression effective.

Cette pression d'épreuve sera quintuple pour les chaudières et tubes bouilleurs en fonte.

Art. 47. Les cylindres en fonte des machines à vapeur et les enveloppes en fonte de ces cylindres seront

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

éprouvés sous une pression triple de la pression effective.

Art. 48. L'épaisseur des parois des chaudières cylindriques en tôle ou en cuivre laminé, sera réglée conformément à la table n° 4, annexée à la présente ordonnance.

L'épaisseur de celles de ces chaudières qui, par leurs dimensions et par la pression de la vapeur, ne se trouveraient pas comprises dans la table, sera déterminée d'après la règle énoncée à la suite de ladite table; toutefois cette épaisseur ne pourra dépasser 45 millimètres.

Les épaisseurs de la tôle devront être augmentées s'il s'agit de chaudières formées en partie ou en totalité de faces planes, ou bien de conduits intérieurs, cylindriques ou autres, traversant l'eau ou la vapeur, et servant soit de foyers, soit à la circulation de la flamme. Ces chaudières et conduits devront de plus être, suivant les cas, renforcés par des armatures suffisantes.

Art. 49. Après qu'il aura été constaté que les parois des chaudières en tôle ou en cuivre laminé ont les épaisseurs voulues, et après que les chaudières, les tubes bouilleurs, les réservoirs de vapeur, les cylindres en fonte et les enveloppes en fonte de ces cylindres auront été éprouvés, il y sera appliqué des timbres indiquant, en nombre d'atmosphères, le degré de tension intérieure que la vapeur ne devra pas dépasser. Ces timbres seront placés de manière à être toujours apparents, après la mise en place des chaudières et cylindres.

Art. 20. Les chaudières qui auront des faces planes seront dispensées de l'épreuve, mais sous la condition que la force élastique ou la tension de la vapeur ne devra pas s'élever dans l'intérieur de ces chaudières à plus d'une atmosphère et demie.

Art. 21. L'épreuve sera recommencée sur l'établissement dans lequel les machines ou chaudières doivent être employées :

1° Si le propriétaire de l'établissement la réclame;

2° S'il y a eu pendant le transport ou lors de la mise en place des avaries notables;

3° Si des modifications ou réparations quelconques ont été faites depuis l'épreuve opérée à la fabrication.

SECTION III. — DES APPAREILS DE SURETÉ DONT LES CHAUDIÈRES A VAPEUR DOIVENT ÊTRE MUNIES.

§ I^{er}. — Des soupapes de sûreté.

Art. 22. Il sera adapté à la partie supérieure de chaque chaudière deux soupapes de sûreté, une vers chaque extrémité de la chaudière.

Le diamètre des orifices de ces soupapes sera réglé d'après la surface de chauffe de la chaudière et la tension de la vapeur dans son intérieur, conformément à la table n° 2, annexée à la présente ordonnance.

Art. 23. Chaque soupape sera chargée d'un poids unique, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier.

Chaque poids recevra l'empreinte d'un poinçon. Dans le cas où il serait fait usage de leviers, ils devront être également poinçonnés. La quantité des poids et la longueur des leviers seront fixées par l'arrêté d'autorisation mentionné à l'article 40.

Art. 24. La charge maximum de chaque soupape de sûreté sera déterminée en multipliant 4^t,033 par le nombre d'atmosphères mesurant la pression effective, et par le nombre de centimètres carrés mesurant l'orifice de la soupape.

La largeur de la surface annulaire de recouvrement ne devra pas dépasser la trentième partie du diamètre de la surface circulaire exposée directement à la pression de la vapeur, et cette largeur dans aucun cas ne devra excéder 2 millimètres.

CHAUDIÈRE À VAPEUR.

§ II. — Des manomètres.

Art. 25. Toute chaudière à vapeur sera munie d'un manomètre à mercure, gradué en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, de manière à faire connaître immédiatement la tension de la vapeur dans la chaudière.

Le tuyau qui amènera la vapeur au manomètre sera adapté directement sur la chaudière, et non sur le tuyau de prise de vapeur ou sur tout autre tuyau dans lequel la vapeur serait en mouvement.

Le manomètre sera placé en vue du chauffeur.

Art. 26. On fera usage du manomètre à air libre, c'est-à-dire ouvert à sa partie supérieure, toutes les fois que la pression effective de la vapeur ne dépassera pas quatre atmosphères.

On emploiera toujours le manomètre à air libre, quelle que soit la pression effective de la vapeur, pour les chaudières mentionnées à l'article 43.

Art. 27. On tracera sur l'échelle de chaque manomètre, d'une manière apparente, une ligne qui répondra au numéro de cette échelle que le mercure ne devra pas dépasser.

§ III. De l'alimentation et des indicateurs du niveau de l'eau dans les chaudières.

Art. 28. Toute chaudière sera munie d'une pompe d'alimentation, bien construite et en bon état d'entretien, ou de tout autre appareil alimentaire d'un effet certain.

Art. 29. Le niveau que l'eau doit avoir habituellement dans chaque chaudière sera indiqué à l'extérieur par une ligne tracée d'une manière très apparente sur le corps de la chaudière ou sur le parement du fourneau.

Cette ligne sera d'un décimètre au moins au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée dans le fourneau.

Art. 30. Chaque chaudière sera pourvue d'un flotteur d'alarme, c'est-à-dire qui détermine l'ouverture d'une issue par laquelle la vapeur s'échappe de la chaudière, avec un bruit suffisant pour avertir, toutes les fois que le niveau de l'eau dans la chaudière vient à s'abaisser de cinq centimètres au-dessus de la ligne d'eau dont il est fait mention à l'article 29.

Art. 31. La chaudière sera en outre munie de l'un des trois appareils suivants : 1° un flotteur ordinaire d'une mobilité suffisante ; 2° un tube indicateur en verre ; 3° des robinets indicateurs convenablement placés à des niveaux différents. Ces appareils indicateurs seront dans tous les cas disposés de manière à être en vue du chauffeur.

§ IV. — Des chaudières multiples.

Art. 32. Si plusieurs chaudières sont destinées à fonctionner ensemble, elles devront être disposées de manière à pouvoir, au besoin, être rendues indépendantes les unes des autres.

En conséquence chaque chaudière sera alimentée séparément, et devra être munie de tous les appareils de sûreté prescrits par la présente ordonnance.

SECTION IV. — DE L'EMPLACEMENT DES CHAUDIÈRES À VAPEUR. *

Art. 33. Les conditions à remplir pour l'emplacement des chaudières à vapeur dépendent de la capacité de ces chaudières, y compris les tubes bouilleurs, et de la tension de la vapeur.

A cet effet les chaudières sont réparties en quatre catégories.

On exprimera en mètres cubes la capacité de la chaudière avec les tubes bouilleurs, et en atmosphères la tension de la vapeur, et on multipliera les deux nombres l'un par l'autre.

CHAUDIÈRE À VAPEUR.

Les chaudières seront dans la première catégorie quand ce produit sera plus grand que 45 ;

Dans la deuxième, si ce produit surpasse 7 et n'exède pas 45 ;

Dans la troisième, s'il est supérieur à 3 et s'il n'exède pas 7 ;

Dans la quatrième catégorie, s'il n'exède pas 3.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement, et s'il existe entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prendra, pour former le produit comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces chaudières, y compris celle de leurs tubes bouilleurs.

Art. 34. Les chaudières à vapeur comprises dans la première catégorie devront être établies ex dehors de toute maison d'habitation et de tout atelier.

Art. 35. Néanmoins pour laisser la faculté d'employer au chauffage des chaudières une chaleur qui autrement serait perdue, le préfet pourra autoriser l'établissement des chaudières de la première catégorie dans l'intérieur d'un atelier qui ne fera pas partie d'une maison d'habitation. L'autorisation sera portée à la connaissance de notre ministre des travaux publics.

Art. 36. Toutes les fois qu'il y aura moins de 40 mètres de distance entre une chaudière de la première catégorie et les maisons d'habitation ou la voie publique, il sera construit en bonne et solide maçonnerie un mur de défense de 4 mètres d'épaisseur. Les autres dimensions seront déterminées comme il est dit à l'article 44.

Ce mur de défense sera, dans tous les cas, distinct du massif de maçonnerie des fourneaux, et en sera séparé par un espace libre de 50 centimètres de largeur au moins. Il devra également être séparé des murs mitoyens avec les maisons voisines.

Si la chaudière est enfoncée dans le sol, et établie de manière que sa partie supérieure soit à 4 mètres au moins en contre-bas du sol, le mur de défense ne sera exigible que lorsqu'elle se trouvera à moins de 5 mètres des maisons habitées ou de la voie publique.

Art. 37. Lorsqu'une chaudière de la première catégorie sera établie dans un local fermé, ce local ne sera point voûté, mais il devra être couvert d'une toiture légère, qui n'aura aucune liaison avec les toits des ateliers ou autres bâtiments contigus, et reposera sur une charpente particulière.

Art. 38. Les chaudières à vapeur, comprises dans la deuxième catégorie, pourront être placées dans l'intérieur d'un atelier, si toutefois cet atelier ne fait pas partie d'une maison d'habitation ou d'une fabrique à plusieurs étages.

Art. 39. Si les chaudières de cette catégorie sont à moins de 5 mètres de distance, soit des maisons d'habitation, soit de la voie publique, il sera construit de ce côté un mur de défense tel qu'il est prescrit à l'art. 36.

Art. 40. A l'égard des terrains contigus, non bâtis, appartenant à des tiers, si, après l'autorisation donnée par le préfet pour l'établissement de chaudières de première ou de seconde catégorie, les propriétaires de ces terrains font bâtir, dans les distances énoncées aux art. 36 et 39, ou si ces terrains viennent à être consacrés à la voie publique, la construction de murs de défense, tels qu'ils sont prescrits ci-dessus, pourra, sur la demande des propriétaires desdits terrains, être imposée au propriétaire de la chaudière, par arrêté du préfet, sauf recours devant notre ministre des travaux publics.

Art. 41. L'autorisation donnée par le préfet, pour les chaudières de la première et de la deuxième catégorie, indiquera l'emplacement de la chaudière et la distance à laquelle cette chaudière devra être placée par rapport aux habitations appartenant à des tiers et à la voie publique, et fixera, s'il y a lieu, la direction de l'axe de la chaudière.

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

Cette autorisation déterminera la situation et les dimensions en longueur et en hauteur du mur de défense de 1 mètre, lorsqu'il sera nécessaire d'établir ce mur en exécution des articles ci-dessus.

Dans la fixation de ces dimensions, on aura égard à la capacité de la chaudière, au degré de tension de la vapeur, et à toutes les autres circonstances qui pourront rendre l'établissement de la chaudière plus ou moins dangereux ou incommode.

Art. 42. Les chaudières de la troisième catégorie pourront aussi être placées dans l'intérieur d'un atelier qui ne fera pas partie d'une maison d'habitation, mais sans qu'il y ait lieu d'exiger le mur de défense.

Art. 43. Les chaudières de la quatrième catégorie pourront être placées dans l'intérieur d'un atelier quelconque, lors même que cet atelier fera partie d'une maison d'habitation.

Dans ce cas, les chaudières seront munies d'un manomètre à air libre, ainsi qu'il est dit à l'art. 26.

Art. 44. Les fourneaux des chaudières à vapeur, comprises dans la troisième et dans la quatrième catégorie, seront entièrement séparés par un espace vide de 50 centimètres au moins des maisons d'habitation appartenant à des tiers.

Art. 45. Lorsque les chaudières établies dans l'intérieur d'un atelier ou d'une maison d'habitation seront couvertes, sur le dôme et sur les flancs, d'une enveloppe destinée à prévenir les déperditions de chaleur, cette enveloppe sera construite en matériaux légers; si elle est en briques, son épaisseur ne dépassera pas 1 décimètre.

TITRE III.

DISPOSITIONS RELATIVES A L'ÉTABLISSEMENT DES MACHINES A VAPEUR EMPLOYÉES DANS L'INTÉRIEUR DES MINES.

Art. 46. Les machines à vapeur, placées à demeure dans l'intérieur des mines, seront pourvues des appareils de sûreté prescrits par la présente ordonnance pour les machines fixes, et devront avoir subi les mêmes épreuves. Elles ne pourront être établies qu'en vertu d'autorisations du préfet délivrées sur le rapport des ingénieurs des mines.

Ces autorisations détermineront les conditions relatives à l'emplacement, à la disposition et au service habituel des machines.

TITRE IV.

DISPOSITIONS RELATIVES A L'EMPLOI DES MACHINES A VAPEUR LOCOMOBILES ET LOCOMOTIVES.

SECTION I. — DES MACHINES LOCOMOBILES.

Art. 47. Sont considérées comme locomobiles les machines à vapeur qui, pouvant être transportées facilement d'un lieu dans un autre, n'exigent aucune construction pour fonctionner à chaque station.

Art. 48. Les chaudières et autres pièces de ces machines seront soumises aux épreuves et aux conditions de sûreté prescrites aux sections II et III du titre II de la présente ordonnance, sauf les exceptions suivantes pour celles de ces chaudières qui sont construites suivant un système tubulaire.

Lesdites chaudières pourront être épronnées sous une pression double seulement de la pression effective.

On pourra, quelle que soit la tension de la vapeur dans ces chaudières, remplacer le manomètre à air libre par un manomètre à air comprimé, ou même par un thermomanomètre, c'est-à-dire par un thermomètre gradué en atmosphères et en parties décimales d'atmosphère : les indications de ces instruments devront être facilement lisibles et placées en vue du chauffeur.

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

On pourra se dispenser d'adapter auxdites chaudières un flotteur d'alarme, et il suffira qu'elles soient munies d'un tube indicateur en verre convenablement placé.

Art. 49. Indépendamment des timbres relatifs aux conditions de sûreté, toute locomobile recevra une plaque portant le nom du propriétaire.

Art. 50. Aucune locomobile ne pourra fonctionner à moins de 400 mètres de distance de tout bâtiment, sans une autorisation spéciale donnée par le maire de la commune. En cas de refus, la partie intéressée pourra se pourvoir devant le préfet.

Art. 51. Si l'emploi d'une machine locomobile présente des dangers, soit parce qu'il n'aurait point été satisfait aux conditions de sûreté ci-dessus prescrites, soit parce que la machine n'aurait pas été entretenue en bon état de service, le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, ou, à son défaut, de l'ingénieur des ponts et chaussées, pourra suspendre ou même interdire l'usage de cette machine.

SECTION II. — DES MACHINES LOCOMOTIVES.

Art. 52. Les machines à vapeur locomotives sont celles qui, en se déplaçant par leur propre force, servent au transport des voyageurs, des marchandises ou des matériaux.

Art. 53. Les dispositions de l'article 48 sont applicables aux chaudières et autres pièces de ces machines, sauf l'exception énoncée en l'article ci-après.

Art. 54. Les soupapes de sûreté des machines locomotives pourront être chargées au moyen de ressorts disposés de manière à faire connaître en kilogrammes et en fractions décimales de kilogramme, la pression qu'ils exerceront sur les soupapes.

Art. 55. Aucune machine locomotive ne pourra être mise en service sans un permis de circulation délivré par le préfet du département où se trouvera le point de départ de la locomotive.

Art. 56. La demande du permis contiendra les indications comprises sous les numéros 1 et 3 de l'article 5 de la présente ordonnance, et fera connaître, de plus, le nom donné à la machine locomotive et le service auquel elle est destinée.

Le nom de la locomotive sera gravé sur une plaque fixée à la chaudière.

Art. 57. Le préfet, après avoir pris l'avis de l'ingénieur des mines, ou, à son défaut, de l'ingénieur des ponts et chaussées, délivrera, s'il y a lieu, le permis de circulation.

Art. 58. Dans ce permis seront énoncés :

1° Le nom de la locomotive et le service auquel elle sera destinée ;

2° La pression maximum (en nombre d'atmosphères) de la vapeur dans la chaudière, et les numéros des timbres dont la chaudière et le cylindre auront été frappés ;

3° Le diamètre des soupapes de sûreté ;

4° La capacité de la chaudière ;

5° Le diamètre des cylindres et la course des pistons ;

6° Enfin le nom du fabricant et l'année de la construction.

Art. 59. Si une machine locomotive ne satisfait pas aux conditions ci-dessus prescrites, ou si elle n'est pas entretenue en bon état de service, le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, ou, à son défaut, de l'ingénieur des ponts et chaussées, pourra en suspendre ou même en interdire l'usage.

Art. 60. Les conditions auxquelles sera assujettie la circulation des locomotives et des convois, en tout ce qui peut concerner la sûreté publique, seront déterminées par arrêtés du préfet du département où sera situé le lieu du départ, après avoir entendu les entrepreneurs, et en ayant égard, tant aux cahiers des char-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

ges des entreprises qu'aux dispositions des règlements d'administration publique concernant les chemins de fer.

TITRE V.

DE LA SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE DES MACHINES ET CHAUDIÈRES A VAPEUR.

Art. 64. Les ingénieurs des mines et, à leur défaut, les ingénieurs des ponts et chaussées sont chargés, sous l'autorité des préfets, de la surveillance des machines et chaudières à vapeur.

Art. 62. Ces ingénieurs donnent leur avis sur les demandes en autorisation d'établir des machines ou des chaudières à vapeur, et sur les demandes de permis de circulation concernant les machines locomotives; ils dirigent les épreuves des chaudières et des autres pièces contenant la vapeur. Ils font appliquer les timbres constatant les résultats de ces épreuves, et poinçonner les poids et les leviers des soupapes de sûreté.

Art. 63. Les mêmes ingénieurs s'assurent, au moins une fois par an, et plus souvent lorsqu'ils en reçoivent l'ordre du préfet, que toutes les conditions de sûreté prescrites sont exactement observées.

Ils visitent les machines et les chaudières à vapeur; ils en constatent l'état, et ils provoquent la réparation, et même la réforme des chaudières et des autres pièces que le long usage ou une détérioration accidentelle leur ferait regarder comme dangereuses.

Ils proposent également de nouvelles épreuves, lorsqu'ils les jugent indispensables pour s'assurer que les chaudières et les autres pièces conservent une force de résistance suffisante, soit après un long usage, soit lorsqu'il y aura été fait des changements ou réparations notables.

Art. 64. Les mesures indiquées en l'article précédent sont ordonnées, s'il y a lieu, par le préfet, après avoir entendu les propriétaires, lesquels pourront d'ailleurs réclamer de nouvelles épreuves lorsqu'ils les jugeront nécessaires.

Art. 65. Lorsque, par suite de demandes en autorisation d'établir des machines ou des appareils à vapeur, les ingénieurs des mines ou les ingénieurs des ponts et chaussées auront fait, par ordre du préfet, des actes de leur ministère de la nature de ceux qui donnent lieu aux allocations établies par l'article 89 du décret du 13 novembre 1840 et par l'article 75 du décret du 7 fructidor an XIII; ces allocations seront fixées et recouvrées dans les formes déterminées par lesdits décrets.

Art. 66. Les autorités chargées de la police locale exerceront une surveillance habituelle sur les établissements pourvus de machines ou de chaudières à vapeur.

TITRE VI.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 67. Si, à raison du mode particulier de construction de certaines machines ou chaudières à vapeur, l'application, à ces machines ou chaudières, d'une partie des mesures de sûreté prescrites par la présente ordonnance se trouvait inutile, le préfet, sur le rapport des ingénieurs, pourra autoriser l'établissement de ces machines et chaudières, en les assujettissant à des conditions spéciales.

Si, au contraire, une chaudière ou machine paraît présenter des dangers d'une nature particulière, et s'il est possible de les prévenir par des mesures que la présente ordonnance ne rend point obligatoires, le préfet, sur le rapport des ingénieurs, pourra accorder l'autorisation demandée, sous les conditions qui seront reconnues nécessaires.

Dans l'un et l'autre cas, les autorisations données

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

par le préfet seront soumises à l'approbation de notre ministre des travaux publics.

Art. 68. Lorsqu'une chaudière à vapeur sera alimentée par des eaux qui auraient la propriété d'attaquer d'une manière notable le métal de cette chaudière, la tension intérieure de la matière ne devra pas dépasser une atmosphère et demie, et la charge des soupapes sera réglée en conséquence. Néanmoins, l'usage des chaudières contenant la vapeur sous une tension plus élevée sera autorisé lorsque la propriété corrosive des eaux d'alimentation sera détruite, soit par une distillation préalable, soit par l'addition de substances neutralisantes, ou par tout autre moyen reconnu efficace.

Il est accordé un délai d'un an, à dater de la présente ordonnance, aux propriétaires des machines à vapeur alimentées par des eaux corrosives, pour se conformer aux prescriptions du présent article. Si dans ce délai, ils ne s'y sont point conformés, l'usage de leurs appareils sera interdit par le préfet.

Art. 69. Les propriétaires et chefs d'établissement veilleront :

1° A ce que les machines et chaudières à vapeur et tout ce qui en dépend soit entretenu constamment en bon état de service;

2° A ce qu'il y ait toujours, près des machines et chaudières, des manomètres de rechange, ainsi que des tubes indicateurs de rechange, lorsque ces tubes seront au nombre des appareils employés pour indiquer le niveau de l'eau dans les chaudières;

3° A ce que lesdites machines et chaudières soient chauffées, manœuvrées et surveillées suivant les règles de l'art.

Conformément aux dispositions de l'article 4384 du Code civil, ils seront responsables des accidents et dommages résultant de la négligence ou de l'incapacité de leurs agents.

Art. 70. Il est défendu de faire fonctionner les machines et chaudières à vapeur sous une pression supérieure au degré déterminé dans les actes d'autorisation, et auquel correspondront les timbres dont ces machines et chaudières seront frappées.

Art. 71. En cas de changements ou de réparations notables qui seraient faits aux chaudières ou autres pièces passibles des épreuves, le propriétaire devra en donner avis au préfet qui ordonnera, s'il y a lieu, de nouvelles épreuves, ainsi qu'il est dit aux articles 63 et 64.

Art. 72. Dans tous les cas d'épreuves, les appareils et la main d'œuvre seront fournis par les propriétaires des machines et chaudières.

Art. 73. Les propriétaires de machines ou de chaudières à vapeur autorisées seront tenus d'adapter aux dites machines et chaudières les appareils de sûreté qui pourraient être découverts par la suite, et qui seraient prescrits par des règlements d'administration publique.

Art. 74. En cas de contravention aux dispositions de la présente ordonnance, les permissionnaires pourront encourir l'interdiction de leurs machines ou chaudières, sans préjudice des peines, dommages et intérêts qui seraient prononcés par les tribunaux. Cette interdiction sera prononcée par arrêté des préfets, sauf recours devant notre ministre des travaux publics. Ce recours ne sera pas suspensif.

Art. 75. En cas d'accident, l'autorité chargée de la police locale se transportera sans délai sur les lieux, et le procès-verbal de sa visite sera transmis au préfet, et, s'il y a lieu, au procureur du roi.

L'ingénieur des mines, ou à son défaut l'ingénieur des ponts et chaussées, se rendra aussi sur les lieux immédiatement pour visiter les appareils à vapeur, en constater l'état et rechercher la cause de l'accident. Il adressera sur le tout un rapport au préfet.

En cas d'explosion, les propriétaires d'appareils à vapeur, ou leurs représentants, ne devront ni réparer leurs constructions, ni déplacer ou dénaturer les fragments de la chaudière ou machine rompue, avant la visite et la clôture du procès-verbal de l'ingénieur.

Art. 76. Les propriétaires d'établissements, aujourd'hui autorisés, se conformeront dans le délai d'un an, à dater de la publication de la présente ordonnance, aux prescriptions de la section III du titre II, articles 22 à 32 inclusivement.

Quant aux dispositions relatives à l'emplacement des chaudières, énoncées dans la section IV du même titre, articles 33 à 45 inclusivement, les propriétaires des établissements existants, qui auront accompli toutes les obligations prescrites par les ordonnances des 29 octobre 1823, 7 mai 1828, 23 septembre 1829 et 25 mars 1830, sont provisoirement dispensés de s'y conformer; néanmoins, quand ces établissements seront une cause de danger, le préfet, sur le rapport de l'ingénieur des mines, ou à son défaut de l'ingénieur des ponts et chaussées, et après avoir entendu le propriétaire de l'établissement, pourra prescrire la mise à exécution de tout ou partie des mesures portées en la présente ordonnance, dans un délai dont le terme sera fixé suivant l'exigence des cas.

Art. 77. Il sera publié, par notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics, une nouvelle instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines et des chaudières à vapeur.

Cette instruction sera affichée à demeure dans l'enceinte des ateliers.

Art. 78. L'établissement et la surveillance des machines et appareils à vapeur qui dépendent des services spéciaux de l'Etat sont régis par des dispositions particulières, sauf les conditions qui peuvent intéresser les tiers, relativement à la sûreté et à l'incommodité, et en se conformant aux prescriptions du décret du 15 octobre 1810.

Art. 79. Les attributions données aux préfets des départements par la présente ordonnance seront exercées par le préfet de police dans toute l'étendue du département de la Seine, et dans les communes de Saint-Cloud, Mondon et Sèvres, du département de Seine-et-Oise.

Art. 80. Les ordonnances royales des 29 octobre 1823, 7 mai 1828, 23 septembre 1829, 25 mars 1830 et 22 juillet 1839, concernant les machines et chaudières à vapeur sont rapportées.

Art. 81. Notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

Ordonnance du 3 mai 1843, relative aux bateaux à vapeur qui naviguent sur les fleuves et rivières.

Art. 1^{er}. La construction et l'emploi des bateaux à vapeur qui naviguent sur les fleuves et rivières sont assujettis aux dispositions suivantes.

TITRE PREMIER.

DES PERMIS DE NAVIGATION.

SECTION I. — FORMALITÉS PRÉLIMINAIRES.

Art. 2. Aucun bateau à vapeur ne pourra naviguer sur les fleuves et rivières sans un permis de navigation.

Art. 3. Toute demande en permis de navigation sera adressée, par le propriétaire du bateau, au préfet du département où se trouvera le point de départ.

Art. 4. Dans sa demande, le propriétaire fera connaître :

1° Le nom du bateau ;

2° Ses principales dimensions, son tirant d'eau à vide, et sa charge maximum, exprimée en tonneaux de 1,000 kilogr.

3° La force de l'appareil moteur, exprimée en chevaux (le cheval-vapeur étant la force capable d'élever un poids de 75 kil. à 4 mètre de hauteur dans une seconde de temps) ;

4° La pression, évaluée en nombre d'atmosphères, sous laquelle cet appareil fonctionnera ;

5° La forme de la chaudière ;

6° Le service auquel le bateau sera destiné ; les points de départ, de stationnement et d'arrivée ;

7° Le nombre maximum des passagers qui pourront être reçus dans le bateau.

Un dessin géométrique de la chaudière sera joint à la demande.

Cette demande sera renvoyée par le préfet à la commission de surveillance instituée dans le département, conformément à l'article 70 de la présente ordonnance.

SECTION II. — DES VISITES ET DES ESSAIS DES BATEAUX A VAPEUR.

Art. 5. La commission de surveillance visitera le bateau à vapeur à l'effet de s'assurer :

1° S'il est construit avec solidité et si l'on a pris toutes les précautions requises pour le cas où il serait destiné à un service de passagers ;

2° Si l'appareil moteur a été soumis aux épreuves voulues, et s'il est pourvu des moyens de sûreté prescrits par la présente ordonnance ;

3° Si la chaudière, en raison de sa forme, du mode de jonction de ses diverses parties, de la nature des matériaux avec lesquels elle est construite, ne présente aucune cause particulière de danger ;

4° Si on a pris toutes les précautions nécessaires pour prévenir les chances d'incendies.

Art. 6. Après la visite, la commission assistera à un essai du bateau à vapeur. Elle vérifiera si l'appareil moteur a une force suffisante pour le service auquel ce bateau sera destiné, et elle constatera :

1° La hauteur des eaux lors de l'essai ;

2° Le tirant d'eau du bateau ;

3° La vitesse du bateau en montant et en descendant ;

4° Les divers degrés de tension de la vapeur, dans l'appareil moteur, pendant la marche du bateau.

Art. 7. La commission dressera un procès-verbal de la visite et de l'essai qu'elle aura faits du bateau à vapeur, et adressera ce procès-verbal au préfet du département.

Art. 8. Si la commission est d'avis que le permis de navigation peut être accordé, elle proposera les conditions auxquelles ce permis pourra être délivré.

Dans le cas contraire, elle exposera les motifs pour lesquels elle jugera qu'il est convenable de surseoir à la délivrance du permis, ou même de le refuser.

SECTION III. — DÉLIVRANCE DU PERMIS DE NAVIGATION.

Art. 9. Si après avoir reçu le procès-verbal de la commission de surveillance, le préfet reconnaît que le propriétaire du bateau à vapeur a satisfait à toutes les conditions exigées, il délivrera le permis de navigation. Ce permis ne sera valable que pour un an.

Art. 10. Dans le permis de navigation seront énoncés :

1° Le nom du bateau et du propriétaire ;

2° La hauteur de la ligne de flottaison, rapportée à des points de repère invariablement établis à l'avant, à l'arrière et au milieu du bateau ;

3° Le service auquel le bateau est destiné ; les points de départ, de stationnement et d'arrivée ;

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

4° Le nombre maximum des passagers qui pourront être reçus à bord ;

5° La tension maximum de la vapeur, exprimée en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, sous laquelle l'appareil moteur pourra fonctionner ;

6° Les numéros des timbres dont les chaudières, tubes bouilleurs, cylindres et enveloppes des cylindres auront été frappés, ainsi qu'il est prescrit à l'article 24.

7° Le diamètre des soupapes de sûreté et leur charge telle qu'elle aura été réglée conformément aux articles 29 et 30.

Art. 41. Le préfet prescrira dans le permis toutes les mesures d'ordre et de police locale nécessaires. Il transmettra copie de son arrêté aux préfets des autres départements traversés par la ligne de navigation, lesquels prescriront les dispositions du même genre à observer dans ces départements ; le tout sans préjudice de l'exécution des lois et règlements concernant la navigation dans la circonscription des arrondissements maritimes.

Art. 42. Si le préfet reconnaît, d'après le procès-verbal dressé par la commission de surveillance, qu'il y a lieu de surseoir à la délivrance du permis, ou même de le refuser, il notifiera sa décision au propriétaire du bateau, sauf recours devant notre ministre des travaux publics.

Art. 43. A chaque renouvellement du permis de navigation, la commission de surveillance sera consultée, comme il est dit ci-dessus.

SECTION IV. — DES AUTORISATIONS PROVISOIRES DE NAVIGATION.

Art. 44. Si le bateau a été muni de son appareil moteur et mis en état de naviguer dans un département autre que celui où il doit entrer en service, le propriétaire devra obtenir du préfet du premier de ces départements une autorisation provisoire de navigation, pour faire arriver le bateau au lieu de sa destination. La commission de surveillance sera consultée sur sa demande.

Art. 45. L'autorisation provisoire ne dispensera pas le propriétaire du bateau de l'obligation d'obtenir un permis définitif de navigation, lorsque le bateau sera arrivé au lieu de sa destination.

SECTION V. — DISPOSITION TRANSITOIRE.

Art. 46. Il est accordé aux détenteurs actuels de permis de navigation un délai de trois mois, à dater de la publication de la présente ordonnance, pour se conformer aux dispositions qui précèdent, et demander un nouveau permis, qui leur sera délivré, s'il y a lieu, par l'autorité compétente. Passé ce délai, les anciens permis de navigation seront considérés comme non avenue.

TITRE II.

DES MACHINES A VAPEUR SERVANT DE MOTEUR AUX BATEAUX.

SECTION I^{re}. DISPOSITIONS RELATIVES A LA FABRICATION ET AU COMMERCE DES MACHINES EMPLOYÉES SUR LES BATEAUX.

Art. 47. Aucune machine à vapeur, destinée à un service de navigation, ne pourra être livrée par un fabricant, si elle n'a subi les épreuves ci-après.

Art. 48. Les épreuves seront faites à la fabrique, par ordre du préfet, sur la déclaration du fabricant.

Art. 49. Les machines venant de l'étranger devront être pourvues des mêmes appareils de sûreté que les machines d'origine française, et subir les mêmes épreuves. Ces épreuves seront faites au lieu désigné par le

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

destinataire dans la déclaration qu'il devra faire à l'importation.

SECTION II. — ÉPREUVES DES CHAUDIÈRES ET DES AUTRES PIÈCES CONTENANT LA VAPEUR.

Art. 20. Les chaudières à vapeur, leurs tubes bouilleurs et les réservoirs à vapeur, les cylindres en fonte des machines à vapeur et les enveloppes en fonte de ces cylindres, ne pourront, sauf l'exception portée à l'article 28, être établis à bord des bateaux sans avoir été préalablement soumis par les ingénieurs des mines, ou, à leur défaut, par les ingénieurs des ponts et chaussées, à une épreuve opérée à l'aide d'une pompe de pression.

L'usage des chaudières et des tubes bouilleurs en fonte est prohibé dans les bateaux à vapeur.

Art. 21. La pression d'épreuve prescrite par l'article précédent sera triple de la pression effective, ou, autrement, de la plus grande tension que la vapeur pourra avoir dans les chaudières, leurs tubes bouilleurs et autres pièces contenant la vapeur, diminuée de la pression extérieure de l'atmosphère.

Art. 22. On procédera aux épreuves en chargeant les soupapes de sûreté des chaudières de poids proportionnels à la pression effective, et déterminés suivant la règle indiquée en l'article 31.

A l'égard des autres pièces, la charge d'épreuve sera appliquée sur la soupape de la pompe de pression.

Art. 23. L'épaisseur des parois des chaudières cylindriques, en tôle ou en cuivre laminé, sera réglée conformément à la table n° 1, annexée à la présente ordonnance.

L'épaisseur de celles de ces chaudières qui, par leurs dimensions et par la pression de la vapeur, ne se trouveraient pas comprises dans la table, sera déterminée d'après la règle énoncée à la suite de ladite table ; toutefois cette épaisseur ne pourra dépasser 45 millimètres.

Les épaisseurs de la tôle devront être augmentées s'il s'agit de chaudières formées, en partie ou en totalité, de faces planes ou bien de conduits intérieurs, cylindriques ou autres, traversant l'eau ou la vapeur, et servant soit de foyers, soit à la circulation de la flamme. Ces chaudières et conduits devront de plus être, suivant les cas, renforcés par des armatures suffisantes.

Art. 24. Après qu'il aura été constaté que les parois des chaudières ont les épaisseurs voulues, et après l'épreuve, on appliquera aux chaudières, à leurs tubes bouilleurs et aux réservoirs à vapeur, aux cylindres en fonte des machines à vapeur et aux enveloppes en fonte de ces cylindres, des timbres indiquant, en nombre d'atmosphères, le degré de tension intérieure que la vapeur ne devra pas dépasser. Ces timbres seront placés de manière qu'ils soient toujours apparents.

Art. 25. L'épreuve sera renouvelée après l'installation de la machine dans le bateau ; 1° si le propriétaire la réclame ; 2° s'il y a eu pendant le transport, ou lors de la mise en place, quelques avaries ; 3° s'il a été fait à la chaudière des modifications ou réparations quelconques depuis la première épreuve ; 4° si la commission de surveillance le juge utile.

Art. 26. Les chaudières à vapeur, leurs tubes bouilleurs et autres pièces contenant la vapeur, devront être éprouvés de nouveau toutes les fois qu'il sera jugé nécessaire par les commissions de surveillance.

Quand il aura été fait aux chaudières et autres pièces des changements ou réparations notables, les propriétaires des bateaux à vapeur seront tenus d'en donner connaissance au préfet. Il sera nécessairement procédé dans ce cas, à de nouvelles épreuves.

Art. 27. L'appareil et la main d'œuvre nécessaires pour les épreuves seront fournis par les propriétaires des machines et chaudières à vapeur.

Art. 28. Les chaudières qui auront des faces planes seront dispensées de l'épreuve, mais sous la condition

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

que la force élastique ou la tension de la vapeur, ne devra pas s'élever dans l'intérieur de ces chaudières, à plus d'une atmosphère et demie.

SECTION III. — DES APPAREILS DE SURETÉ DONT LES CHAUDIÈRES A VAPEUR DOIVENT ÊTRE MUNIES.

§ I^{er}. — DES SOUPAPES DE SURETÉ.

Art. 29. Il sera adapté à la partie supérieure de chaque chaudière deux soupapes de sûreté. Ces soupapes seront placées vers chaque extrémité de la chaudière, et à la plus grande distance possible l'une de l'autre.

Le diamètre des orifices de ces soupapes sera réglé d'après la surface de chauffe de la chaudière et la tension de la vapeur dans son intérieur, conformément à la table n° 2 annexée à la présente ordonnance.

Art. 30. Chaque soupape sera chargée d'un poids unique, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier.

Chaque poids recevra l'empreinte d'un poinçon apposé par la commission de surveillance. Les leviers seront également poinçonnés, s'il en est fait usage. La quotité du poids et la longueur du levier seront énoncées dans le permis de navigation.

Art. 31. La charge maximum de chaque soupape de sûreté sera déterminée en multipliant 4¹,033 par le nombre d'atmosphères mesurant la pression effective, et par le nombre de centimètres carrés mesurant l'orifice de la soupape.

La largeur de la surface annulaire de recouvrement ne devra pas dépasser la trentième partie du diamètre de la surface circulaire exposée directement à la pression de la vapeur, et cette largeur dans aucun cas ne devra excéder 2 millimètres.

Art. 32. Il sera de plus adapté à la partie supérieure des chaudières à faces planes, dont il est fait mention à l'article 28, une soupape atmosphérique, c'est-à-dire ouvrant du dehors en dedans.

§ II. — Des manomètres.

Art. 33. Chaque chaudière sera munie d'un manomètre à mercure, gradué en atmosphères et en fractions décimales d'atmosphère, de manière à faire connaître immédiatement la pression de la vapeur dans la chaudière.

Le tuyau qui amènera la vapeur au manomètre sera adapté directement sur la chaudière, et non sur le tuyau de prise de vapeur ou sur tout autre tuyau dans lequel la vapeur serait en mouvement.

Le manomètre sera placé en vue du chauffeur.

Art. 34. On fera usage du manomètre à air libre, c'est-à-dire ouvert à sa partie supérieure toutes les fois que la pression effective de la vapeur ne dépassera pas deux atmosphères.

Art. 35. On tracera sur l'échelle de chaque manomètre, d'une manière très apparente, une ligne qui répondra au numéro de cette échelle que le mercure ne devra pas habituellement dépasser.

§ III. — De l'alimentation et des indicateurs de niveau de l'eau dans les chaudières.

Art. 36. Chaque chaudière sera munie d'une pompe alimentaire bien construite et en bon état d'entretien.

Indépendamment de cette pompe, mise en mouvement par la machine motrice du bateau, chaque chaudière sera pourvue d'une autre pompe pouvant fonctionner, soit à l'aide d'une machine particulière, soit à bras d'homme, et destinée à alimenter la chaudière, s'il en est besoin, lorsque la machine motrice du bateau ne fonctionnera pas.

Art. 37. Le niveau que l'on doit avoir habituellement dans la chaudière sera indiqué, à l'extérieur, par une ligne tracée d'une manière très apparente sur le

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

corps de la chaudière, ou sur le parement du fourneau.

Cette ligne sera d'un décimètre au moins au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée dans le fourneau.

Art. 38. Il sera adapté à chaque chaudière, 1° deux tubes indicateurs en verre, qui seront placés un à chaque côté de la face antérieure de la chaudière; 2° l'un des deux appareils suivants, savoir : un flotteur d'une mobilité suffisante; des robinets indicateurs, convenablement placés à des niveaux différents. Les appareils indicateurs seront, dans tous les cas, disposés de manière à être en vue du chauffeur.

SECTION IV. — DES CHAUDIÈRES MULTIPLES

Art. 39. Si plusieurs chaudières sont établies dans un bateau, elles ne pourront être mises en communication que par les parties toujours occupées par la vapeur, et cette communication sera disposée de manière que les chaudières puissent, au besoin, être rendues indépendantes les unes des autres.

SECTION V. — DE L'EMPLACEMENT DES APPAREILS MOTEURS.

Art. 40. L'emplacement des appareils moteurs devra être assez grand pour qu'on puisse facilement faire le service des chaudières et visiter toutes les parties des appareils.

Cet emplacement sera séparé des salles des passagers par des cloisons en planches, très solidement construites et entièrement revêtues d'une doublure en feuilles de tôle, à recouvrement, d'un millimètre d'épaisseur au moins.

TITRE III.

DE L'INSTALLATION DES BATEAUX A VAPEUR, DES AGRES, APPAREILS ET DES ÉQUIPAGES.

Art. 41. Le pont de chaque bateau devra être garni de garde-corps d'une hauteur suffisante pour la sûreté des passagers.

Toutes les ouvertures pratiquées au-dessus des machines et des chaudières, qui ne sont pas habituellement fermées par un panneau plein, seront munies d'un grillage en fer ou en bois.

Art. 42. De chaque côté du bateau il y aura un escalier d'embarquement (en bois ou en fer), avec une rampe ou une corde à nœuds solidement fixée.

Art. 43. Les tambours qui, de chaque côté du bateau, enveloppent les roues motrices, seront munies d'une défense en fer, descendant assez près de la surface de l'eau pour empêcher les embarcations de s'engager dans les palettes des roues.

Art. 44. Lorsque la cheminée sera mobile, et qu'elle ne se trouvera pas disposée de manière à être en équilibre sur son axe de rotation dans toutes les positions, il sera établi, sur le pont du bateau, un support suffisamment élevé, pour arrêter la cheminée en cas de chute et prévenir tout accident.

Art. 45. La ligne de flottaison indiquant le maximum du chargement, sera tracée d'une manière apparente sur le pourtour entier de la carène, d'après les points de repère déterminés par le permis de navigation.

Art. 46. Le nom du bateau sera inscrit en gros caractères sur chacun de ses côtés.

Art. 47. Il y aura dans chaque bateau :

1° Deux ancres, au moins, pouvant être jetées immédiatement ;

2° Un canot à la traîne ou suspendu à des palans, de manière à pouvoir être, au besoin, mis immédiatement à l'eau ; les dimensions de ce canot seront déterminées par le préfet, d'après l'avis de la commission de surveillance ;

3° Une bouée de sauvetage en liège, suspendue sur l'arrière ;

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

4° Une hache en bon état, à portée du timonier ;
5° Une cloche pour donner les avertissements nécessaires ;

6° Une boîte fumigatoire, pour administrer des secours aux asphyxiés ;

7° Des manomètres de rechange, ainsi que des tubes indicateurs de rechange.

Art. 48. Si le bateau est exposé accidentellement à être poussé à la mer, il sera muni des cartes et des instruments nautiques nécessaires à cette navigation.

Art. 49. Indépendamment du capitaine, maître ou timonier, et des matelots ou marinières formant l'équipage, il y aura à bord de chaque bateau un mécanicien et autant de chauffeurs que le besoin de l'appareil moteur l'exigera.

Art. 50. Nul ne pourra être employé en qualité de capitaine ou de mécanicien, s'il ne produit des certificats de capacité, délivrés dans les formes qui seront déterminées par notre ministre des travaux publics.

TITRE IV.

MESURES DIVERSES CONCERNANT LE SERVICE DES BATEAUX A VAPEUR.

SECTION I^{re}. — STATIONNEMENT, DÉPART ET MOUILLAGE DES BATEAUX.

Art. 51. Dans toutes les localités où cela sera possible, il sera assigné aux bateaux à vapeur un lieu de stationnement distinct de celui des autres bateaux.

Art. 52. Lorsque la disposition des lieux le permettra, il pourra être accordé à chaque entreprise de bateau à vapeur un emplacement particulier et dont elle aura la jouissance exclusive, à charge par elle d'y faire, à ses frais, les ouvrages nécessaires pour faciliter l'embarquement et le débarquement des voyageurs et des marchands.

Cette autorisation, toujours révocable, sera accordée par le préfet, qui en déterminera les conditions.

Art. 53. En cas de concurrence entre deux ou plusieurs entreprises, les heures de départ seront réglées par le préfet, de manière à éviter les accidents qui peuvent résulter de la rivalité.

Art. 54. Pour chaque localité, un arrêté du préfet déterminera les conditions de solidité et de stabilité des batelets destinés au service d'embarquement et de débarquement des passagers, le nombre des personnes que ces batelets pourront recevoir, et le nombre des marinières nécessaires pour les conduire.

Le maire de la commune délivrera le permis de service, après s'être préalablement assuré que les batelets sont conformes aux dispositions de sûreté prescrites, et que les marinières remplissent les conditions exigées par l'art. 47 de la loi du 6 frimaire an VII.

Art. 55. Sur les points où le service des batelets serait dangereux, les préfets pourront en interdire l'usage.

Art. 56. Aucun bateau à vapeur ne quittera le point de départ et les lieux de stationnement pendant la nuit, ni en temps de brouillard, de glace ou de débordements, à moins d'une permission spéciale délivrée par l'autorité chargée de la police locale.

Art. 57. Les préfets prescriront les dispositions nécessaires pour éviter, dans chaque localité, les accidents qui pourraient avoir lieu au départ et à l'arrivée des bateaux.

SECTION II. — MARCHE ET MANŒUVRE DES BATEAUX.

Art. 58. Si deux bateaux à vapeur marchant en sens inverse viennent à se rencontrer, le bateau descendant ralentira son mouvement, et chaque bateau serrera le chenal de navigation à sa droite. Si les dimensions de

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

ce chenal sont telles qu'il ne reste pas entre les parties les plus saillantes des bateaux un intervalle libre de quatre mètres au moins, le bateau qui remonte s'arrêtera, et attendra, pour reprendre sa route, que celui qui descend ait doublé le passage. Dans les rivières à marées, le bateau qui vient avec le flot est censé descendre.

Si la rencontre a lieu entre deux bateaux à vapeur marchant dans la même direction, celui qui sera en avant serrera le chenal de navigation à sa droite; celui qui sera en arrière serrera ce chenal à sa gauche.

Si les dimensions du chenal ne permettent pas le passage des deux bateaux, le bateau qui se trouvera en arrière ralentira son mouvement, et attendra que la passe soit franchie pour reprendre toute sa vitesse.

Des arrêtés des préfets désigneront les passes dans lesquelles il est interdit aux bateaux à vapeur de se croiser ou de se dépasser, et détermineront, relativement à des points facilement déterminables, les limites de chacune de ces passes.

Art. 59. Les préfets détermineront également les précautions à prendre à l'approche des ponts, pertuis et autres ouvrages d'art, tant pour la sûreté des passagers que pour la conservation de ces ouvrages.

Art. 60. Les capitaines des bateaux à vapeur ne feront aucune manœuvre dans le but d'entraver ou de retarder la marche des autres bateaux à vapeur, ou de toute autre embarcation. Ils diminueront la vitesse de leurs bateaux, ou même ils les feront arrêter, toutes les fois que la continuation de la marche de ces bateaux pourrait donner lieu à des accidents.

Art. 61. Tout bateau à vapeur naviguant pendant la nuit tiendra constamment allumés deux fanaux placés, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Ces deux fanaux seront à verres blancs lorsque le bateau descendra, et à verres rouges lorsqu'il remontera.

En cas de brouillard, le capitaine fera tinter continuellement la cloche du bateau pour éviter les abordages.

Art. 62. Les capitaines des bateaux à vapeur pourront, sauf le cas prévu par l'art. 55, prendre ou déposer en route des voyageurs ou des marchandises, qui seront transportés dans des batelets; mais ils devront faire arrêter l'appareil moteur du bateau, afin que les batelets puissent accoster sans danger. Ces batelets, avant d'aborder, seront amarrés au bateau à vapeur, et celui-ci ne devra continuer sa navigation que lorsqu'ils auront été poussés au large.

Art. 63. Les capitaines rendront compte à l'autorité chargée de la police locale, des faits qui pourront intéresser la sûreté de la police locale.

SECTION III. — CONDUITE DU FEU ET DE APPAREILS MOTEURS.

Art. 64. Le mécanicien, sous l'autorité du capitaine, présidera à la mise en feu avant le départ; il entretiendra toutes les parties de l'appareil moteur; il s'assurera qu'elles fonctionnent bien, et que les chauffeurs sont en état de bien faire leur service. Pendant le voyage, il dirigera les chauffeurs, et s'occupera constamment de la conduite de la machine.

Art. 65. Il sera tenu, à bord de chaque bateau, un registre dont toutes les pages devront être cotées et paraphées par le maire de la commune où est situé le siège de l'entreprise, et sur lequel le mécanicien inscrira d'heure en heure :

1° La hauteur des manomètres ;

2° La hauteur d'eau dans la chaudière, relativement à la ligne d'eau ;

3° Le lieu où se trouvera le bateau.

A la fin de chaque voyage, le mécanicien signera ces indications, dont il certifiera l'exactitude.

Art. 66. Il est défendu aux propriétaires de bateaux

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

à vapeur et à leurs agents, de faire fonctionner les appareils moteurs sous une pression supérieure à la pression déterminée dans le permis de navigation, et de rien faire qui puisse détruire ou diminuer l'efficacité des moyens de sûreté dont ces appareils seront pourvus.

SECTION IV. — DISPOSITIONS RELATIVES AUX PASSAGERS.

Art. 67. Il est interdit de laisser aucun passager s'introduire dans l'emplacement de l'appareil moteur.

Art. 68. Indépendamment du registre du mécanicien, il sera ouvert dans chaque bateau à vapeur un autre registre, dont toutes les pages seront, comme il est dit article 65, cotées et paraphées, et sur lequel les passagers auront la faculté de consigner leurs observations, ou ce qui pourrait concerner le départ, la marche et la manœuvre du bateau, les avaries ou accidents quelconques, et la conduite de l'équipage : ces observations devront être signées par les passagers qui les auront faites. Le capitaine pourra également consigner sur ce registre les observations qu'il jugerait convenables, ainsi que tous les faits qu'il lui paraîtrait important de faire attester par les passagers.

Art. 69. Dans chaque salle où se tiennent les passagers, il sera affiché une copie du permis de navigation et un tableau indiquant :

- 1° La durée moyenne des voyages, tant en montant qu'en descendant, et en ayant égard à la hauteur des eaux ;
- 2° La durée des stationnements ;
- 3° Le nombre maximum des passagers ;
- 4° La faculté qu'ils ont de consigner leurs observations sur le registre ouvert à cet effet ;
- 5° Le tarif des places.

TITRE V.

DE LA SURVEILLANCE ADMINISTRATIVE DES BATEAUX A VAPEUR.

Art. 70. Dans les départements où existeront des bateaux à vapeur, les préfets institueront une ou plusieurs commissions de surveillance.

Les ingénieurs des mines et les ingénieurs des ponts et chaussées feront nécessairement partie de ces commissions.

Art. 71. Les commissions de surveillance, indépendamment des fonctions qui leur sont attribuées par les articles 5, 6, 7, 8 et 14 ci-dessus, visiteront les bateaux au moins tous les trois mois, et chaque fois que le préfet le jugera convenable.

Les membres de ces commissions pourront, en outre, faire individuellement des visites plus fréquentes.

Art. 72. La commission de surveillance s'assurera, dans ses visites, que les mesures prescrites par la présente ordonnance et par le permis de navigation sont exécutées.

Elle constatera l'état de l'appareil moteur et celui du bateau ; elle se fera représenter le registre tenu par le mécanicien, et le registre destiné à recevoir les observations des passagers.

Art. 73. La commission adressera au préfet le procès-verbal de chacune de ses visites. Dans ce procès-verbal, elle consignera ses propositions sur les mesures à prendre si l'appareil moteur ou le bateau ne présente plus de garanties suffisantes de sûreté.

Art. 74. Sur les propositions de la commission de surveillance, le préfet ordonnera, s'il y a lieu, la réparation ou le remplacement de toutes les pièces de l'appareil moteur ou du bateau dont un plus long usage présenterait des dangers. Il pourra suspendre le permis de navigation jusqu'à l'entière exécution de ces mesures.

Art. 75. Dans les cas où, par suite d'inexécution des dispositions de la présente ordonnance, la sûreté pu-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

blique serait compromise, le préfet suspendra et, au besoin, révoquera le permis de navigation.

Art. 76. Les maires, adjoints ou commissaires de police, les officiers de port ou inspecteurs de la navigation, exerceront une surveillance de police journalière sur les bateaux à vapeur, tant aux points de départ qu'à l'arrivée qu'aux lieux de stationnement intermédiaires.

Art. 77. Les propriétaires des bateaux à vapeur seront tenus de recevoir à bord et de transporter gratuitement les inspecteurs de la navigation, gardes de rivières ou autres agents, qui seraient chargés spécialement de la police et de la surveillance de ces bateaux.

Art. 78. S'il était survenu des avaries de nature à compromettre la sûreté de la navigation, l'autorité chargée de la police locale pourra suspendre la marche du bateau ; elle devra sur-le-champ en informer le préfet.

En cas d'accident, elle se transportera immédiatement sur les lieux, et le procès-verbal qu'elle dressera de sa visite sera transmis au préfet, et, s'il y a lieu, au procureur du roi.

La commission de surveillance se rendra aussi sur les lieux sans délai, pour visiter les appareils moteurs, en constater l'état, et rechercher la cause de l'accident : elle adressera, sur le tout, un rapport au préfet.

TITRE VI.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 79. Les machines et les chaudières à vapeur, employées à un usage quelconque sur les bateaux stationnaires, sont soumises à toutes les conditions de sûreté prescrites par la présente ordonnance.

Art. 80. Si, à raison du mode particulier de constructions de certaines machines ou chaudières à vapeur, l'application, à ces machines ou chaudières, d'une partie des mesures de sûreté prescrites par la présente ordonnance devenait inutile, le préfet, sur le rapport de la commission de surveillance, déterminera les conditions sous lesquelles ces appareils seront autorisés. Dans ce cas, les permis de navigation ne seront délivrés par le préfet que lorsqu'ils auront reçu l'approbation du ministre des travaux publics.

Art. 81. Les propriétaires de bateaux à vapeur seront tenus d'adapter aux machines et chaudières employées dans ces bateaux les appareils de sûreté qui pourraient être découverts par la suite, et qui seraient prescrits par des règlements d'administration publique.

Art. 82. Il sera publié par notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics, une instruction sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des machines et des chaudières à vapeur établies sur des bateaux.

Cette instruction devra être affichée à demeure dans l'emplacement où se trouvent ces machines et chaudières.

Art. 83. La navigation et la surveillance des bateaux à vapeur de l'Etat sur les fleuves et rivières sont régies par des dispositions spéciales.

Art. 84. Les attributions données aux préfets des départements par la présente ordonnance seront exercées par le préfet de police dans toute l'étendue du département de la Seine, et dans les communes de Saint-Cloud, de Meudon et de Sèvres, du département de Seine-et-Oise.

Art. 85. Les ordonnances royales des 2 avril 1823 et 25 mai 1828, concernant les bateaux à vapeur et les machines et les chaudières à vapeur employées sur les bateaux à vapeur, sont rapportées.

Art. 86. Notre ministre secrétaire d'Etat au département des travaux publics est chargé de l'exécution de la présente ordonnance, qui sera insérée au Bulletin des Lois.

CHAUDIÈRE À VAPEUR

CHAUDIÈRE À VAPEUR.

TABLE N° I. — Table des épaisseurs à donner aux chaudières à vapeur cylindriques en tôle ou en cuivre laminé (1).

Diamètre des chaudières	NUMÉROS DES TIMBRES exprimant les tensions de la vapeur.							
	2 atmosph.		3 atmosph.		4 atmosph.		5 atmosph.	
	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
0,50	3,90	4,80	5,70	6,60	7,50	8,40	9,30	
0,55	3,99	4,98	5,97	6,96	7,95	8,94	9,93	
0,60	4,08	5,16	6,24	7,32	8,40	9,48	10,56	
0,65	4,17	5,34	6,51	7,68	8,85	10,02	11,19	
0,70	4,26	5,52	6,78	8,04	9,30	10,56	11,82	
0,75	4,35	5,70	7,05	8,40	9,75	11,10	12,45	
0,80	4,44	5,88	7,32	8,76	10,20	11,64	13,08	
0,85	4,53	6,06	7,59	9,12	10,65	12,18	13,71	
0,90	4,62	6,24	7,86	9,48	11,10	12,72	14,34	
0,95	4,71	6,42	8,13	9,84	11,55	13,26	14,97	
1,00	4,80	6,60	8,40	10,20	12,00	13,80	15,60	

CHAUDIÈRE A VAPEUR (industrie). Les chaudières à vapeur (*angl.* boilers, *all.* dampf kesseln) servent à produire de la vapeur d'eau à une tension plus ou moins élevée que l'on utilise, soit comme force motrice dans les machines à vapeur, soit comme moyen d'échauffement dans les ateliers de teinture, etc. On les construit en fonte, en cuivre laminé ou en tôle de fer. L'usage des chaudières en fonte est défendu sur les bateaux, et actuellement on n'en construit plus guère devant fonctionner sur terre : leur prix étant peu inférieur à celui des chaudières en tôle, par suite de l'épaisseur plus grande qu'on est obligé de leur donner, et leur emploi étant beaucoup plus dangereux et occasionnant une dépense en combustible plus considérable.

Comme d'après les règlements, on est obligé de donner aux chaudières en cuivre laminé une épaisseur égale à celle qu'elles devraient avoir si elles étaient en tôle de fer, leur prix est beaucoup plus élevé, et elles ne sont généralement employées que dans le cas où les seules eaux d'alimentation que l'on peut se procurer sont très corrosives, et détruiraient rapidement les chaudières en tôle.

La tôle de fer est presque exclusivement employée pour la fabrication des chaudières, par suite de sa plus grande ténacité et de son prix peu élevé.

TABLE N° II. — Table pour régler les diamètres à donner aux orifices des soupapes de sûreté (2).

SURFACE de chauffe des CHAUDIÈRES.	NUMÉROS DES TIMBRES INDICANT LES TENSIONS DE LA VAPEUR.									
	1 1/2 atmosph.	2 atmosph.	2 1/2 atmosph.	3 atmosph.	3 1/2 atmosph.	4 atmosph.	4 1/2 atmosph.	5 atmosph.	5 1/2 atmosph.	6 atmosph.
mètres carrés.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.	centim.
4	2,493	2,063	4,799	4,646	4,479	4,372	4,286	4,244	4,152	4,100
× 2	3,525	2,918	2,544	2,286	2,092	1,941	1,818	1,716	1,630	1,555
× 3	4,317	3,573	3,416	2,799	2,563	2,377	2,227	2,102	1,996	1,905
4	4,985	4,126	3,598	3,232	2,959	2,745	2,572	2,427	2,305	2,200
× 5	5,574	4,613	4,023	3,614	3,308	3,069	2,875	2,714	2,578	2,459
6	6,106	5,054	4,407	3,958	3,624	3,362	3,149	2,973	2,823	2,694
7	6,595	5,458	4,760	4,276	3,944	3,631	3,402	3,241	3,045	2,940
× 8	7,050	5,835	5,089	4,571	4,485	4,485	3,882	3,637	3,433	3,260
9	7,478	6,189	5,398	4,848	4,438	4,417	3,857	3,641	3,458	3,299
× 10	7,882	6,524	5,690	5,410	4,679	4,340	4,066	3,838	3,645	3,478
11	8,267	6,843	5,967	5,560	4,907	4,552	4,265	4,025	3,823	3,648
12	8,635	7,147	6,233	5,598	5,425	4,754	4,454	4,204	3,993	3,840
13	8,987	7,439	6,487	5,827	5,334	4,949	4,636	4,376	4,156	3,965
14	9,325	7,720	6,732	6,047	5,536	5,138	4,814	4,544	4,312	4,124
× 15	9,654	7,990	6,968	6,259	5,730	5,316	4,980	4,704	4,464	4,259
16	9,970	8,253	7,197	6,464	5,948	5,490	5,143	4,854	4,610	4,399
17	10,277	8,506	7,448	6,663	6,100	5,659	5,302	5,004	4,752	4,534
18	10,575	8,753	7,633	6,841	6,277	5,823	5,455	5,149	4,890	4,666
19	10,865	8,993	7,842	7,044	6,449	5,982	5,605	5,290	5,024	4,794
× 20	11,147	9,227	8,046	7,227	6,646	6,138	5,750	5,428	5,154	4,918
21	11,423	9,454	8,245	7,389	6,780	6,289	5,892	5,564	5,282	5,040
22	11,694	9,677	8,439	7,580	6,939	6,437	6,034	5,692	5,406	5,158
23	11,954	9,894	8,629	7,750	7,095	6,582	6,167	5,820	5,527	5,274
24	12,211	10,107	8,844	7,947	7,248	6,723	6,299	5,845	5,546	5,388
× 25	12,463	10,316	8,996	8,080	7,397	6,862	6,429	6,069	5,763	5,499
26	12,710	10,520	9,174	8,240	7,544	6,998	6,556	6,188	5,877	5,608
27	12,952	10,720	9,349	8,397	7,776	7,132	6,684	6,306	5,989	5,745
28	13,190	10,917	9,520	8,554	7,828	7,262	6,804	6,422	6,099	5,849
29	13,423	11,110	9,689	8,703	7,967	7,391	6,924	6,535	6,207	5,922
× 30	13,653	11,300	9,855	8,851	8,103	7,517	7,043	6,648	6,313	6,024

(1) Pour obtenir l'épaisseur que l'on doit donner aux chaudières, il faut multiplier le diamètre de la chaudière, exprimé en mètres et fractions décimales de mètre, par la pression effective de la vapeur, exprimée en atmosphères, et par le nombre fixe 18 ; prendre la dixième partie du produit ainsi obtenu et y ajouter le nombre fixe 5. Le résultat exprimera en millimètres et en fractions décimales de millimètre, l'épaisseur cherchée.

(2) Pour déterminer les diamètres des soupapes de sûreté, il faut diviser la surface de chauffe de la chaudière, exprimée en mètres carrés, par le nombre qui indique la tension maximum de la vapeur dans la chaudière, en atmosphères, préalablement diminuée du nombre 0,412 ; prendre la racine carrée du quotient ainsi obtenu, et la multiplier par 2,6 : le résultat exprimera, en centimètres et fractions décimales de centimètre, le diamètre cherché.

La forme et les dimensions d'une chaudière étant déterminées, on découpe les feuilles de tôle en parties de grandeur convenable, et on les assemble au moyen de rivets appliqués à chaud, comme nous le décrirons à l'article CHAUDRONNERIE.

L'épaisseur à donner aux parois de la chaudière varie avec sa forme, ses dimensions, la ténacité du métal employé et la pression effective de la vapeur, c'est-à-dire l'excès de la pression intérieure de la vapeur sur la pression atmosphérique extérieure. Prenons d'abord une chaudière cylindrique, et cherchons la force qui tend à déterminer la rupture suivant une des génératrices. Soit P la pression effective sur l'élément de surface et qui lui est normale; la chaudière formant un ensemble que l'on doit regarder comme rigide et invariable de forme, la force qui tendra à déterminer la rupture de la chaudière suivant le plan G G' (fig. 449) sera égale, pour un élément de surface e incliné d'un angle α sur ce plan, à $P \cos. \alpha$ ou P multiplié par la projection de l'élément e sur ce plan; et la somme de toutes ces composantes sera $P \times D$, D étant le diamètre de la chaudière; soit e , l'épaisseur de la tôle, et t sa résistance à la rupture ou sa ténacité, il faudra

que l'on ait $e t > P.D$ d'où $e > \frac{P.D}{t}$ pour qu'il n'y ait pas rupture. e , étant l'épaisseur de la tôle en millimètres, d , le diamètre de la chaudière en mètres, n , la pression intérieure de la vapeur exprimée en atmosphères, $n - 1$ sera la pression effective, et les règlements d'administration prescrivent de déterminer e , par la formule :

$$e = 1,8d(n-1) + 3.$$

Lorsque les chaudières offrent des parois planes, ces parois doivent présenter une résistance beaucoup plus considérable que dans le cas des chaudières cylindriques terminées par des calottes sphériques; on doit alors donner à la tôle qui les compose une épaisseur plus considérable, et la renforcer en outre par des armatures suffisantes qui l'empêchent de se déformer. Si ces chaudières sont employées à basse pression, c'est-à-dire que la tension intérieure de la vapeur ne doit pas y dépasser une atmosphère et demie, ces chaudières sont exemptées de l'épreuve à la pompe de pression exigée par les règlements, mais elles doivent être munies de soupapes dites atmosphériques, parce qu'elles s'ouvrent de dehors en dedans pour laisser rentrer l'air dans l'intérieur, et prévenir toute déformation par la pression atmosphérique extérieure, lorsque, par suite du refroidissement de la chaudière, la tension de la vapeur finit par y devenir presque nulle.

Avant leur mise en activité, et toutes les fois que leur état ou de nouvelles réparations le rendent nécessaire, les chaudières sont éprouvées sous une pression triple de celle qu'elles doivent supporter; cette épreuve se fait comme il est indiqué dans la section II du titre II des ordonnances des 22 et 23 mai 1843, et lorsque la tôle a l'épaisseur voulue par les règlements et que la chaudière est bien construite, cette pression d'épreuve n'est que le quart au plus de celle qui déterminerait la rupture.

Avant de parler des principales formes données aux chaudières à vapeur, il est essentiel d'indiquer d'une manière générale la manière dont elles sont chauffées et de donner les règles qui servent à déterminer leurs dimensions.

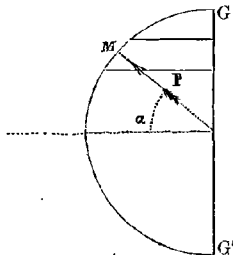
On appelle *surface de chauffe* d'une chaudière l'étendue de la surface qui se trouve en contact avec les produits de la combustion du combustible chargé sur la grille. Les produits de la combustion se dépouillent d'autant mieux de la chaleur qu'ils renferment, et par suite l'effet utile du combustible sera d'autant plus élevé que la surface de chauffe sera plus grande par rapport à la quantité de combustible consommé dans l'unité de temps. On augmente cette surface en faisant passer la flamme et la fumée dans des conduits ou *carneaux* qui, tantôt circulent autour de la chaudière, tantôt traversent la masse d'eau qu'elle renferme. Le foyer est ordinairement placé au-dessous de la chaudière; il arrive cependant quelquefois que l'on charge le combustible sur une grille placée dans un carneau intérieur. La quantité d'eau vaporisée par heure et par mètre carré de surface de chauffe varie avec l'intensité du feu; le combustible est d'autant mieux utilisé, que ce dernier est moindre, mais aussi les dimensions de la chaudière doivent être d'autant plus grandes pour produire la même quantité de vapeur. Ordinairement on vaporise de 30 à 40 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe et par heure, mais dans certaines circonstances, quand le feu est très intense, comme c'est le cas pour les chaudières tubulaires des locomotives, où l'on détermine un tirage artificiel très actif en faisant arriver un courant de vapeur dans la cheminée, cette quantité peut aller à 100 kilog. et même au-delà. Il est évident que dans ce cas la consommation en combustible est proportionnellement plus grande. Dans d'autres chaudières, au contraire, où l'on regarde surtout à l'économie de combustible, cette quantité n'est que de 15 à 20 kilog., et même quelquefois moindre. L'emplacement dont on peut disposer influe aussi beaucoup sur la forme et les dimensions des chaudières. Il en est de même de la condition qui leur est imposée dans les BATEAUX A VAPEUR et les LOCOMOTIVES d'offrir, sous un faible volume, une grande rapidité d'évaporation.

Il est facile dans chaque cas, en se basant sur les résultats énoncés ci-dessus et en partant de la forme adoptée, de déterminer les dimensions à donner à chaque chaudière, connaissant la quantité de vapeur à produire. Nous donnerons plus loin les dimensions habituelles adoptées par les constructeurs de Paris pour les chaudières cylindriques à bouilleurs de différentes forces.

Les principales formes de chaudières sont les suivantes :

Chaudière de Newcomen. Les chaudières de Newcomen sont hémisphériques et ont un fond bombé, dont la concavité est tournée vers le foyer; ce dernier est placé au-dessous de la chaudière et occupe du tiers à la moitié de la longueur de la sole; au sortir de la sole, la flamme et la fumée circulent dans un carneau extérieur, qui fait le tour de la chaudière, et les conduit à la CHEMINÉE. On les fait quelquefois passer d'abord dans un large carneau intérieur en tôle ayant la forme d'un U (comme à la pompe à feu de Chaillet), ce qui augmente considérablement la surface de chauffe, et par suite diminue la dépense en combustible. Ces chaudières peuvent être employées soit à basse pression, soit à une pression qui s'élève jusqu'à quatre atmosphères. Avec la modification que nous avons indiquée, et avec de la houille de bonne qualité, elles vaporisent 7 à 8 kilog. d'eau par kilogramme de houille.

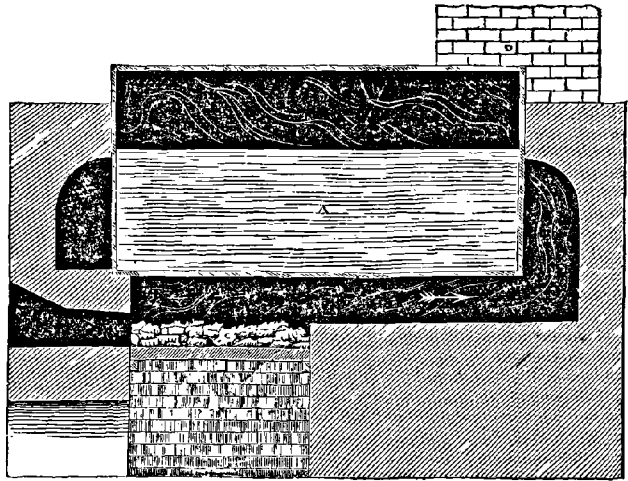
Chaudière de Watt ou chaudière à torseaux. Cette chaudière, dont les fig. 420 et 421 représentent une coupe longitudinale et une section transversale, a une forme prismatique et est terminée par deux fonds plats. Elle est généralement employée pour produire de la vapeur à de basses pressions. Le foyer est extérieur et la flamme circule dans des carneaux également extérieurs; quelquefois cependant on voit de ces chaudières avec des carneaux intérieurs.



449.

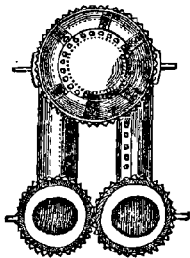
Chaudières cylindrique à bouilleurs.

La fig. 422 représente la section transversale, et la fig. 423 la coupe longitudinale d'une chaudière de cette espèce. L'usage en est très répandu en France pour produire de la vapeur à haute pression. La flamme lèche d'abord les *bouilleurs*, puis circule autour du corps de la chaudière dans des *carneaux extérieurs*. Les bouilleurs communiquent avec la chaudière par un ou deux tuyaux verticaux; il serait dangereux dans les bateaux à vapeur de n'établir la communication entre le corps de la chaudière et chaque bouilleur que par une seule tubulure, parce qu'alors il pourrait arriver que, par suite des oscillations du bateau, il ne s'introduisit de la vapeur à l'une des extrémités du bouilleur, qui, n'étant plus alors en contact avec l'eau, pourrait rougir et déterminer par suite, lorsque l'eau y reviendrait, un dégagement considérable de vapeur susceptible de produire une explosion. Les bouilleurs s'usent beaucoup plus rapidement que le corps des chaudières, doivent être assemblés de manière à pouvoir se démonter facilement sans détruire le massif de maçonnerie dans lequel les chaudières sont encastrées; à cet effet ils portent des tubulures assemblées au moyen d'un mauchon et liées souvent par du *mastic de fer*. Ce mastic, quoiqu'il puisse résister à la pression d'épreuve, ne doit pas être regardé comme établissant entre les deux pièces réunies une jonction suffisamment solide pour résister indéfiniment à la pression de la vapeur. Il a d'abord l'inconvénient d'attaquer le fer sur lequel il est appliqué; c'est pourquoi on ne doit en faire usage que pour des tubulures épaisses en fonte de fer, et non pour des tubulures en tôle. Il est en outre cassant, et son adhérence, qui est fort énergique, peut être détruite accidentellement par le déplacement de la chaudière, par un choc, ou par un mouvement brusque de dilatation. Il est donc indispensable, quand on s'en

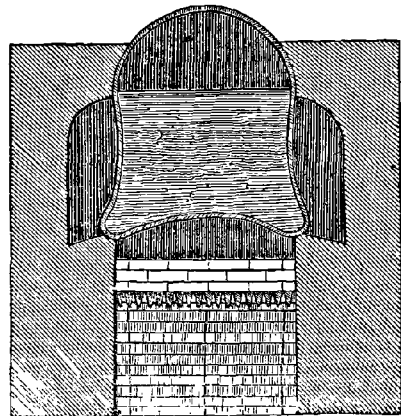


420.

appliqué; c'est pourquoi on ne doit en faire usage que pour des tubulures épaisses en fonte de fer, et non pour des tubulures en tôle. Il est en outre cassant, et son adhérence, qui est fort énergique, peut être détruite accidentellement par le déplacement de la chaudière, par un choc, ou par un mouvement brusque de dilatation. Il est donc indispensable, quand on s'en



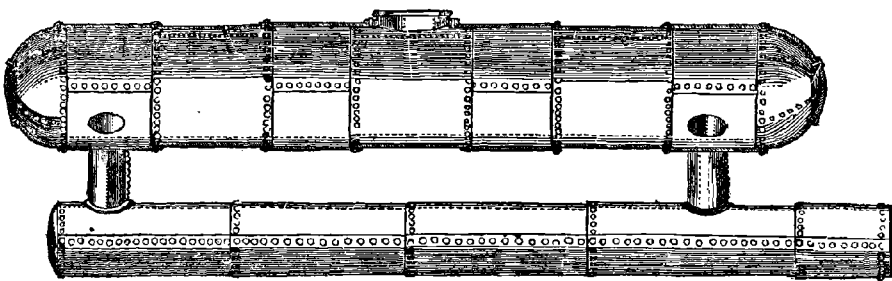
422.



421.

à elles seules, la disjonction, dans le cas même où l'adhérence due au mastic serait entièrement détruite.

On donne aux chaudières cylindriques une longueur qui est 3 à 4, et quelquefois même jusqu'à 40 fois leur



423.

est, que les pièces assemblées soient, en outre, réunies par des armatures en fer suffisamment fortes pour prévenir, | diamètre; ce dernier ne doit pas dépasser 1 mètre, au-delà il est préférable d'employer plusieurs chaudières.

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

Voici les dimensions généralement adoptées pour ces chaudières, d'après la force nominative en chevaux-vapeur, des machines qu'elles doivent alimenter.

FORCE NOMINATIVE.	Corps de la chaudière.		Bouilleurs.	
	longueur.	diamètre.	longueur.	diamètre.
	cb. vap.	mèt.	mèt.	mèt.
2	4,65	0,66	4,75	0,28
4	2,40	0,70	2,20	0,30
6	2,45	0,75	2,60	0,35
8	2,80	0,80	2,95	0,38
10	3,25	0,80	3,40	0,35
15	5,00	0,80	5,45	0,44
20	6,80	0,85	7,00	0,50
25	8,50	0,85	8,65	0,50
30	9,20	4,00	9,50	0,60
40	10,00	4,10	10,30	0,60

Avec ces chaudières on vaporise ordinairement de 5 à 7 kil. d'eau par kilogramme de houille.

Chaudières cylindriques sans bouilleurs. On emploie souvent des chaudières cylindriques sans bouilleurs, terminées par des fonds plats ou des calottes hémisphériques, avec ou sans carneaux intérieurs. Dans le Cornouailles, on emploie fréquemment pour alimenter les machines à vapeur servant à l'extraction des minerais et à l'épuisement des eaux, des chaudières cylindriques à foyer intérieur; le feu est très modéré et la surface de chauffe considérable. On vaporise dans ces chaudières jusqu'à 8 et même 9 kil. d'eau par kilogramme de houille sèche de première qualité.

Chaudières des bateaux à vapeur. On doit chercher dans ces chaudières à produire une vaporisation rapide; d'un autre côté, l'on ne peut donner aux cheminées d'appel une grande hauteur. Les conduits où circulent la flamme et la fumée, doivent donc avoir de grandes dimensions et leur offrir une facile issue (voyez BATEAU A VAPEUR). Quelquefois, lorsque ces chaudières doivent fournir de la vapeur à une haute pression, on les compose de deux cylindres excentriques réunis par des fonds plats, renforcés par des armatures; l'axe du cylindre intérieur est parallèle et placé au-dessous de l'axe de l'autre cylindre. On introduit l'eau dans l'espace compris entre ces cylindres, jusqu'au dessus de l'arête culminante du cylindre intérieur qui sert de carneau, au dedans et à l'une des extrémités duquel on place le foyer. L'emploi de ces chaudières demande beaucoup de circonspection. Les fonds plats doivent être renforcés par des armatures suffisantes, le cylindre intérieur ayant une grande tendance à se déformer et par suite à donner lieu à des explosions. Il faut donner à la tôle dont il est formé une épaisseur plus considérable que celle qu'elle devrait avoir si la pression s'exerçait du dedans au dehors; enfin, il est bon de renforcer la chaudière par deux ou plusieurs systèmes de tirants, disposés dans des plans parallèles aux fonds plats, et reliant le cylindre enveloppe au cylindre intérieur, afin de prévenir autant que possible l'écrasement de ce dernier.

Chaudières des locomotives. La condition qui doit dominer toutes les autres dans les chaudières des locomotives est de posséder sous le moindre volume la plus grande puissance d'évaporation possible; à cet effet le foyer est intérieur et la flamme se rend à la cheminée en passant par un grand nombre de petits tubes horizontaux qui traversent la masse d'eau à échauffer, de sorte qu'elle se dépourille très rapidement de la chaleur qu'elle renferme dans un parcours d'une faible étendue.

CHAUDIÈRE A VAPEUR

Le faible diamètre de ces tubes et le peu de hauteur que l'on peut donner à la cheminée, nécessitent un tirage artificiel considérable, afin de satisfaire à la condition d'une évaporation rapide. Ce tirage s'obtient en faisant arriver dans la cheminée la vapeur qui sort avec une grande vitesse des cylindres après son action sur les pistons. Nous reviendrons plus tard sur ces chaudières à l'article LOCOMOTIVE; il nous suffit d'avoir indiqué ici quels sont les principes de construction auxquels on a été conduit d'après les conditions à satisfaire.

Alimentation des chaudières. L'alimentation d'eau se fait ordinairement d'une manière continue au moyen d'une pompe alimentaire mise en mouvement par la machine qui dessert la chaudière. Il est indispensable que quelque élévation que puisse être accidentellement l'intensité du feu, la quantité d'eau fournie à la chaudière soit toujours suffisante; en conséquence on calcule les dimensions de la pompe alimentaire de telle sorte qu'elle amène un volume d'eau double de celui vaporisé dans le même temps. Soit B la surface du piston de la pompe alimentaire supposée à simple effet, h sa course, et n le nombre de coups de piston par minute; soit d'un autre côté S la surface de chauffe de la chaudière et v la quantité d'eau vaporisée par minute sur l'unité de surface; on aura entre n, h et B, la relation $nBh = 2Sv$, qui servira à les déterminer. La quantité d'eau admise dans la chaudière est réglée par des mécanismes mis en jeu au moyen de flotteurs, ou par un robinet qui est à la disposition du chauffeur. L'excès d'eau amenée retourne à la bêche.

Lorsque le jeu de la pompe alimentaire est intermittent, le chauffeur ou mécanicien peut, à volonté, l'empêcher de fonctionner, soit en décrochant la tige du piston, soit en relevant le clapet d'aspiration, ou en fermant un robinet adapté au tuyau d'aspiration. Il ne doit pas négliger de faire jouer la pompe dès le moment où le niveau de l'eau, dans la chaudière, est descendu à la hauteur de la ligne d'eau tracée à l'extérieur. Il peut d'ailleurs profiter, pour alimenter la chaudière, des instants où la tension de la vapeur accusée par le manomètre est un peu plus élevée qu'à l'ordinaire.

L'alimentation continue est préférable, sous le rapport de la sécurité; le tuyau de décharge d'une pompe à jet continu peut même être disposé de manière à faire apercevoir les dérangements qui seraient survenus à cette pompe.

Dans les machines locomotives, l'alimentation des chaudières est toujours intermittente. Des robinets d'épreuve, adaptés aux tuyaux alimentaires, permettent aux mécaniciens de vérifier si les pompes ne sont pas dérangées et foulent de l'eau dans les chaudières.

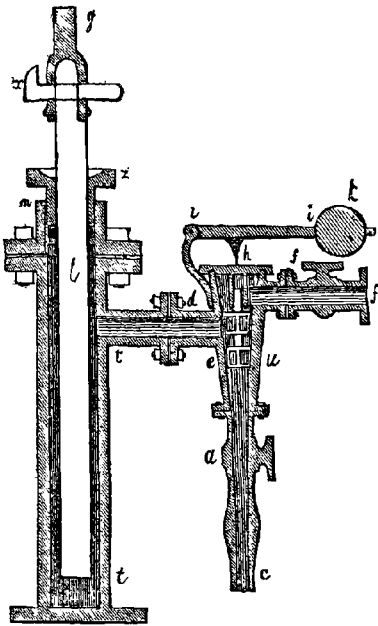
La fig. 424 représente un appareil d'alimentation continue. *t*, est le piston de la pompe alimentaire; *u*, une soupape s'ouvrant de bas en haut, placée dans le tuyau d'aspiration *ce*; *d* une autre soupape s'ouvrant dans le même sens et laissant passer l'eau aspirée, dans la chaudière, par le tuyau d'alimentation *ff*; un robinet *a*, convenablement disposé sert à régler l'alimentation. Un autre robinet *f*, sert à fermer le tube de communication avec la chaudière toutes les fois que l'on veut visiter les soupapes *u* et *d*. Au lieu de fermer l'ouverture *h* par une plaque, maintenue par une vis de pression, il convient mieux de disposer cette plaque comme une soupape de sûreté, en la maintenant par un levier *ti*, portant un poids *k*. Sans cette précaution si le chauffeur tourne la clef du robinet *f*, sans avoir fermé préalablement le robinet d'aspiration *u*, l'eau refoulée par la distance du piston, ne trouvant aucune issue pour s'échapper, résiste comme un corps solide; et les tiges qui font mouvoir le piston sont nécessairement pliées ou brisées.

On emploie souvent, pour régler l'alimentation, dans

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

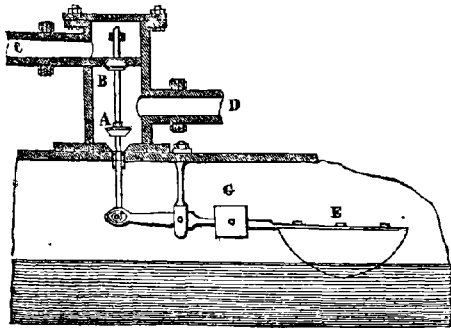
CHAUDIÈRE A VAPEUR.

504



424.

les chaudières à haute pression, l'appareil représenté fig. 425, qui est mû par le flotteur E, fixé à l'une des

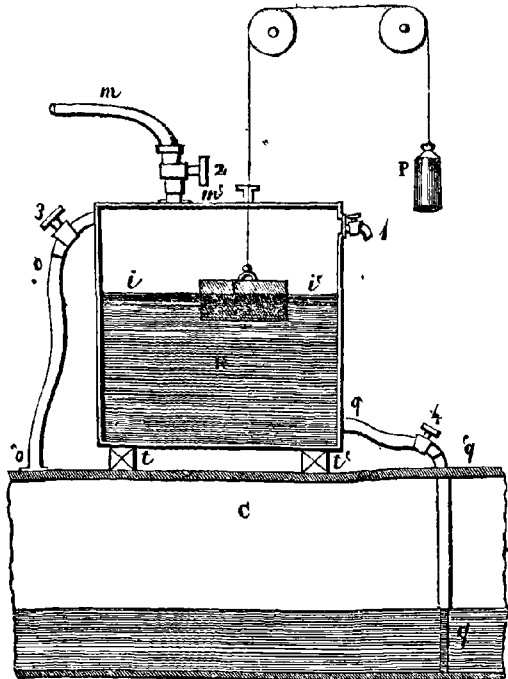


425.

extrémités d'un levier G; D, est le tuyau de communication avec la pompe alimentaire; lorsque le flotteur s'élève, le levier qu'il porte ferme le clapet A, et ouvre le clapet B, de sorte que l'eau d'alimentation repasse dans la bêche par le tube de décharge C.

Les chaudières à vapeur destinées au chauffage des habitations ou à d'autres usages, et qui ne sont pas jointes à des machines, sont alimentées par des *retours d'eau* ou des appareils appropriés à la nature des opérations que l'on exécute à l'aide de la vapeur.

La fig. 426 représente un de ces appareils à quatre robinets. Lorsque l'on veut le mettre en jeu on ouvre les deux robinets 4 et 3 pour remplir de vapeur d'eau le réservoir R et donner écoulement à l'air qu'il ren-



426.

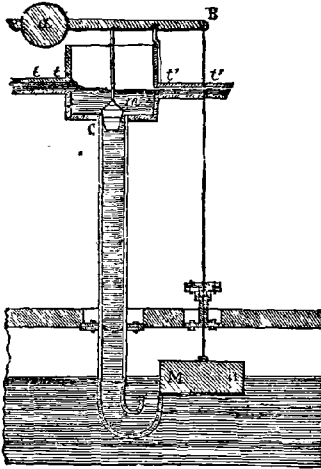
ferme. On ferme ensuite ces robinets, on ouvre 2, qui communique avec la source d'alimentation: le réservoir se remplit d'eau. On ferme alors le robinet 2, et on ouvre 3 et 4; l'eau se trouvant alors pressée en dessus et en dessous par la pression intérieure de la vapeur, s'écoule par son propre poids dans la chaudière C, par le tuyau q. Un flotteur F à contre-poids P, sert à indiquer le niveau de l'eau dans le réservoir R.

Dans les chaudières où la tension de la vapeur est très peu élevée, on emploie quelquefois, au lieu de retours d'eau, un appareil d'alimentation dit à *colonne d'eau*, qui peut servir en même temps de soupape de sûreté, et fournir une issue à la vapeur dans le cas où les soupapes ayant été surchargées, la tension dépasserait la limite de force élastique pour lequel la chaudière a été construite. On fixe sur la chaudière un tube vertical CD (fig. 427), qui pénètre dans son intérieur, et plonge de 0^m,40 environ au-dessous du niveau moyen de l'eau. Ce tube s'élève à une hauteur plus ou moins grande selon le degré de la pression sous laquelle la chaudière doit fonctionner; ainsi, pour une pression maximum de 4/2 atmosphère, à l'intérieur, la hauteur totale du tube, à partir du niveau de l'eau, doit être égale à 5^m. L'extrémité supérieure de ce tube est terminée par un évasement qui porte le nom de *cuvette* et auquel aboutissent deux conduits t et t'. L'un sert à amener dans la cuvette l'eau qui est continuellement fournie par le réservoir d'alimentation ou la pompe alimentaire; l'autre sert à donner écoulement à l'excès d'eau amenée. Un flotteur M N, suspendu à un fil métallique qui passe au travers d'une boîte à étoupes et vient s'attacher à l'extrémité d'un petit levier aB, fixé sur le bord de la cuvette, ouvre ou ferme, suivant qu'il descend ou qu'il monte, la soupape m qui permet à l'eau d'alimentation de s'introduire dans la chaudière.

Dans le cas où le jeu de la pompe alimentaire se se-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

rait dérangé, et où la quantité fournie par cette pompe ne serait plus suffisante, aussitôt que le niveau se sera abaissé dans la chaudière au-dessous du tube vertical,



427.

la vapeur s'échappera par ce tube, ce qui avertira le chauffeur de l'abaissement du niveau, avant que l'eau ait baissé suffisamment pour que les parois chauffées aient pu rougir et qu'il y ait danger d'explosion. D'un autre côté, lorsque la tension de la vapeur s'élève au-dessus de celle correspondant à la hauteur du tube CD, l'eau de la chaudière sera refoulée dans la cuvette, et s'échappera par le tuyau de décharge *t* en répandant des vapeurs dans la chambre de la chaudière; en même temps le niveau baissera jusqu'à ce qu'il soit descendu au-dessous de l'extrémité du tube, qui donnera alors issue à la vapeur.

Réservoir et prise de vapeur. La vapeur d'eau entraîne toujours mécaniquement une quantité considérable d'eau, à l'état vésiculaire, dont la proportion est moyennement de 20 à 30 p. 400 de son poids. On cherche à diminuer cet entrainement mécanique en éloignant autant que possible la prise de vapeur de la surface de l'eau en ébullition et en la faisant presque toujours dans un réservoir ou dôme placé au-dessus de l'arête culminante de la chaudière et faisant corps avec elle. On a soin aussi de prendre la vapeur, dans ce réservoir, par un tuyau terminé par un entonnoir vertical dont l'ouverture est tournée vers le haut. Il est essentiel d'empêcher autant que possible le refroidissement de la vapeur dans le tuyau qui la conduit à la machine, ce qui en ferait passer une portion plus ou moins grande à l'état vésiculaire; à cet effet, dans les locomotives, on dispose ce tuyau de manière à ce qu'il traverse l'espace occupé par la vapeur, dans l'intérieur de la chaudière, pour se rendre dans la boîte à fumée, sans se trouver en contact avec l'air extérieur. M. Sorel a eu dernièrement l'heureuse idée d'échauffer les tuyaux de conduite de vapeur au moyen de la chaleur perdue des produits de la combustion qui le rendent des carneaux à la cheminée et qui possèdent encore une température de 200 à 300° et souvent même plus. Par ce moyen on fait passer à l'état de vapeur l'eau entraînée à l'état vésiculaire, et en outre en élevant la température de la vapeur on n'augmente pas sa tension, mais on en diminue la dépense proportionnellement à l'augmentation de volume. M. Sorel a

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

pris à ce sujet un brevet d'invention; il doit être fait sous peu des expériences comparatives qui feront juger des avantages économiques de ce procédé et dont nous rendrons compte dans la suite de cet ouvrage.

Appareils de sûreté. Les chaudières à vapeur doivent, en vertu des ordonnances du 22 et 23 mai 1843, être pourvues des appareils de sûreté suivants :

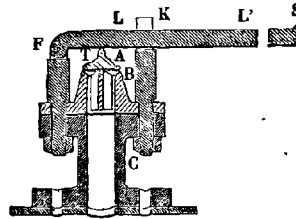
1° **Soupapes de sûreté.** Il doit être adapté à la partie supérieure de chaque chaudière deux soupapes de sûreté, une vers chaque extrémité de la chaudière. *s* désignant la surface totale de chauffe de la chaudière en mètres carrés, et *n* étant le numéro du timbre qui exprime en atmosphères la tension de la vapeur, le diamètre *d*, exprimé en centimètres, que doit avoir chacune des soupapes de sûreté, est donné par la formule

$$d = 2,6 \sqrt{\frac{s}{n - 0,442}}$$

L'expérience a fait voir qu'une seule soupape, dont l'orifice avait un diamètre déterminé par la formule empirique précédente, suffisait pour débiter toute la vapeur qui pourrait se former dans la chaudière, à la tension de *n* atmosphères, sous l'influence du feu le plus actif. Ainsi, quand une chaudière sera munie de deux soupapes ayant les dimensions prescrites et fonctionnant bien, on n'aura point à craindre que la tension de la vapeur dépasse la limite assignée, sauf peut-être le cas où l'eau, par suite d'un défaut d'alimentation, viendrait à atteindre des parois rouges.

Chaque soupape doit être chargée d'un poids unique, agissant soit directement, soit par l'intermédiaire d'un levier; la quotité du poids et la longueur du levier doivent être réglées de manière à ce que le poids étant placé à l'extrémité du levier, la soupape soit chargée de 4^k,033 par centimètre carré de surface de l'orifice et par atmosphère de pression effective.

La figure 428



428.

représente la coupe verticale d'une soupape de sûreté. Le disque mobile A, et la tubulure B, sur laquelle il s'applique, sont en bronze; le prolongement de la tubulure C, qui s'adapte à la chaudière, est en fonte; le levier L L' et les autres pièces sont en fer forgé; le disque A est ordinairement guidé, soit par une lanterne venue à la fonte en dessous de ce disque, et qui pénètre dans la tubulure, soit par trois ou quatre ailettes dont les plans se croisent suivant l'axe perpendiculaire au plan du disque, et dont les bords touchent le contour cylindrique intérieur de la tubulure. Les ailettes sont préférables à la lanterne, parce que celle-ci obstrue en partie le passage de la vapeur et qu'elle paraît plus sujette à s'engager dans la tubulure. La face inférieure du disque est fouillée sur le tour. Par suite de cette construction, le disque ne peut faire bouchon dans la tubulure, et ouvre, dès qu'il se soulève, une issue aussi libre que possible à la vapeur. La tige T, qui est venue à la fonte avec le disque de la soupape, est tournée avec lui, afin que son axe soit exactement perpendiculaire au plan du disque et passe par son centre; elle se termine, à sa partie supérieure, par une surface conique à pointe émoussée, sur laquelle presse le levier L L'. Ce levier tourne autour du boulon ou goupille F, dont l'axe doit être situé exactement dans le

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

prolongement du plan tangent au sommet de la tige du disque de la soupape reposant sur son siège. Au moment où celui-ci commence à se soulever, les points du levier, sur lesquels s'appuie la tige, décrivent des arcs de cercle verticaux; il n'y a pas glissement des surfaces en contact l'une sur l'autre, et, par conséquent, aucun frottement ne tend à incliner le disque de la soupape d'un côté ou de l'autre, et à faire frotter les ailettes contre le contour de la tubulure. Le levier LL' est guidé dans une seconde fourchette K, pour prévenir les mouvements dans le sens horizontal; il se termine à son extrémité libre par une saillie S, destinée à retenir le poids qui y est suspendu.

Les soupapes des chaudières des machines locomotives sont pressées par des ressorts dont le mécanicien peut à volonté augmenter ou diminuer la tension; une échelle divisée indique les charges ou tensions correspondantes aux diverses longueurs du ressort; les manomètres ou thermomanomètres, dont ces chaudières sont pourvues, offrent un moyen facile de vérifier la graduation.

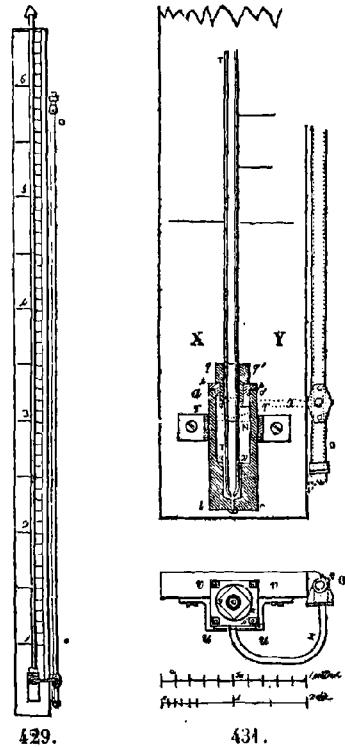
3^e Manomètres. L'expérience a fait voir que les manomètres à air comprimé sont tellement sujets à se détériorer, que la plupart des appareils de ce genre, adaptés aux chaudières de machines à vapeur, ne donnent plus, au bout de fort peu de temps, des indications exactes. C'est pourquoi les dernières ordonnances prescrivent l'usage de manomètres à air libre pour toutes les chaudières timbrées à 5 atmosphères et au-dessous. Elles permettent de remplacer, pour les chaudières de machines locomobiles et locomotives, le manomètre à air libre par un manomètre fermé ou un thermomanomètre, et n'exigent le manomètre à air libre dans les chaudières établies sur des bateaux que pour des pressions inférieures à 2 atmosphères.

La cause principale qui met hors de service, en très peu de temps, les manomètres fermés, consiste en ce que l'oxygène de l'air confiné dans la partie supérieure du tube est absorbé par le mercure, en donnant lieu à de l'oxyde de mercure qui se dissout dans le mercure métallique; il en résulte d'abord que la graduation de l'instrument est faussée, et, ensuite, que les pellicules de mercure oxydé s'attachent à la paroi du tube en verre qu'elles salissent au point qu'on n'aperçoit plus l'extrémité de la colonne mercurielle. Il est facile de construire des manomètres fermés qui soient exempts de ces inconvénients. Il suffit, pour cela, d'introduire dans la chambre manométrique de l'azote que l'on obtient, en faisant passer de l'air dans un tube en verre à travers de la tourture de cuivre métallique chauffée au rouge, ce qui le prive complètement de son oxygène.

La fig. 429 représente à l'échelle de 1/50 un manomètre à air libre, à cuvette et à tube en verre, pouvant accusé des pressions qui vont jusqu'à 6 atmosphères 1/2. La fig. 430 est une section de la cuvette et du tube par un plan vertical passant par l'axe de la cuvette, à l'échelle de 1/5. La fig. 434 est une section, à la même échelle, du manomètre et de la monture par le plan horizontal XY de la fig. 430. La cuvette *a b c d* est en fer forgé; elle est formée d'un prisme de fer à base carrée de 0^m,06 de côté, et de 0^m,47 de hauteur. On a foré, suivant l'axe du prisme, la cavité cylindrique N, de 0^m,04 de diamètre et de 0^m,406 de profondeur; et au fond de celle-ci, toujours suivant l'axe du prisme, la cavité cylindrique d'un diamètre moindre *p n*, dans laquelle doit pénétrer l'extrémité du tube en verre TT'. Cette cuvette est fermée à sa partie supérieure par une plaque en fer carrée *p p'*, formant bouchon, et fixée aux quatre angles, sur les bords de la cuvette, par les vis *v, v, v, v*. La pression de ces vis ferme hermétiquement, au moyen d'un peu de mastic au minium interposé entre les surfaces de contact de la plaque et des bords supérieurs de la cuvette. L'ouver-

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

ture cylindrique ménagée suivant l'axe de la plaque *pp'*, est taraudée en forme d'écoron et remplie par le bouchon en fer et à vis *qq'*, suivant l'axe duquel on a foré un



trou cylindrique d'un diamètre un peu supérieur au diamètre extérieur du tube en verre. Vers le bas, ce trou se rétrécit de manière à ne plus laisser que très peu de jeu entre lui et le contour extérieur du tube, afin que le mastic avec lequel on scellera le tube en verre dans la cavité cylindrique percée à travers le bouchon *qq'*, soit retenu par les bords tranchants de cette cavité.

Un trou S, est percé à travers une des parois verticales de la cuvette, immédiatement au-dessous du bouchon rentrant *qq'*; à ce trou est adapté, au moyen d'une bride *r r*, et de deux vis *u, u*, un petit tuyau *x x*, courbé dans un plan horizontal, qui met la cuvette en communication, par sa partie supérieure, avec un tube en fer creux *o o*, de 0^m,045 de diamètre intérieur, fixé sur le côté du madrier de sapin sur lequel l'instrument est monté. Le tube en fer creux *o o*, se prolonge de quelques centimètres en dessous du tuyau courbe *x x*; là il est fermé par un bouchon à vis et en fer; il a une hauteur verticale de 4^m; il est fermé également en haut par un bouchon à vis; immédiatement au-dessous de ce bouchon, il est percé latéralement d'un trou autour duquel est la bride à laquelle vient s'adapter l'extrémité du tuyau de communication avec l'intérieur de la chaudière.

Le tube TT' est en cristal; il doit avoir environ 0^m,003 de diamètre intérieur et de 0^m,009 à 0^m,010 de diamètre extérieur; sa longueur dépend du maximum de la pression que le manomètre doit mesurer.

Cet instrument doit être rempli de mercure et monté sur place. Le madrier de sapin auquel sont achés la cuvette en fer et le tube en fer creux *o o*, est fixé par des crampons contre un mur vertical. Le tube en verre étant enlevé, on verse d'abord dans la cuvette, par le trou percé dans le bouchon à vis *qq'*, la quantité de

CHAUDIÈRE A VAPEUR.

mercure convenable, laquelle dépend du diamètre intérieur du tube en cristal et de sa longueur; il faut que, lorsque le mercure s'élèvera dans le tube jusqu'au point qu'il ne devra pas dépasser, le niveau du mercure dans la cuvette recouvre d'un demi-centimètre au moins les bords supérieurs de la cavité rétrécie *n n*. Soit *NN'*, la surface de niveau du mercure versé ainsi dans la cuvette. Après avoir introduit le mercure, on met en place le tube en cristal; pour cela, on l'enfonce à travers le bouchon *qq'*, jusqu'à ce que son extrémité inférieure arrive à 4 ou 5^{mm} du fond de la cavité *n n*. On fixe le tube au madrier par quelques brides légères, placées de mètre en mètre, par exemple, en ayant soin d'interposer un peu de coton entre le tube et le madrier, et de serrer les brides assez peu pour que le tube puisse glisser entre ces brides, dans le sens de sa longueur. On lute ensuite le tube au bouchon *qq'*, en ayant soin, pendant cette opération, d'échauffer ce dernier en le serrant entre les branches d'une pince ou tenaille de maréchal, préalablement chauffée au rouge sombre.

Le tube de verre étant scellé, on attend que la cuvette et le mastic soient refroidis; on ôte le bouchon à vis qui ferme le tube en fer *O*, à son extrémité supérieure, et l'on remplit complètement ce tube avec de l'eau, qui, passant par le petit tuyau de communication *xx'*, se répand aussi dans la cuvette au-dessus du mercure, puis on remet en place le bouchon de fermeture du tube *OO'*; la pression de la colonne d'eau fait monter le mercure, dans le tube de cristal jusqu'à une hauteur déterminée qui est le point de départ de l'échelle du manomètre et est marquée du chiffre 1 (une atmosphère). A partir de ce point on divise le madrier, sur sa hauteur, en parties égales, dont chacune représente 1/40 d'atmosphère. L'intervalle de deux divisions doit être égal à 76^{mm} divisés par l'unité augmentée du rapport du carré du diamètre intérieur du tube en cristal au carré du diamètre de la cuvette. Il faut que les longueurs du tube en verre et du madrier divisé soient suffisantes pour que le manomètre puisse mesurer des pressions supérieures d'une atmosphère ou d'une atmosphère et demie à celle que la vapeur ne devra pas dépasser dans la chaudière.

Le *thermomètre* est un thermomètre à mercure construit de manière à accuser des températures qui vont jusqu'à 200° centigrades environ, et dont la tige est divisée en atmosphères et fractions décimales d'atmosphère, d'après les relations connues de la vapeur d'eau à son maximum de densité et les températures correspondantes, qui sont données par la table ci-jointe, résultat d'expériences faites avec le plus grand soin, par MM. Dulong et Arago. **VOY. MANOMÈTRE.**

La boule du thermomètre ne doit pas être plongée dans la vapeur de la chaudière, attendu que la pression fausserait les indications thermométriques. Elle est renfermée dans un tube métallique fermé par le bas et rentrant dans la chaudière, aux parois de laquelle il est fixé par une bride, au moyen de vis et d'écrous; on remplit l'espace restant entre la boule et les parois du tube métallique avec de la limaille de cuivre, ou tout autre corps bon conducteur du calorique.

3° *Indicateurs du niveau de l'eau et flotteur d'alarme.*
Les indicateurs les plus simples sont des robinets placés les uns au-dessus, les autres au-dessous, et enfin un dernier à la hauteur même du niveau moyen que doit avoir l'eau dans la chaudière. Le chauffeur ouvre de temps en temps et successivement ces robinets, et juge de la hauteur du niveau de l'eau, selon qu'ils laissent échapper un jet d'eau ou de vapeur. Le bouillonnement de l'eau rend quelquefois incertaines les indications de cet appareil, qui du reste ne dispenserait pas dans les chaudières établies à bord des bateaux de l'établissement de tubes indicateurs. Ces *tubes indicateurs* sont en verre, placés verticalement et mastiqués dans deux tubes en cuivre qui se recourbent horizontalement, et viennent se fixer

CHAUDIÈRE A VAPEUR

Table des forces élastiques de la vapeur d'eau, à son maximum de densité, et des températures correspondantes de 1 à 24 atmosphères.

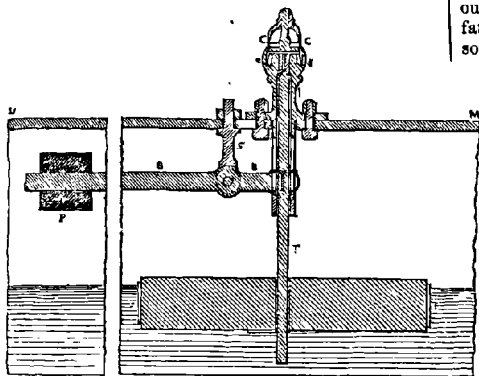
FORCE élastique de la vapeur, en prenant la pression de l'atmosphère pour unité.	HAUTEUR de la colonne de mercure (à 0°) qui mesure la force élastique de la vapeur.	TEMPÉRATURE correspondante exprimée en degrés du thermomètre centigrade à mercure.
atmosphères	mètres	degrés.
1	0,76	400,00
1 1/2	1,14	412,20
2	1,52	421,40
2 1/2	1,90	428,80
3	2,28	435,40
3 1/2	2,66	440,60
4	3,04	445,40
4 1/2	3,42	449,06
5	3,80	453,08
5 1/2	4,18	456,80
6	4,56	460,20
6 1/2	4,94	463,48
7	5,32	466,50
7 1/2	5,70	469,37
8	6,08	472,10
9	6,84	477,10
10	7,60	481,60
11	8,36	486,03
12	9,12	490,00
13	9,88	493,70
14	10,64	497,19
15	11,40	200,48
16	12,16	203,60
17	12,92	206,57
18	13,68	209,40
19	14,44	212,10
20	15,20	214,70
21	15,96	217,20
22	16,72	219,90
23	17,48	221,90
24	18,24	224,20

contre la chaudière, de manière à ce que le tube indicateur soit en communication par l'une de ses extrémités avec la vapeur, et par l'autre avec l'eau. Les tubulures qui portent les tubes indicateurs en verre doivent être munies de robinets qui permettent de nettoyer ces tubes, et de prévenir l'écoulement de la vapeur et de l'eau, en cas de rupture accidentelle du tube. Dans les chaudières établies sur les bateaux, il doit y avoir deux tubes indicateurs, un sur chaque côté du foyer, de manière à ce que leur comparaison simultanée puisse indiquer au chauffeur la position du niveau de l'eau dans la chaudière, quelle que soit l'inclinaison du navire.

Les *flotteurs* se composent ordinairement d'une pierre, habituellement cerclée en fer, qui est équilibrée presque en totalité par un contre-poids convenable, de manière à plonger en partie dans l'eau de la chaudière et à s'élever ou s'abaisser en même temps que le niveau de l'eau. Tantôt ce flotteur porte une tige qui sort de la chaudière, et qui se meut en regard d'une échelle fixe qui indique la hauteur du niveau de l'eau, tantôt le flotteur est suspendu à un fil de cuivre qui traverse une botte à étoupes, et vient passer sur une poulie extérieure sur laquelle il est tendu par un contre-poids; l'axe de cette poulie porte alors sur une aiguille qui se meut sur un cadran et indique la position du flotteur.

Toute chaudière doit être pourvue de l'un des appareils décrits ci-dessus, et, en outre, d'un *flotteur d'a-*

forme destiné à avertir, par un bruit aigu, un chauffeur qui aurait négligé d'entretenir la chaudière convenablement remplie d'eau. On a construit des flotteurs d'alarme de formes très diverses : ils consistent tous en un flotteur qui fait mouvoir, au moment où la surface de l'eau s'abaisse dans la chaudière jusqu'au niveau des carneaux, un petit orifice par lequel la vapeur jaillit sur les bords d'un timbre ou d'une lame métallique vibrante, dont le bruit très aigu ne peut manquer d'être entendu par le chauffeur. Nous décrirons, comme exemple, le flotteur d'alarme que la commission centrale des machines à vapeur a fait exécuter pour ses expériences, et qui peut être employé, quelle que soit la tension de la vapeur. La fig. 432 représente la section



432.

verticale de ce flotteur. L M, est la paroi supérieure de la chaudière, sur laquelle on fixe, à l'aide de vis, le bout de tuyau en cuivre I, qui est terminé par un appareil semblable au sifflet des chaudières de machines locomotives. Une pierre FF', ou tout autre corps d'un poids spécifique supérieur à celui de l'eau, est suspendue à la tige verticale T, dont l'extrémité supérieure ferme le petit canal o; la pierre FF' est équilibrée en partie par le contre-poids P et le balancier B B'; celui-ci porte par un couteau sur les branches de la fourchette, qui termine le support S fixé à la chaudière. Le contre-poids P est mobile le long du balancier B; on le fixe par une vis de pression en un point tel qu'il puisse soutenir la pierre FF', lorsque celle-ci est plongée dans l'eau jusqu'aux $\frac{3}{4}$ ou aux $\frac{5}{6}$ de son épaisseur verticale. La longueur de la tige T étant d'ailleurs déterminée de manière à ce que les $\frac{3}{4}$ ou les $\frac{5}{6}$ de la pierre soient au-dessous du plan d'eau normal dans la chaudière, quand l'extrémité supérieure de la tige forme le petit canal o, si le niveau de l'eau vient alors à baisser, le poids de la pierre FF' devient prépondérant, la tige T s'abaisse et démasque l'orifice o; la vapeur se répand par plusieurs trous, tels que b b, dans l'espace annulaire a a, d'où elle sort par la fente circulaire et très étroite mn, qui la dirige sur les bords du timbre ou petite cloche renversée C C. Le poids de la pierre FF', lorsqu'elle est émergée par suite de l'abaissement du niveau de l'eau, doit l'emporter sur le contre-poids P, et, en outre, surmonter la pression effective de la vapeur sur l'orifice o; il faut donc donner à cet orifice un diamètre très petit, surtout lorsque la pression effective de la vapeur doit être considérable, afin de ne pas être obligé de donner à la pierre FF' des dimensions trop grandes, qui pourraient être gênantes.

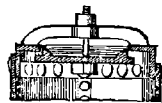
Pour les chaudières dans lesquelles la pression effective de la vapeur ne dépasse pas $\frac{1}{2}$ atmosphère, on

peut se dispenser de l'emploi d'un flotteur, et placer simplement le sifflet d'alarme sur l'orifice supérieur d'un tuyau vertical de 0^m,04 à 0^m,05 de diamètre intérieur ouvert par le bas, qui traverserait le dôme de la chaudière et s'enfoncerait jusqu'au niveau au-dessous duquel la surface de l'eau ne devrait pas descendre. Sa longueur serait suffisante pour que la colonne d'eau, élevée dans son intérieur et comptée à partir du niveau normal de l'eau, fût équilibrée à la pression effective que la vapeur ne devrait pas dépasser. Ce tuyau pourrait en même temps servir à l'alimentation, comme nous l'avons dit plus haut.

Dépôts qui se forment dans l'intérieur des chaudières.

Les eaux dont on se sert pour alimenter les chaudières contiennent toujours en dissolution une quantité plus ou moins grande de sels terreux, ordinairement du sulfate de chaux, et quelquefois, lorsqu'elles n'ont pas été soumises à un échauffement préalable, du carbonate de chaux, qui se déposent par l'effet de la concentration contre les parois de la chaudière et y forment une croûte terreuse plus ou moins dure, dont l'épaisseur va sans cesse en augmentant, et qui, si on ne l'enlevait pas, occasionnerait une prompte destruction des parois. Pour troubler la cristallisation du sulfate de chaux et obtenir un dépôt boueux qui n'adhère pas à la chaudière, on y introduit de temps en temps une petite quantité d'argile bien lavée et très fine ou de pommes de terre. Dans ce dernier cas, il paraît que tout l'amidon renfermé dans les pommes de terre se convertit rapidement en dextrine; car l'iode n'en fait plus reconnaître la présence dans l'eau de la chaudière au bout d'un temps très court.

On vide la chaudière tous les huit ou quinze jours, selon les circonstances, pour enlever l'eau vaseuse qui en occupe le fond, par un robinet placé dans le bas, en ayant soin d'éteindre le feu immédiatement auparavant; l'eau en sortant avec vitesse, par suite de la pression de la vapeur, entraîne la plus grande partie des dépôts. On enlève alors la



433.

plaque qui ferme le trou d'homme dans les chaudières sans bouilleurs, et le tampon à vis (fig. 433) qui ferme la tubulure en fonte qui termine l'une des extrémités des bouilleurs, s'il y en a, et on les balaie pendant que le foyer est encore chaud : le tartre qui s'est déposé éprouve alors une véritable cuisson, en remplissant ensuite la chaudière ou les bouilleurs d'eau froide, et les maintenant pleins pendant quelques jours (ce qui peut se faire toutes les fois qu'il y a deux chaudières marchant alternativement), le sulfate de chaux se gonfle en absorbant de l'eau, et se dissout en partie; il perd de son adhérence, et s'enlève facilement en grandes plaques sous le choc des outils. Lorsque le chômage doit être très court, on projette de l'eau froide dans les bouilleurs lorsqu'ils sont encore chauds, afin de fissurer le tartre que l'on enlève aussitôt. Il est à remarquer que ces dépôts durs se forment, toutes choses égales d'ailleurs, beaucoup plus facilement dans les chaudières à basse pression, par suite même de la lenteur d'évaporation qui permet mieux au sulfate de chaux de cristalliser que dans celles à haute pression. Dans ces dernières, on peut souvent éviter un nettoyage complet, en introduisant une quantité suffisante de fécule ou d'argile et vidant régulièrement ces dépôts pendant que la chaudière est en pression. C'est un procédé analogue, mais continu, celui des pompes à saumure de Haudsley, qui est employé dans les chaudières des BATEAUX A VAPEUR alimentées avec de l'eau de mer, et qui a pour but d'éviter le dépôt de sel marin qui s'y formerait

infiltrablement par suite de la concentration de l'eau de mer. (Voy. INCrustation).

Dépôts qui se forment dans les carneaux ou conduits de fumées. Les carneaux s'obstruent par la suie qui s'attache à leurs parois, et par les cendres entraînées par le tirage; il est rare qu'ils n'aient pas besoin d'être nettoyés tous les deux ou trois mois, ou même plus souvent.

Une mauvaise combustion produit beaucoup de fumée, et par conséquent beaucoup de suie qui s'attache aux parois des chaudières et des carneaux. Nous parlerons à l'article FUMÉE des moyens de la prévenir. La quantité de cendres entraînées est d'autant plus grande jusqu'à une certaine limite que le tirage est plus actif, mais lorsqu'il devient très énergique, comme dans les chaudières tubulaires des locomotives, il n'est plus nécessaire de ramoner les tubes intérieurs; cet avantage est bien compensé, il est vrai, par l'usure extrêmement prompte des parois que les escarbilles de coke frottent avec une grande rapidité, au point de les user entièrement en un ou deux ans.

Emploi des eaux corrosives pour l'alimentation des chaudières. Les règlements administratifs exigent que, dans le cas de l'alimentation au moyen d'eaux corrosives, les propriétés corrosives de ces eaux soient neutralisées par une distillation préalable, ou par tout autre moyen reconnu efficace, toutes les fois que la pression effective de la vapeur dans la chaudière dépassera $1/2$ atmosphère.

La plupart des eaux corrosives sont des eaux extraites des mines ou carrières par les machines d'épuisement et dont une partie sert à l'alimentation des chaudières de ces machines; elles ne contiennent pas d'acides libres et renferment en général d'après les recherches de M. Le Châtelier :

Des sulfates $\left\{ \begin{array}{l} \text{d'alumine,} \\ \text{de peroxyde de fer,} \\ \text{de chaux,} \\ \text{de magnésie,} \\ \text{de potasse et de soude,} \end{array} \right.$

Des chlorures alcalins,
Et de la silice gélatineuse.

Les sulfates doivent leur formation à la décomposition des matières pyriteuses par l'action simultanée de l'air et de l'eau, qui donne naissance à des sulfates métalliques et à de l'acide sulfurique à l'état naissant qui réagit énergiquement sur les éléments des roches voisines. Nous avons recueilli nous-même en Bohême, sur l'affleurement d'un petit filon de pyrites qui traversait le calcaire de transition des environs de Prague, de très beaux cristaux de gypse, qui devait évidemment sa formation à la décomposition spontanée des pyrites, et à la réaction de l'acide sulfurique formé sur la roche calcaire. Il est à remarquer qu'en général dans ces eaux, le fer qui s'y trouve à l'état de sulfure de peroxyde passe par le contact prolongé de l'air à l'état de sous-sulfure de peroxyde et se précipite, ce qui n'aurait pas lieu si elles n'étaient pas chimiquement neutres. Les recherches de M. Le Châtelier ont montré que les eaux concentrées dans les chaudières ne renferment plus ni *alumine*, ni *peroxyde de fer*, et qu'elles sont chargées de sulfure de peroxyde de fer qui, dans certains cas, n'existe pas dans l'eau d'alimentation. Il en résulte donc qu'en présence du fer métallique qui forme les parois de la chaudière, les sulfates d'alumine et de peroxyde de fer sont décomposés en oxydes qui se précipitent (dans quelques cas il paraîtrait se former des sous-sulfates insolubles), et en acide sulfurique libre qui dissout une quantité correspondante de fer aux dépens des parois de la chaudière, en formant du sulfure de peroxyde de fer. Lorsqu'en outre on alimente avec de l'eau froide qui tient toujours en dissolution

une certaine quantité d'oxygène, ce dernier réagit sur le sulfure de peroxyde de fer, et donne lieu à la précipitation d'une proportion correspondante de peroxyde de fer et à la dissolution d'une nouvelle quantité de fer métallique par l'acide sulfurique qui a déjà réagi. On évite ce dernier effet en alimentant avec de l'eau de condensation, ou en chauffant longtemps et fortement l'eau dans une bûche avant de l'introduire dans la chaudière. Les mêmes phénomènes ont lieu dans les chaudières en cuivre laminé, s'il entre du fer dans leur composition.

La destruction des chaudières par l'action des eaux corrosives, indépendamment des dépenses considérables et des pertes de temps qu'elle occasionne, n'ayant pas lieu d'une manière uniforme dans toutes les parties, est une source d'accidents très graves. Le plus souvent, il est vrai, lorsque la tôle n'a pas assez d'épaisseur pour offrir une résistance suffisante, il se fait une petite fente, et la fuite qui se déclare annonce qu'il faut réparer la chaudière; mais il peut arriver que la chaudière soit corrodée de telle façon, qu'une ou plusieurs fentes se fassent à la fois sur une grande longueur, et que le reste de la tôle n'offrant plus assez de résistance, il y ait rupture de la chaudière avec projection de ses parties, sous une tension de la vapeur qui ne serait pas supérieure à la charge des soupapes de sûreté.

Il est facile de voir, en se reportant aux réactions qui ont lieu dans les chaudières, que l'on peut toujours les préserver de l'action corrosive des eaux d'alimentation en neutralisant complètement ces eaux. Cependant, lorsque sur une mine ou sur une carrière dont les eaux seront corrosives, il y aura possibilité, même en faisant une dépense notable de force, d'aller emprunter à une rivière, à un étang, ou même à des puits, des eaux douces exemptes de sels de peroxyde de fer, d'alumine et de sulfate de chaux, on devra toujours se décider à faire les frais d'installation et la consommation de force nécessaire. De même, toutes les fois que l'eau de la mine sera dans toutes les saisons assez abondante pour la condensation, il conviendra d'employer un condenseur fermé, dans lequel la vapeur sera condensée et reprise par la pompe alimentaire pour être renvoyée à la chaudière, quelque complication qu'il doive en résulter par l'installation de grands réservoirs destinés à contenir l'eau servant à la condensation, et de citernes devant recueillir l'eau de pluie nécessaire pour réparer les pertes d'eau et de vapeur. Dans les autres cas, on pourra employer des chaudières de cuivre dans le cas où les eaux formeront peu de dépôts. On met souvent dans ces chaudières une certaine quantité de ferraille, sur laquelle les eaux réagissent de préférence, et qui par conséquent préserve le cuivre; mais, en général, il sera plus économique de se servir de chaudières de tôle, en ayant soin de neutraliser l'action corrosive des eaux. A cet effet, ce qu'il y a de plus économique, est d'introduire dans la chaudière une certaine proportion de craie bien lavée et exempte de sable; cette substance décompose facilement à la température de l'ébullition les sulfates de peroxyde de fer et d'alumine dont elle précipite les bases en formant du sulfate de chaux; en outre, lors de l'ébullition elle se tient en suspension dans l'eau et ne peut rester adhérente aux parois des chaudières et bouilleurs; il est aussi probable que le précipité qui se forme lors de l'emploi de la craie tend à troubler la cristallisation du sulfate de chaux et à donner des dépôts moins tenaces. On emploie également le zinc métallique, qui agit tout à fait de la même manière, seulement il donne lieu à une dépense un peu plus considérable.

Des explosions. Des expériences faites par le comité de Philadelphie, il résulte que la ténacité de la tôle croît de $1/6$ à peu près, de 0 à 205° C; mais qu'au-delà elle décroît rapidement, de telle sorte qu'à 745° ou au rouge,

elle n'est plus que les 0,30 de la ténacité à zéro. Il y aura donc danger d'explosion toutes les fois qu'une partie des parois d'une chaudière pourra être portée au rouge, ce qui arrivera toutes les fois que l'extérieur étant en contact avec la flamme, l'intérieur le sera avec de la vapeur seulement, par suite d'une alimentation d'eau insuffisante ou d'une mauvaise forme de chaudière. Si alors, par suite de la tension qu'acquiert la vapeur, une soupape vient à s'ouvrir, l'eau de la chaudière éprouve un bouillonnement et est projetée sur les parois rougies, ce qui peut donner lieu à un dégagement subit et trop considérable de vapeur, qui ne pouvant sortir immédiatement par les soupapes de sûreté, quelles que soient leurs dimensions, détermine un excès de pression qui fait rompre la chaudière dans les points portés au rouge où la ténacité est considérablement diminuée. D'ailleurs il est à remarquer qu'il ne sort pas seulement de la vapeur par la soupape, il y a en même temps une très grande proportion d'eau, entraînée à l'état vésiculaire, qui emporte beaucoup moins de chaleur que la vapeur. L'expérience montre que le manomètre monte lorsque l'on ouvre la soupape, et même il y a d'autant plus de chances d'explosion, dans le cas précité, que les soupapes sont plus grandes. Ces phénomènes sont faciles à expliquer : la température intérieure étant supérieure à 400° et la pression de plusieurs atmosphères, lorsqu'une soupape vient à s'ouvrir, la pression diminue d'abord subitement, et une grande partie de l'eau se réduit par suite instantanément en vapeur, tandis que la force vive qu'acquiert par cela même l'eau qui ne s'est pas vaporisée peut être suffisante pour rompre la chaudière, si l'espace intérieur est assez considérable. Si par suite de l'emploi d'eaux corrosives, ou toute autre cause, la ténacité des parois n'offre plus en certains points une résistance convenable, et qu'il se forme une feute ou issue à la vapeur, dans une chaudière à haute pression, il s'ensuivra une explosion par suite de laquelle les parties de la chaudière pourront être projetées à des distances considérables, comme cela est arrivé à Avrillé, près d'Angers, le 27 avril 1839.

La formation de dépôts terreux adhérents aux chaudières est aussi une cause d'explosion ; on conçoit en effet que lorsque ces dépôts ont acquis une certaine épaisseur, la tôle qu'ils recouvrent peut rougir, et par suite faire fendiller ces dépôts et mettre en contact avec l'eau, des parois métalliques portées au rouge.

Enfin, on conçoit qu'une surcharge des soupapes de sûreté, ou une mauvaise construction des chaudières puisse donner également lieu à des explosions. Il est rare cependant, dans ce dernier cas, que l'épreuve à la pompe de pression exigée par les règlements ne fasse pas découvrir les vices de construction.

Nous terminerons enfin cet article par quelques règles générales que l'on doit suivre dans l'installation des chaudières à vapeur et la conduite du feu.

On doit toujours disposer les chaudières eu égard au local dont on dispose, de manière à ce qu'elles offrent le moins d'inconvénients possible pour le voisinage. Comme en cas d'explosion, c'est ordinairement dans la direction de l'axe de la chaudière que les fragments sont lancés avec le plus de violence par l'action de la vapeur, on doit, autant que faire se peut, disposer cet axe parallèlement aux murs des habitations ou à la voie publique.

La hauteur minimum des cheminées de chaudières à vapeur est déterminée dans les villes, d'après les localités, de manière à atténuer autant que possible les inconvénients de la fumée pour le voisinage. Toutes choses égales d'ailleurs, il vaut mieux augmenter la section des cheminées que leur hauteur, tant sous le rapport économique que sous celui du tirage. Les cheminées en tôle, quoique beaucoup moins coûteuses à établir que celles en briques, s'usent très rapidement et

sont quelquefois emportées par les coups de vent ; en définitive, leur emploi n'est pas à recommander.

On donne ordinairement aux cheminées une section égale à la somme des vides qui existent entre les barreaux de la grille, et qui forment environ le tiers de la surface totale de celle-ci. La section totale de la cheminée est ordinairement 1/25 à 1/30 et la surface totale de la grille 1/8 à 1/10 de la surface de chauffe de la chaudière.

Lorsqu'au lieu de houille grasse pour alimenter le feu, on emploie des houilles sèches, de l'anthracite, de la tourbe ou du bois, on augmente l'épaisseur de la couche de combustible chargé sur la grille, et on place celle-ci à une plus grande distance, en contre-bas de la chaudière ; on diminue en même temps de 1/3 l'espacement des barreaux.

Lors de la mise en feu, le chauffeur commencera par ouvrir le registre de la cheminée ; il ouvrira ensuite les portes du foyer, tissera, découvrira le feu, et chargera du combustible frais sur la grille. Le feu doit être conduit d'une manière égale, afin d'éviter une augmentation de chaleur trop brusque, ou un refroidissement trop rapide. Dans l'un et l'autre cas, les parties de la chaudière exposées à l'action du feu éprouveraient des dilatations inégales, qui pourraient occasionner des déchirures ou des fuites d'eau entre les feuilles de tôle assemblées par des rivets. La mise en feu ne doit donc pas être poussée avec trop de rapidité, surtout quand le foyer a été tout à fait refroidi. Quand le feu est arrivé au degré d'activité convenable, on doit charger le combustible sur la grille à des intervalles réguliers et par quantités à peu près égales.

Si la chaudière, par suite d'une interruption momentanée du travail ou de toute autre cause, doit cesser de fournir de la vapeur, le chauffeur fermera d'abord le registre de la cheminée, et ouvrira immédiatement après les portes du foyer. Si l'interruption se prolonge, il devra, en outre, retirer le combustible de dessous la grille. Si, malgré ces précautions, la tension de la vapeur augmente au point de faire lever les soupapes de sûreté, il soulèvera un peu l'une d'elles, et la maintiendra dans cette position pour donner à la vapeur une libre issue, jusqu'à ce que le mercure soit descendu dans le manomètre, au-dessous du niveau où il se tient habituellement. Un chauffeur qui, dans ces circonstances, calerait ou surchargerait les soupapes pour empêcher de s'ouvrir, exposerait la chaudière à une explosion, dont il en serait la première victime, comme on en a eu plusieurs exemples.

Lorsque l'heure approche où le jeu de la machine doit être définitivement suspendu, le chauffeur diminuera d'avance les charges de combustible, de façon à maintenir seulement la vapeur au degré de tension strictement nécessaire, et à attendre la fin de la journée avec une petite quantité de combustible sur la grille. Au moment de la suspension du travail, il couvrira les derniers restes du combustible avec des cendres, fermera ensuite le registre de la cheminée et les portes du foyer, et ne quittera la chaudière qu'après s'être assuré que la pression de la vapeur amenée par le manomètre continue à diminuer.

Comme il est de la plus haute importance que le niveau de l'eau soit maintenu, dans la chaudière à une hauteur à peu près constante, et toujours supérieure aux conduits ou carneaux de la flamme et de la fumée, le chauffeur devra examiner très fréquemment les indicateurs du niveau de l'eau, s'assurer de leur bon état, et régler, d'après leurs indications, le jeu de l'appareil alimentaire. Un dérangement qui serait survenu dans cet appareil se manifesterait aux yeux d'un chauffeur attentif, bien avant qu'il ait pu donner lieu à un accident. Ce dérangement reconnu, le chauffeur doit remettre l'appareil en ordre, en arrêtant, au besoin, le jeu de la

machine; en agissant autrement il mettrait la chaudière en danger. Si, malgré toutes les précautions ci-dessus, le chauffeur, trompé par des appareils indicateurs, qui seraient défectueux à son insu, venait à reconnaître que l'eau est descendue accidentellement dans la chaudière au-dessous du niveau supérieur des carneaux, il devrait immédiatement fermer le registre de la cheminée et ouvrir les portes du foyer, afin de ralentir l'activité de la combustion et faire tomber la flamme; il se garderait bien de soulever les soupapes de sûreté et maintiendrait les portes du foyer ouvertes, jusqu'à ce que le jeu de l'appareil alimentaire eût fait remonter l'eau dans la chaudière à son niveau habituel, tracé sur le parement extérieur du fourneau, et qui doit être au moins d'un décimètre au-dessus de la partie la plus élevée des carneaux, tubes ou conduits de la flamme et de la fumée. F. DEBETTE.

CHAUDRONNERIE. La chaudronnerie est l'art de confectionner les vases métalliques destinés au chauffage des corps, ou pour mieux dire on comprend sous le nom de chaudronnerie le travail de tous les métaux en feuilles, soit qu'il s'applique à la confection de vases divers dont a besoin la grande industrie ou l'économie domestique, soit à la confection d'une foule de produits que l'on fabrique avantageusement en employant des feuilles métalliques et surtout la tôle de fer. On peut diviser les procédés employés en trois classes :

1° Ceux où la forme est donnée par estampage au balancier et matrices successives. Ce sont ces procédés d'emboutissage qui servent exclusivement à la fabrication des ustensiles en FER BATTU (voyez ce mot); nous en traitons dans une foule d'articles du Dictionnaire; voyez notamment EMBOUTISSAGE et BANC A TIRER. Dans ce dernier article, le banc à repousser de M. Palmer est essentiellement un procédé d'emboutissage sans choc, mais sauf cette différence de même nature que les procédés que nous rangeons dans cette division.

2° Ceux qui ont pour base le travail au marteau, à l'aide d'outils simples et peu nombreux, et où les pièces sont réunies par soudure. Telle est la chaudronnerie de cuivre qui sert à la confection de presque tous les ustensiles de cuisine. Nous l'appellerons la *petite chaudronnerie*;

3° Ceux qui ont pour cachet la réunion des pièces par rivets et qui s'appliquent surtout à la confection des chaudières à vapeur, fabriquées en général en forte tôle. Ils constituent les procédés de la *grosse chaudronnerie*.

PETITE CHAUDRONNERIE. Le cuivre rouge, qui est le plus souvent employé, est un métal très bon conducteur de la chaleur. Il est trop mou quand il n'a pas été écroulé par un martelage, par un battage en froid sur une enclume; cette condition est remplie tout naturellement par le travail, puisque c'est en profitant de la malléabilité du cuivre qu'on lui donne par le martelage les formes voulues.

L'opération la plus difficile du chaudronnier, celle dans laquelle excellent quelques habiles ouvriers, est l'opération de la *retrait* ou du *retreint*. Elle a pour but de façonner avec le marteau une plaque de cuivre, de manière à lui faire prendre une forme concave sans soudure. On *emboutit* d'abord la plaque en frappant au milieu, sur un tas, avec un marteau à tête ronde. Quand le métal a pris de la dureté, on le *recuit* en le faisant rougir au feu, puis on laisse refroidir. On réitère cette opération autant de fois qu'il est nécessaire. Lorsque la plaque a été suffisamment emboutie par ce travail, on pose la partie concave sur une bigorne ronde et l'on frappe en dehors, afin d'étendre le cuivre en ménageant toujours les bords.

Il faut éviter de laisser tomber le marteau plusieurs

fois sur la même place; il vaut mieux, à chaque coup de marteau, faire tourner tant soit peu le vaisseau, en laissant tomber le marteau trop souvent à la même place, on risque de le voir bomber en travaillant la place suivante, parce que le cuivre sera devenu trop dur, aura perdu toute malléabilité. A chaque tour on doit obtenir une surface bien planée, bien unie, ce qui a lieu seulement quand tous les coups de marteau ont porté bien également; sinon, au second tour, cette surface se déformera. C'est le seul moyen d'éviter les plis, les déchirures du cuivre, qu'on s'efforce, quand il y a lieu, de cacher à l'aide de la soudure, ce qui ne donne jamais qu'une pièce défectueuse et sans valeur.

Bien que par la retraite on puisse faire en cuivre rouge (ou en autres métaux malléables, car le procédé est le même pour la fabrication de bien des pièces d'ORFÈVREURIE) des pièces de formes assez compliquées, cependant il est plus simple et plus économique d'assembler diverses parties par soudure.

Pour l'opérer, on découpe les bords qu'on veut joindre en tenons et mortaises, avec le soin convenable pour qu'après avoir soudé ces bords l'épaisseur soit partout de même. Ensuite on joint les bords et on les lie pour les maintenir momentanément ensemble; on couvre les joints avec du borax mouillé et l'on dispose du côté intérieur les grains de soudure. On expose à un coup de feu, la soudure fond et coule dans les interstices. La pièce est alors aussi solide que si on l'avait retraite. C'est en opérant comme nous venons de le dire qu'on rapporte un fond circulaire sur une partie cylindrique, opération qu'il faut répéter pour la fabrication de presque tous les vases culinaires.

Nous avons supposé dans ce qui précède qu'il s'agissait d'appliquer la soudure forte, qui permet de forger les pièces soudées comme si elles étaient d'un seul morceau. Cette soudure est ordinairement formée de huit parties de laiton et une partie de zinc. Voici comment on la prépare: on fait fondre le laiton dans un creuset et l'on y jette le zinc chauffé; on agite le mélange et on le verse sur un balai de boulean qu'on tient au-dessus d'un vase d'eau. Cette soudure en grenaille est fusible et très malléable.

On peut augmenter la proportion de cuivre qui entre dans cette soudure; elle devient d'autant plus forte et moins fusible. On peut aller jusqu'à 46 parties de cuivre pour 4 partie de zinc.

Pour les soudures qui ne nécessitent pas une grande résistance on se contente de la soudure tendre, c'est-à-dire de la soudure ordinaire des plombiers, composée de plomb et d'étain, dont on fait varier les proportions en raison de l'ouvrage à exécuter. Les bords à réunir, préalablement décapés et étamés, sont réunis et la soudure appliquée très rapidement à l'aide d'un soudeur. Le travail est le même que celui des ferblantiers, qui réunissent les pièces grâce à la facile adhésion de la soudure avec l'étain qui recouvre la surface du fer-blanc.

Nous ne dirons rien ici de la grosse chaudronnerie de cuivre, qui emploie des outils plus puissants que le marteau mû à la main; nous en traitons à la fin de l'article GROSSE CHAUDRONNERIE, qui va suivre. Nous ajouterons seulement un détail au sujet de la fabrication des tubes de locomotives, dont nous donnons plus loin la description. Elle se rapporte à la manière de disposer la soudure sur une longueur aussi grande que celle d'un tube de locomotive.

On prend une petite gouttière demi-ronde, de 15 millimètres de diamètre environ et de la longueur du tube à souder; on la remplit rase de soudure forte préalablement baignée dans de l'eau. Cela fait, on recouvre cette soudure d'une couche de borax en poudre, puis on introduit la gouttière dans le tube, de manière que son milieu corresponde à la ligne de réunion des bords.

Quand la gouttière est introduite on la retourne, et ce qu'elle contenait se dépose sur les faces à réunir, le borax en dessous et la soudure en dessus.

Il ne reste plus qu'à porter le tuyau dans un feu de forge et à le faire avancer progressivement à mesure que la soudure fond.

On fabrique depuis quelque temps avec assez de succès des tubes en cuivre jaune, non soudés, d'une seule pièce. Ces tubes, excellents quand le travail a été conduit avec assez de soin pour que le métal ne soit pas déchiré, se fabriquent directement avec des bancs-à-tirer très puissants, en partant d'une masse de laiton fondue d'une assez grande longueur et percée en son centre suivant le sens de la longueur.

Nous nous trouvons encore ramenés de la chaudronnerie à l'emboutissage, et en effet la chaudronnerie n'est en réalité, comme nous l'avons dit en commençant, que l'emploi du marteau pour utiliser la ductilité, la malléabilité des métaux.

On voit par ce qui précède que la simplicité des moyens de fabrication rend bien compte de ce fait que la petite chaudronnerie s'exerce dans de petits ateliers, où le plus souvent la vente au détail et la fabrication sont réunies dans les mêmes mains. Cela n'empêche pas le travail de l'artisan de pouvoir quelquefois être extrêmement remarquable; ses procédés sont exactement ceux avec lesquels des artistes orfèvres ont exécuté des chefs-d'œuvre en repoussé.

GROSSE CHAUDRONNERIE. Passons maintenant à la grosse chaudronnerie, à celle qui traite de la fabrication de ces puissants appareils sans lesquels seraient impossibles les merveilleux développements de la grande industrie et la création des gigantesques appareils à vapeur, dont la puissance croît à mesure que les moyens de la produire se perfectionnent.

La grande chaudronnerie, celle dont nous avons à parler, s'exerce principalement sur le fer, le cuivre, le platine et le plomb : ces deux derniers métaux ne sont cependant pas employés d'une manière générale, l'un à cause de l'élevation de son prix, l'autre en raison de son peu de résistance. Les chaudières ou vases de platine ne servent que dans la préparation de certains produits chimiques; la confection des chambres ou réservoirs de plomb employés dans des cas analogues ne constitue pas une industrie spéciale : c'est donc au sujet du platine, et aux divers articles relatifs aux préparations chimiques, que nous nous occuperons de la disposition et de la fabrication des grands récipients en platine ou en plomb.

Notre but est de traiter spécialement ici de la chaudronnerie de fer, ou en d'autres termes de l'emploi de la tôle principalement en ce qui est relatif à la construction des chaudières à vapeur; nous parlerons ensuite de la chaudronnerie de cuivre.

La première condition à remplir pour faire de bons ouvrages en tôle, c'est d'employer des matières premières qui satisfassent le mieux possible aux usages auxquels on les destine. Il ne suffit cependant pas que la tôle soit de nature à résister aux efforts qu'elle aura à supporter dans l'objet fabriqué, qu'une chaudière à vapeur, par exemple, ne se déchire pas par l'action de la pression à laquelle elle sera soumise; il faut, surtout et avant toutes choses, que la matière supporte sans altération toutes les opérations qu'elle a à subir pour être mise en œuvre.

Les tôles doivent se traiter facilement à chaud, et surtout ne pas être cassantes à froid; il faut qu'elles soient à la fois tenaces et flexibles. Les fers forts et durs conviennent, en général, pour les tôles fortes ou moyennes, tandis que les tôles minces réclament l'emploi des fers les plus doux. En France, ces dernières se font presque toujours en fers affinés au charbon de bois pour les autres, on emploie indifféremment des fers

puddlés ou affinés; mais les seconds sont toujours préférés par les fabricants de chaudronnerie et se vendent à un prix plus élevé.

Les tôles minces et les tôles moyennes de petites dimensions se font généralement sans corroyage; les grandes tôles et les tôles épaisses ne peuvent au contraire être fabriquées qu'en fer corroyé, c'est-à-dire qu'elles sont composées de plusieurs pièces affinées séparément et réunies par des soudures.

Les tôles, même celles qui sont composées de fer d'excellente qualité, puisent une grande partie de leurs défauts dans les imperfections de ce dernier mode de fabrication. Les tôles mal soudées se rencontrent très fréquemment dans le commerce, et c'est assurément l'un des vices qui nuisent le plus à leur emploi: non seulement elles ne présentent pas à l'usage toute la résistance que l'on est en droit d'attendre de leur épaisseur, mais elles supportent même fort mal les épreuves de leur mise en œuvre. Un fabricant de chaudronnerie doit donc s'attacher par dessus tout à avoir des tôles parfaitement soudées: la bonté de son travail, l'économie de sa fabrication et la belle apparence de ses produits dépendent en grande partie de l'existence de cette qualité dans les matières qu'il emploie.

Nous n'attachons pas une importance aussi grande à la distinction que l'on établit entre les tôles puddlées et celles en fer affiné. La différence de qualité qui existe entre ces deux genres de produits est cependant un fait que nous ne voulons pas nier; mais s'il subsiste, la cause doit évidemment en être plutôt attribuée à l'imperfection des procédés de fabrication qu'à la supériorité de l'un des moyens d'affinage sur l'autre: cette supériorité pourrait certainement être contre-balancée par le traitement ultérieur du métal, et l'on doit reconnaître que l'industrie du fer fait chaque jour de grands progrès dans cette voie.

Les tôles sont livrées au commerce en feuilles rectangulaires de dimensions très variables, et fort souvent au-dessous des besoins des grandes constructions de chaudières, bateaux, etc. Le travail de la chaudronnerie pourrait être souvent simplifié si les forges livraient aux ateliers des produits mieux appropriés aux exigences de la construction: ce fait tient en grande partie à l'imperfection et à la faiblesse des appareils de fabrication employés dans les usines à fer: elles ont évidemment un progrès à faire sous ce rapport, et nous hésitons d'autant moins à leur en signaler l'urgence que nous avons la conviction qu'elles y trouveraient une nouvelle source de bénéfices.

Les différentes observations que nous venons de présenter sur la qualité des tôles et sur leurs dimensions, tendent à prouver que cette fabrication n'est pas aujourd'hui très avancée: elle demande à être perfectionnée pour satisfaire d'une manière plus complète aux exigences si variées de la construction des machines.

Les ouvrages de chaudronnerie étant composés de feuilles de tôle assemblées entre elles par des rivets, ces feuilles doivent être coupées, percées, courbées et clouées de manière à prendre des dimensions et des formes en harmonie avec la position qu'on leur destine dans l'appareil dont elles font partie. Jusqu'à ces derniers temps, et avant le grand développement que la construction des chaudières à vapeur et des bateaux en fer a imprimé aux travaux de la chaudronnerie, ces opérations s'exécutaient avec des outils fort imparfaits, et tout à fait au-dessous des progrès de la mécanique. Il n'en est plus de même aujourd'hui; grâce aux efforts de quelques fabricants éclairés, cette industrie se perfectionne chaque jour; les outils mécaniques viennent peu à peu remplacer le travail manuel des ouvriers, et la perfection des produits est la conséquence immédiate de cette lente et difficile transformation des méthodes de travail.

L'art de la chaudronnerie n'était pas il y a quelques

années beaucoup plus avancé en Angleterre qu'en France; depuis cette époque nous avons fait de grands progrès, et les outils de quelques-uns de nos fabricants nous paraissent même supérieurs à ceux de leurs concurrents anglais: M. Lemaitre, fabricant de chaudières à la Chapelle-Saint-Denis, auquel nous devons la communication des différents outils dont nous allons donner la description, et auquel nous sommes heureux de pouvoir témoigner ici toute notre gratitude pour l'extrême obligeance avec laquelle il nous a accueilli, est un de ceux qui ont pris le plus à cœur la substitution du travail mécanique au travail manuel, et la bonté de ses produits, est une preuve évidente de la perfection des appareils qu'il a imaginés, et de la commodité de leur emploi. Tous les outils de M. Lemaitre sont basés sur le principe de l'emploi direct de la pression de la vapeur. Ce principe que M. Cavé a le premier appliqué à la mise en mouvement des machines à percer et à cisailer, présente de grands avantages dans tous les outils à travail intermittent, surtout lorsque les pièces soumises à leur action sont difficiles à manier, et doivent lui être

présentées dans certaines positions qui varient à chaque instant suivant la nature du travail. Dans une machine à percer, par exemple, il est évident que l'outil ne doit agir que lorsque le poinçon se trouve parfaitement au-dessus du point marqué sur la tôle; il faut donc que l'ouvrier ait le temps de placer convenablement sa pièce: c'est ce qui a lieu avec un appareil à action directe, tandis qu'avec un mouvement continu, il lui serait souvent difficile de faire arriver la tôle sous le poinçon, juste au moment où le coup va être donné.

L'emploi de l'action directe de la vapeur reçoit d'ailleurs chaque jour de nouvelles applications, et celle qui en a été faite par M. Bourdon du Creuzot, au soulèvement des marteaux, est une nouvelle preuve des bons effets que l'on peut en obtenir.

L'ordre généralement suivi par le fabricant de chaudronnerie dans la série de ses opérations est le suivant:

1° Faire le tracé de l'appareil qu'il veut construire, et déterminer la véritable grandeur de toutes les pièces qui doivent y figurer;

2° Découper ses feuilles d'après les épreuves ou les patrons qu'il a établis;

3° Percer ces mêmes feuilles suivant les indications tracées sur la pièce.

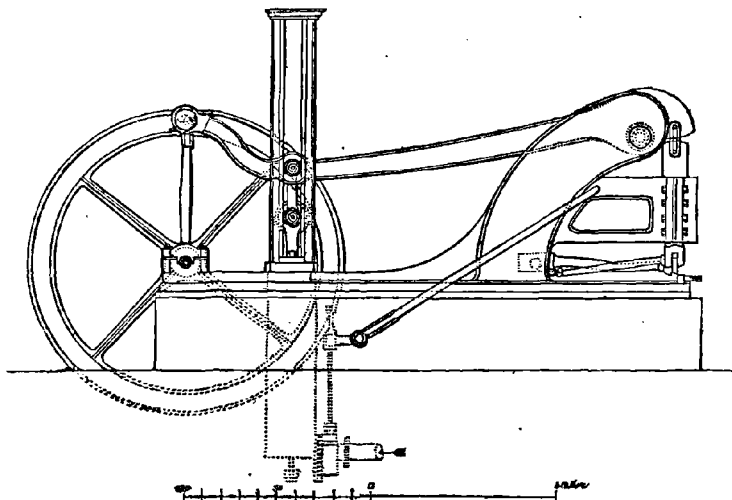
4° Donner aux feuilles la forme qu'elles doivent affecter dans l'appareil: dans certains cas, le cintrage s'exécute avant le perçage des traces de rivets;

5° Assembler les différentes feuilles et les clouer avec les rivets préparés à l'avance;

6° Enfin, garnir l'appareil de tous ses accessoires, en fonte, fer ou cuivre; le soumettre aux épreuves de la réception; vernir les tôles, etc.

Nous n'avons point à entrer ici dans le détail du tracé des épreuves: ce genre de travail s'exécute sur un plancher convenablement disposé et ne présente de

difficultés qu'en ce qui concerne l'arrangement des feuilles de tôle; il faut chercher à les disposer avec symétrie, tâcher d'avoir le moindre déchet possible, placer convenablement les lignes de rivets, et s'attacher aussi à éviter la multiplicité des modèles ou patrons. Il est impossible d'indiquer à cet égard une méthode générale; la manière de procéder dépend non seulement de la forme de l'appareil, mais encore et surtout de la dimension des tôles dont on dispose, de la nature des outils que l'on emploie; en un mot, le talent de l'opé-



434.

rateur consiste à rendre le travail aussi facile et aussi économique que possible, et chacun suit à cet égard les inspirations de son intelligence ou les données de sa propre expérience.

Quand les patrons sont déterminés, on en reporte le tracé sur les feuilles, qu'on livre alors aux *cisailleurs* chargés de les découper. Nous donnons ici (fig. 434) le croquis de la cisaille employée pour cet objet.

Cette machine se compose comme il suit:

1° Une semelle en fonte portant un support recourbé à l'avant, et présentant en ce point la forme d'une fourchette traversée par un axe; à l'avant de la semelle se trouve la lame fixe de la cisaille; à l'arrière est un cylindre à vapeur;

2° Un levier engagé par son extrémité antérieure entre les deux branches du support est susceptible de se mouvoir autour de l'axe qui le traverse et le maintient; à la tête du levier se rattache, par deux chapes, une forte tige en fer se mouvant verticalement entre des guides fixés au bâti et portant à son extrémité inférieure la seconde lame de la cisaille. Lorsque la tête du levier descend, elle appuie sur la tige, et fait descendre la lame qui tranche la pièce de tôle qu'on lui présente.

Le levier est rattaché à sa partie postérieure, d'abord à la tige du piston du cylindre à vapeur, puis à une manivelle forgée avec un arbre horizontal portant un petit volant et se mouvant sur des paliers venus à la semelle du bâti;

3° Le cylindre à vapeur est à simple effet; il est facile de voir qu'en introduisant la vapeur sous le piston, ce dernier se soulève, enlève la partie postérieure du levier, fait baisser la tête et descendre la lame supérieure de la cisaille; la manivelle ne sert ici qu'à limiter la course du piston;

4° L'accessoire indispensable de cet appareil est une

table en fonte située à la hauteur du bâti sur laquelle on fixe les feuilles à rogner. Cette table est portée sur un cadre à glissière et peut, au moyen d'une crémaillère qui engrène avec un pignon dont l'arbre est muni d'une petite manivelle, se mouvoir horizontalement et parallèlement aux lames de la cisaille. C'est par ce moyen que l'on présente successivement à l'action de l'outil les parties qui doivent être tranchées.

Quand les feuilles doivent être coupées circulairement, on fixe la feuille sur la table par une extrémité seulement, et on rattache l'autre bord à un système de petits leviers dont l'action combinée avec le mouvement rectiligne de la table, tend à faire décrire à la pièce un mouvement circulaire en harmonie avec la forme de la courbe, suivant laquelle elle doit être cisaillée.

Le mode d'attache de la lame supérieure avec la tige verticale présente, dans la figure ci-dessus, une disposition particulière, mais elle n'a pas donné les résultats satisfaisants que l'on en attendait, et elle a été abandonnée. La lame doit être simplement fixée avec la plus grande solidité possible à l'extrémité de la tige; c'est le seul moyen d'obtenir un travail parfaitement régulier.

Quand les feuilles sont découpées, on trace la place que doivent occuper les rivets; en général, les trous sont percés à un diamètre double de l'épaisseur de la tôle et espacés les uns des autres d'une quantité égale à trois fois leur diamètre. On laisse entre l'axe du trou et l'arête supérieure du chanfrein, que présente la feuille de tôle à son extrémité, une distance égale à une fois et demie l'épaisseur du rivet. Le chanfrein qu'on laisse sur l'extrémité visible de chaque feuille donne aux objets fabriqués une meilleure apparence. Il suffit, pour cisailler en chanfrein, de donner à la lame fixe la forme d'un plan incliné, et de présenter les tôles parallèlement à cette face.

Les trous que l'on perce dans la tôle sont quelquefois tout à fait cylindriques, mais il vaut mieux leur donner une forme conique, de telle sorte que le rivet mis en place présente la forme de deux troncs de cônes adossés par leur petite base, qui doit se trouver à la ligne de jonction des deux feuilles. Cette forme concourt, avec les deux têtes du rivet, à assurer le serrage des deux pièces, et permet au rivet de produire encore son effet, alors même que ces têtes auraient été enlevées.

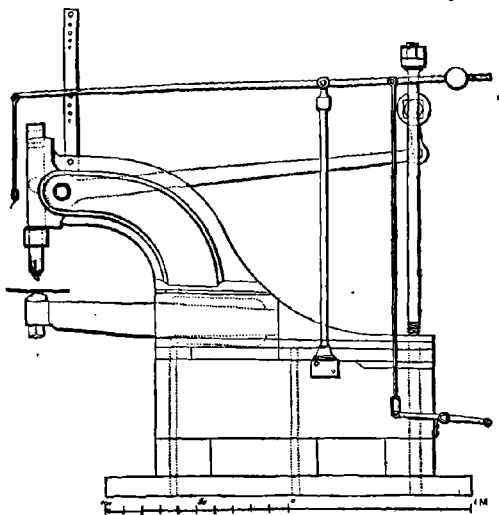
Pour percer des trous légèrement coniques, il suffit d'ailleurs que la matrice, sur laquelle est placée la feuille, présente un diamètre un peu plus fort que le poinçon qui perce le trou. Le fer enlevé présente alors la forme d'un tronc de cône qui laisse dans la feuille un vide de même forme.

Les machines à percer sont disposées de la même manière que la cisaille dont nous avons donné la description. La lame inférieure est remplacée par une matrice, et la lame supérieure par un poinçon; seulement on se dispense de limiter la course du piston au moyen d'une manivelle, parce qu'elle est naturellement déterminée par la longueur du poinçon, dont l'embase supérieure vient buter contre les bords du trou quand ce dernier est percé.

Les feuilles de tôle sont d'ailleurs portées sur un chariot mobile, absolument comme pour le cisailage.

D'après cette disposition, on conçoit que le peu de place qui existe entre l'axe du poinçon et le bâti de l'appareil ne permet de percer des trous que sur le bord des feuilles, et il se présente des cas dans lesquels il faut procéder différemment. L'outil dont nous donnons un croquis (fig. 435) a pour but de satisfaire à ces nécessités. La matrice fixée à l'extrémité d'une pièce rigide, est située à 0^m,65 du bâti, de sorte que l'on peut engager la feuille de tôle de 0^m,65 sous l'appareil, et percer des

trous à cette distance du bord; ce but n'est cependant pas le motif principal de la forme que l'on a adoptée, elle l'a surtout été en vue de percer des tôles déjà cin-



435.

trées que l'on présente à la machine suivant l'axe de leur courbure.

Supposons, par exemple, qu'après avoir percé les trous de rivets sur l'un des bords d'une feuille, cette feuille soit pliée pour en faire rejoindre les deux extrémités, dont l'une n'est pas encore percée: on engagera ce cylindre sur le porte-matrice et on pourra en donnant une longueur suffisante au poinçon, percer les trous du bord intérieur à travers ceux du bord extérieur.

La disposition de l'outil est évidemment d'une grande utilité, car, en pliant la tôle pour en faire un cylindre après avoir percé les deux lignes de trous parallèles, il est difficile, avec quelque soin que l'on opère, que tous ces trous se retrouvent après le pliage parfaitement au droit les uns des autres; il faut donc les ramener par force au fur et à mesure que l'on opère la rivure, au moyen d'un mandrin conique en acier que l'on enfonce à coups de marteau dans les deux trous qui doivent se correspondre, et qui, en tirant la tôle d'un côté, en la comprimant de l'autre, finit par opérer la correspondance des deux ouvertures.

Cette manière d'opérer, qui d'ailleurs est la plus générale, a évidemment des inconvénients que tout le monde peut facilement apprécier, et il est préférable, sous tous les rapports, de percer la seconde ligne de trous après le pliage et à travers les trous existants. De cette manière, leur parfaite coïncidence est toute naturelle; et l'importante opération de la rivure ne s'en opère qu'avec plus de facilité et de précision.

La longueur du porte-matrice n'est pas suffisante dans cette machine pour satisfaire à tous les cas de la pratique, puisqu'il n'a que 0^m,65; mais on trouvera dans la machine à river, dont nous allons bientôt parler, une disposition supplémentaire qui permet de la faire fonctionner comme machine à percer, pouvant opérer sur des pièces de plus de 2^m,50 de longueur.

Le cintrage des feuilles de tôle, qui ne sont pas employées droites, dépend tout à fait de la nature des courbes qu'elles doivent affecter. Quand elles sont irrégulières, on coule des formes en fonte sur lesquelles on applique la tôle à chaud en la battant au marteau.

C'est par un procédé analogue que l'on emboutit les

caïottes sphériques qui terminent les chaudières cylindriques; cette opération demande à être exécutée avec beaucoup de précaution, parce qu'elle a presque toujours pour résultat de produire des pièces d'inégale épaisseur, attendu que la matière se refoule du centre à la circonférence. Il existe des machines à emboutir, mais en général elles sont peu employées, et ce travail s'exécute presque toujours à la main. Les machines de ce genre, que nous avons vues en Angleterre, se composent :

1° D'une matrice concave en fonte, fixée entre deux montants en fonte, reliés à leur partie supérieure par une traverse horizontale de même nature.

2° La traverse supérieure, ou chapeau, est traversée par une forte vis en fer portant à son extrémité inférieure un mandrin en fonte ou en fer d'une forme convexe semblable à celle de la matrice.

Cette vis pouvant être mise en mouvement au moyen d'une machine, on présente la feuille de tôle convenablement chauffée entre la matrice et le mandrin, on fait descendre ce dernier, et la tôle est obligée de se courber suivant la forme affectée par la matrice.

Ces mêmes machines servent également à donner aux pièces de tôle toutes les formes réclamées par les besoins de la construction; pour cintrer des tôles à chaudières cylindriques, par exemple, on conçoit qu'il suffit de donner à la matrice la forme d'un demi-cylindre creux, tandis que le mandrin est disposé de manière à s'y embôter exactement. Au lieu de courber les tôles dans des formes concaves, il est préférable, suivant beaucoup de praticiens, de les plier sur des formes convexes, ou en d'autres termes de les *rétrécir*; en opérant ainsi, on peut conserver à la feuille une épaisseur uniforme sur tous les points, et on altère beaucoup moins la texture du métal. Ce procédé est d'ailleurs très fréquemment employé dans la chaudronnerie.

Dans toutes ces opérations, il est indispensable que la tôle soit convenablement chauffée avant d'être soumise à l'action mécanique qui doit modifier sa forme; ce réchauffage se pratique dans des espèces de fours dormants chauffés à la houille, et doit être d'autant plus énergique que l'on opère sur des tôles plus épaisses ou de moindre qualité; les tôles très douces peuvent en effet se travailler à un faible degré de chaleur, tandis que les autres ne peuvent être traitées qu'au rouge cerise, sous peine de les voir se gercer et se fendre, ce qui les met hors d'emploi.

Nous donnons ici (fig. 436 et 437) le croquis de la machine à cintrer, employée chez M. Lemaitre; elle fonctionne parfaitement bien; les tôles que l'on soumet à son action sont chauffées au four, quand elles sont épaisses; lorsqu'elles sont minces, on les échauffe légèrement dans une boîte en fonte où l'on fait arriver un jet de vapeur.

Cette machine se compose comme il suit :

1° Deux bâtis en fonte portant des paliers dans lesquels se meuvent les tourillons du cylindre, sur lequel doivent s'enrouler les feuilles de tôle. L'un de ces

bâtis sert en même temps de point d'appui aux engrenages qui communiquent le mouvement à l'appareil.

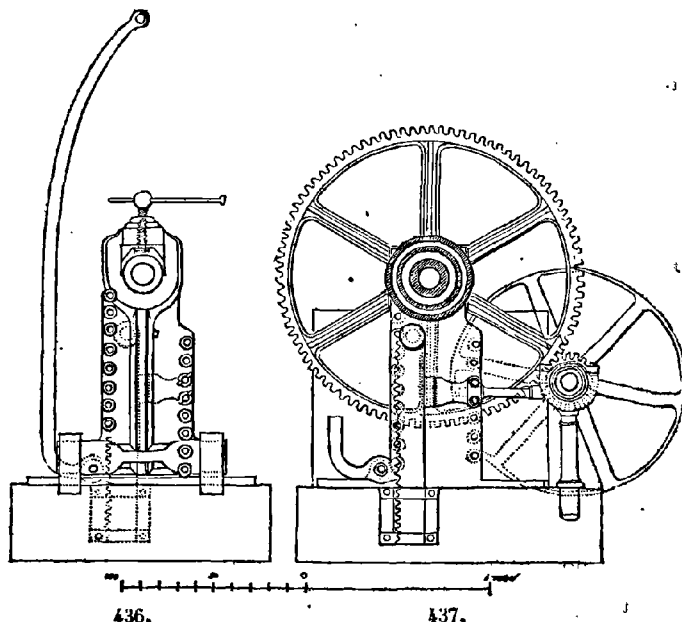
2° Un cylindre en fonte un peu plus long que les feuilles à courber, et d'un diamètre égal à celui du cercle suivant lequel elles doivent être pliées.

3° Une barre de fer rectangulaire placée sous le cylindre, et rattachée à ses extrémités par deux chapes qui la rendent solidaire de la première pièce. C'est entre cette barre et le cylindre que l'on engage les feuilles, et qu'on les fixe solidement au moyen des chapes à coins et à vis que nous venons de mentionner.

4° Un autre cylindre en fonte parallèle au premier est soutenu un peu à l'arrière, au moyen de deux crémaillères verticales situées près des bâtis.

Ces crémaillères sont susceptibles de se mouvoir verticalement au moyen d'un levier denté qui se manœuvre à la main; cette disposition sert à rapprocher ou à écarter à volonté le cylindre inférieur du cylindre mobile dans les différentes périodes de l'opération; voici d'ailleurs comment on procède.

La feuille de tôle est enlevée par son milieu au moyen d'une poutre, et le bord en est engagé entre le cylindre plieur et la barre de fer inférieure, en ayant soin de le placer bien parallèlement à l'axe de la machine. On serre alors les chapes avec force, et on fixe solidement la feuille de tôle entre le cylindre et la barre. Au moyen des leviers dentés qui agissent sur les supports du rouleau, on relève ce dernier de manière à l'appuyer fortement sous la feuille pour le forcer à se coller contre le cylindre. On fixe les leviers pour qu'ils ne se dérangent plus, et on donne le mouvement à la machine; la tôle, entraînée par le mouvement du cylindre et constamment serrée contre sa circonférence par l'action du rouleau, s'applique parfai-



tement contre sa surface, en prend exactement la forme et la conserve.

Quand l'autre bord de la feuille, par suite du mouvement du cylindre, a échappé le rouleau, on arrête la machine, on baisse le rouleau, on desserre les chapes et la barre qu'elles maintiennent; puis on en-

lève la pièce et l'on procède à une nouvelle opération.

On voit qu'avec cette machine, la tôle prend exactement la forme du cylindre sur lequel elle s'applique, et que par conséquent il faut changer ce cylindre suivant la courbure que l'on veut donner aux feuilles. Il existe d'autres machines à cintrer composées de trois cylindres parallèles et disposés de telle sorte, qu'en réglant convenablement leur écartement respectif, on peut obtenir des courbures de rayons variés, mais l'expérience a prouvé que le résultat de leur travail n'est jamais aussi bon que celui de l'appareil que nous avons décrit. En effet, c'est toujours par tâtonnements que l'on règle l'écartement relatif des trois cylindres, et il est fort rare que l'on arrive à produire exactement le diamètre voulu; toutefois, et entre les mains d'ouvriers qui s'en servent continuellement, ces machines peuvent encore donner de bons produits, et on les emploie assez fréquemment; mais il est certain que leur action ne peut jamais être aussi sûre et aussi régulière que celle qui résulte de l'emploi d'un cylindre d'une courbure précisément égale à celle que l'on veut donner à la tôle.

Les différentes opérations dont nous venons de nous occuper sont celles qui précèdent l'assemblage des tôles entre elles, ou avec d'autres pièces de fonte ou de fer. Ces pièces supplémentaires sont employées dans tous les cas où il serait trop difficile de donner à la tôle elle-même les formes auxquelles on est obligé de se conformer; jamais, par exemple, on ne coude les tôles à angle droit, parce qu'elles perdraient de leur solidité; les feuilles sont assemblées, dans ce cas, sur des fers d'angles ou fers à cornières, que l'on fabrique spécialement pour cet objet dans les forges à laminiers.

De même, quand il s'agit de donner de la rigidité à de grandes surfaces, on assemble de distance en distance les feuilles de tôle sur des fers dont la section présente la forme d'un T, ou sur deux fers à cornières accolés sur l'une de leurs faces, ce qui produit le même effet.

Tous les assemblages de chaudronnerie s'exécutent, comme nous l'avons déjà dit, au moyen de rivets ou clous à deux têtes posés à chaud, et dont le refroidissement opère sur les pièces à réunir un serrage excessivement énergique. Les rivets doivent être faits en fer doux et nerveux se travaillant bien à chaud et non cassant à froid: ils se fabriquent comme les clous, mais on emploie avec avantage le petit appareil suivant:

Cet appareil (fig. 438, 439, 440) se compose d'une masse en fonte de 0^m,60 à 0^m,70 de hauteur, évidé dans le milieu et présentant à sa partie supérieure la forme d'une enclume ordinaire, tandis que l'extrémité inférieure se termine par un empâtement qui repose sur une chabotte en bois. Le vide ménagé au milieu de la masse est occupé: 1^o par la clouière dans laquelle on engage la tringle en fer qui forme le rivet; 2^o par une tige en fer appuyée par sa base sur le socle de l'enclume, et portant à son extrémité supérieure une douille au fond de laquelle vient s'appuyer le bout du rivet; 3^o par un levier qui prend son point d'appui sur l'enclume même, et dont une extrémité est engagée dans une fourchette disposée sur le milieu de la tringle.

On voit facilement qu'après avoir forgé la tête du rivet, il suffit d'appuyer sur le levier pour soulever la tringle, et par conséquent pour faire sortir le rivet de la clouière: cette disposition accélère beaucoup le travail.

On change la clouière et la tringle à douille suivant le diamètre et la longueur des rivets que l'on fabrique; cet outil convient également au forgeage des boulons de diverses longueurs; il suffit d'avoir une douille d'une longueur suffisante, les trous ménagés sur les deux

faces de l'enclume permettant de placer le levier à la hauteur voulue par la longueur du boulon.

La disposition de cet appareil rend la fabrication des rivets très régulière et très rapide; cependant on peut aussi les faire par un procédé mécanique, et nous croyons devoir donner à la page suivante (figure 441) le croquis de la machine que M. Lemaitre emploie pour cet objet.

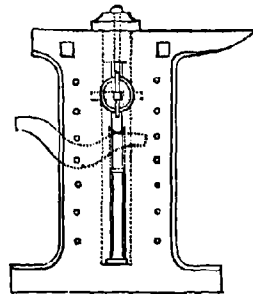
Cette machine est disposée dans le genre des machines à percer et fonctionne de la même manière. Sur le bâti de la machine on a disposé une pièce de fonte circulaire, mobile autour de son axe et portant à sa circonférence une série de matrices que l'on peut faire passer successivement sous la bouterolle engagée dans la partie mobile de l'appareil: cette auge en fonte est remplie d'eau afin qu'elle ne s'échauffe pas trop vite.

Le jeu de cette machine est facile à concevoir: après avoir placé le rivet dont on veut faire la tête dans une des matrices, on l'amène sous l'outil que l'on fait agir immédiatement et qui d'un seul coup forme la tête du rivet: pendant ce temps on a placé d'autres rivets dans les matrices et on les amène successivement sous l'outil, tandis qu'au moyen du levier disposé sous le bâti, les rivets déjà terminés sortent immédiatement de leur forme.

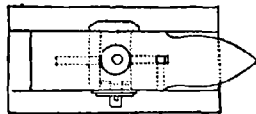
Cet appareil peut, comme on le voit, fonctionner avec une grande rapidité, et donner des produits d'une forme parfaitement régulière.

Les différentes opérations que nous venons de mentionner, telles que le cisailage et le cintrage des pièces, le perçage des trous et la fabrication des rivets exercent évidemment une grande influence sur le résultat définitif du travail; mais l'assemblage des pièces et la pose des rivets est assurément celle qui exige le plus de soin et qui demande à être exécutée avec le plus de perfection, puisque c'est de là que dépend essentiellement la solidité et la beauté des ouvrages. Autrefois, et aujourd'hui encore dans un grand nombre d'ateliers, la riture des tôles se fait à bras d'homme, mais on a réussi à faire des machines qui exécutent ce travail avec beaucoup de célérité et avec un grand avantage sur l'ancienne méthode. Nous donnons à la page suivante (figure 442) le croquis d'une de ces machines.

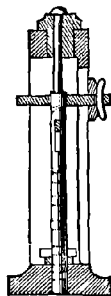
Cette machine fonctionne comme tous les appareils employés par M. Lemaitre par l'action directe de la vapeur, et ce système déjà si heureusement imaginé pour les cisailles et les machines à percer, convient mieux



438.



439.



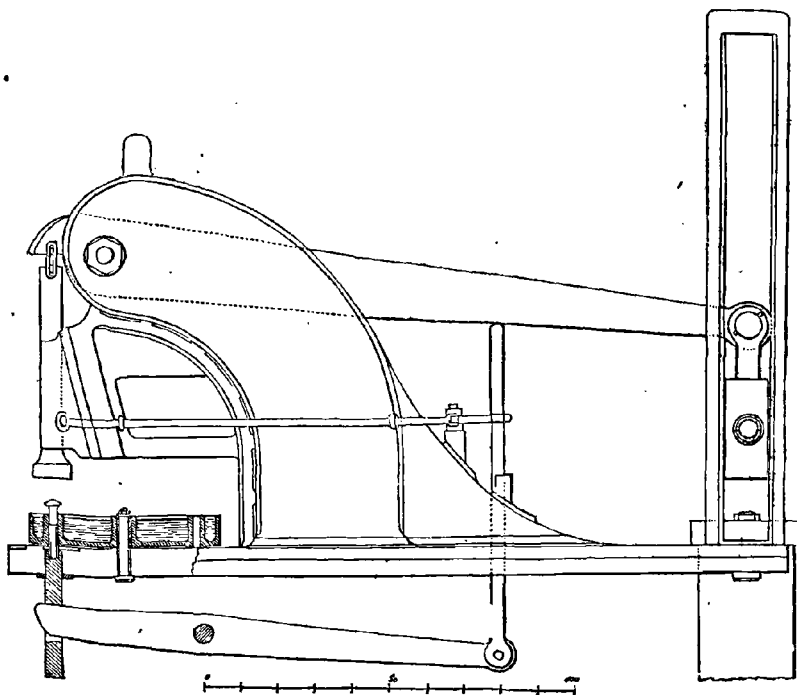
440.

CHAUDRONNERIE.

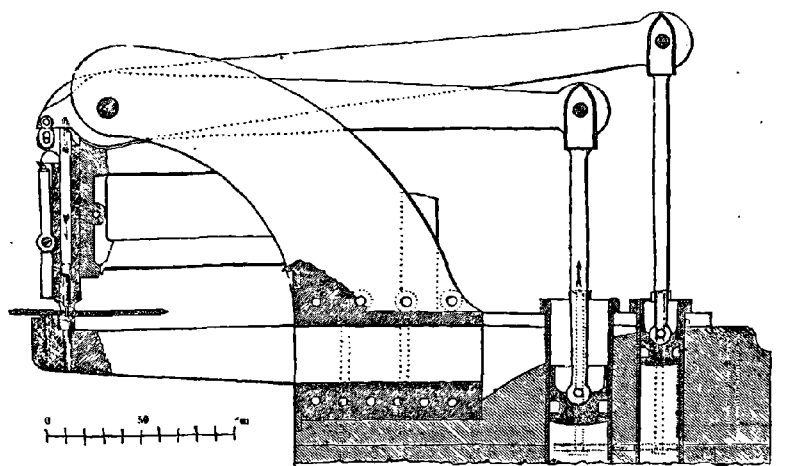
encore au rivage, parce que cette dernière opération doit être exécutée avec la plus entière perfection. Il faut que le rivet ne soit frappé qu'au moment où les pièces, souvent lourdes et embarrassantes que l'on a à manier, se trouvent dans une situation parfaitement convenable,

CHAUDRONNERIE.

La grande différence qui distingue la machine de M. Lemaitre de toutes celles que nous avons eu l'occasion d'examiner, provient de sa double action qui consiste à ne faire la tête du rivet, que lorsque déjà les deux feuilles de tôle à réunir ont été fortement comprimées l'une



441.



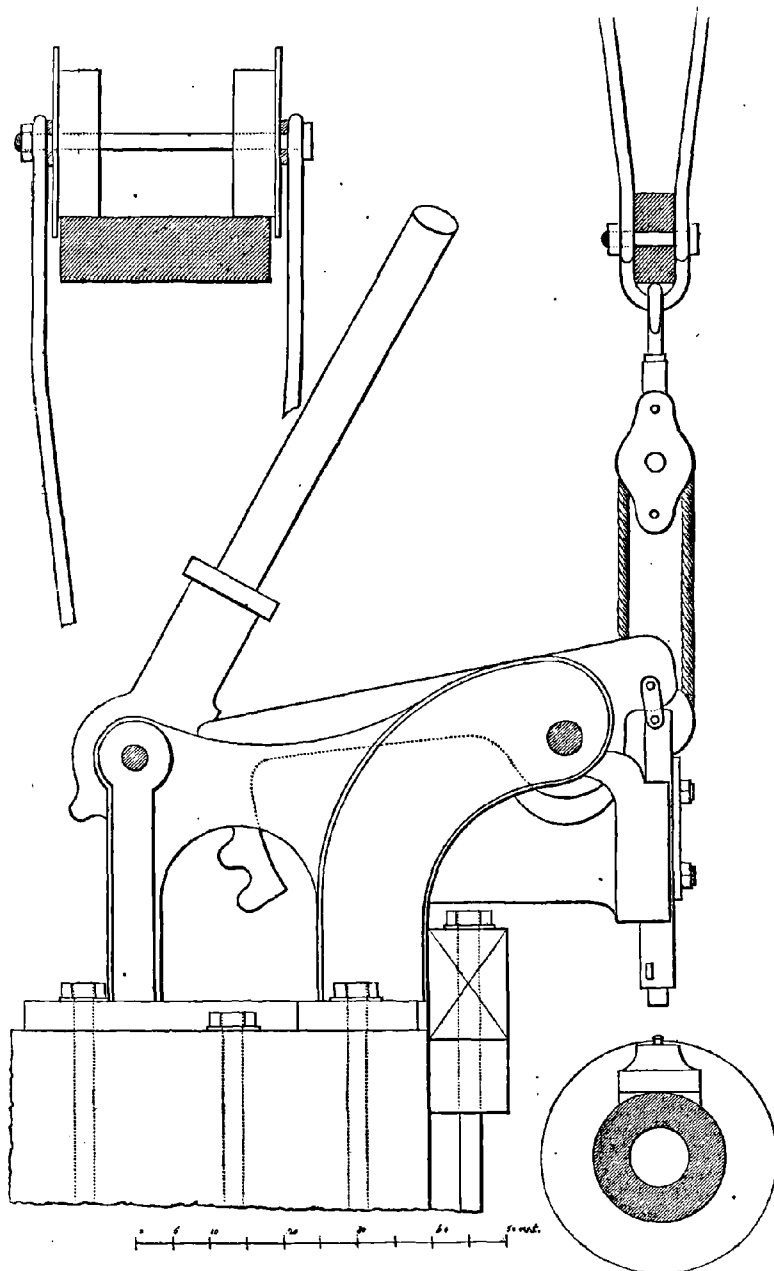
442.

et ce n'est qu'avec la plus grande difficulté que l'on obtiendrait ce résultat si l'on employait des appareils fonctionnant d'une manière régulière et continue, dans lesquels l'outil serait poussé par une manivelle ou un excentrique fixé sur un arbre de rotation.

contre l'autre. Il est évident, en effet, que le rivet sera d'autant mieux appliqué que les tôles seront mieux serrées l'une contre l'autre, et leur serrage préalable est bien plus énergique que celui qui se fait indirectement par la tête du rivet : l'expérience a d'ailleurs

parfaitement confirmés les prévisions si rationnelles de M. Lamatre, et nous nous sommes assurés par nous-mêmes que les rivets placés sans serrage préalable de la tôle rendaient moins de fer dans la tête que ceux que l'on appliquait en se servant de la double action de la

444.



443.

machine. Le moindre volume de la tête du rivet, dans le premier cas, indique positivement que le corps du rivet conserve un peu plus de longueur et que par conséquent les deux tôles sont soumises à une juxtaposition

moins intime. Ce mode de rivure joint à la forme conique des trous, dont nous avons déjà parlé, produit un travail excellent, et dont on peut parfaitement juger en coupant les deux feuilles de tôle par le milieu du rivet : les trois pièces de métal (les deux feuilles et le rivet),

s'appliquent si bien les unes contre les autres, que l'on ne saisit pas sans peine leurs lignes de séparation respectives.

La machine à river (fig. 442) se compose d'un bâti à

supports courbes, dans la semelle duquel est solidement emmanché l'arbre en fer qui porte la buterolle fixe sur laquelle se place la tête inférieure du rivet. La fourchette du support reçoit un clou qui sert d'axe de rotation à deux leviers distincts correspondants chacun à un cylindre à vapeur. L'un de ces leviers fait agir le mandrin qui serre les deux tôles, l'autre porte la buterolle mobile qui fait ensuite la tête du rivet.

Lorsque la machine travaille comme machine à percer, on adapte au mandrin du premier levier un poinçon qui correspond à une matrice placée à l'extrémité de l'arbre en fer.

En supposant que l'on veuille river un corps de chaudière ou de bouilleur, on commence par l'emmancher sur l'arbre qui porte la buterolle en le soutenant par son extrémité au moyen d'une grue ou d'un palan; un enfant apporte le rivet convenablement chauffé, l'introduit avec sa tenaille dans l'intérieur de la chaudière que l'on soulève un peu, de manière à pouvoir placer le rivet de dedans en dehors dans le trou qui lui est destiné, puis on donne un ou deux coups de vapeur par le premier levier pour serrer les tôles, et enfin on fait agir le levier qui porte la buterolle pour faire la tête du rivet. Cette opération s'exécute avec une grande rapidité: deux hommes et un enfant qui chauffe et présente les rivets, suffisent au service de la machine.

D'après la disposition de cet appareil, il est clair que l'on ne peut pas y river des pièces d'une longueur plus grande que le double de celle de l'arbre qui porte la buterolle fixe; que de plus, si ce sont des corps cylindriques que l'on assemble, il faut que leur diamètre soit assez grand pour que l'on puisse venir placer le rivet dans l'intérieur du cylindre: cette dernière nécessité limite évidemment l'emploi de cette machine. Pour assembler des cylindres d'une plus grande longueur et d'un faible diamètre, il faudrait: 1° que le support fût beaucoup plus long; 2° que le rivet se plaçât de dehors en dedans et que la machine exécutât la tête intérieure.

Ce problème présentait évidemment de grandes difficultés, mais il a été résolu avec un grand succès par l'habile mécanicien dont nous avons déjà parlé, et il y a peu de temps que nous avons vu river ainsi des tubes cylindriques de 0,25 à 0,30 de diamètre et de 7 à 8 mètres de long: nous allons essayer de donner une idée de l'appareil que M. Lemaitre a récemment imaginé pour cet objet.

La pièce principale est un tuyau conique en fonte, fixé horizontalement par son extrémité la plus large sur un massif, et présentant une longueur d'environ 3^m,60 à 4^m,00 en porte à faux. Le tube est percé perpendiculairement à son axe vers le sommet du cône et reçoit en ce point une buterolle en acier qui s'appuie sur deux coins placés dans l'intérieur du tube; l'un de ces coins fait suite à une tige en fer qui passe dans l'intérieur de la pièce et se termine à l'autre extrémité (côté du massif), par une oreillière qui engrène avec un levier denté. En relevant ou en abaissant le levier, on fait donc descendre ou monter la buterolle. Si l'on imagine maintenant qu'au dessus de cette buterolle, on ait disposé à l'extrémité d'une tige verticale une autre buterolle dont l'axe correspond exactement à celui de la première, et qui soit susceptible de se mouvoir suivant ce même axe, au moyen d'un levier convenablement disposé (voir fig. 443), on aura une idée à peu près complète de l'ensemble de l'appareil. Quant à la manière de le faire fonctionner, elle est fort simple: on emmanche le tube à river sur le tuyau de fonte, en le tenant suspendu par une chaîne dont l'extrémités s'attache à un chariot mobile, et on amène le trou à remplir au droit des deux buterolles; un enfant place le rivet de dehors en dedans, et l'on fait aussitôt agir la buterolle supérieure sur la tête déjà faite, de sorte que l'extrémité inférieure du rivet pénètre dans le vide où doit se mouvoir la buterolle infé-

rieure. Celle-ci est à son tour subitement relevée par l'action du levier qui agit sur le coin qui la porte, et la tête intérieure du rivet se trouve immédiatement formée.

Au moyen de cet ingénieux appareil, qui fonctionne d'ailleurs avec une extrême régularité, on exécute dans le même temps et avec le même nombre d'ouvriers environ quatre fois autant de travail que par les procédés ordinaires.

On conçoit que ces différentes machines ne peuvent être employées que pour l'assemblage partiel des feuilles de tôle, et qu'un grand appareil ne peut pas être entièrement terminé de cette manière; mais c'est déjà beaucoup que d'avoir pu diminuer de moitié, ou des trois quarts, le travail manuel, et de n'y recourir que pour l'assemblage définitif des différentes parties entre elles.

Pour river au marteau, le rivet est introduit dans le trou qu'il doit occuper par l'intérieur du corps de la chaudière, et maintenu dans cette position au moyen d'un levier en fer dont l'extrémité serre la tête intérieure du rivet, tandis que deux hommes placés en dehors forment à coups de marteau sa tête extérieure. Cette dernière opération se fait généralement avec des marteaux ordinaires que les deux riveurs font fonctionner avec la plus grande rapidité possible; mais M. Lemaitre exécute aujourd'hui toutes ses riveurs à la buterolle.

Le principal ouvrier commence seulement à former la tête du rivet en quelques coups, puis il y applique la buterolle sur laquelle son frappeur frappe à coups de masse. L'opération se fait ainsi avec beaucoup de rapidité, et les têtes de rivet présentent une régularité de forme que l'on n'obtient que fort difficilement par l'ancienne méthode.

Nous avons présenté avec tous les développements nécessaires le détail des opérations qui se succèdent dans les ateliers de chaudronnerie; nous ne parlerons pas ici de l'essai des appareils dont il sera traité à l'article CHAUDIÈRE À VAPEUR. Il nous reste à parler de la chaudronnerie en cuivre.

Le travail du cuivre a pris en ces dernières années un assez grand développement par suite des nombreux appareils que l'on exécute pour les sucreries indigènes ou exotiques; mais son prix élevé réduira toujours ses usages aux cas où la tôle de fer ne peut pas lui être substituée.

La chaudronnerie de cuivre présente beaucoup moins de difficultés que celle de fer, parce que la ductibilité de ce métal permet de le travailler sans peine à la température ordinaire. On conçoit d'ailleurs que tous les outils et appareils que nous avons décrits pour la tôle de fer s'appliquent parfaitement au traitement des feuilles de cuivre.

Le cuivre s'emploie généralement à l'état de feuilles laminées; dans quelques cas seulement on se sert de plaques coulées que l'on traite ensuite au marteau pour resserrer la matière et lui donner du corps. Les fonds de chaudières sont travaillés au martinet dans les usines à cuivre, et seulement achevés dans les ateliers.

Toutes les pièces sont généralement travaillées au marteau à main, sur la bigorne ou le tas, et l'on conçoit facilement la lenteur de cette manière de procéder. MM. Derôme et Cail, dont la chaudronnerie est exécutée avec une perfection qui ne laisse rien à désirer, ont récemment imaginé un appareil fort simple pour substituer l'action mécanique au travail manuel dans ce genre d'opérations. Il consiste en un marteau-pilon à tête d'acier, soulevé par l'action d'une came placée sur un arbre qui reçoit son mouvement d'une machine à vapeur; son poids est d'environ 60 à 90 kilogr., sa levée de 0^m,24 à 0^m,30; l'enclume est également en acier et présente une superficie de 60 à 80 centimètres carrés. C'est sous cet appareil, auquel on a donné le nom de marteau-planeur, que l'on traite aujourd'hui les fonds de

Les bandes et toutes les feuilles dont on veut augmenter la ténacité par le martelage. On obtient par ce procédé un métal simple qu'économiquement des produits, qui, à épaisseur égale, présentent une solidité beaucoup plus grande que ceux qui résultaient de l'ancien travail.

Les assemblages par soudures ou brasages, sont beaucoup plus employés dans la chaudronnerie de cuivre que dans celle de fer; tous les tuyaux entre autres sont confectionnés par cette méthode. Pour préparer les tuyaux, on commence par découper des feuilles de cuivre d'une largeur égale à la circonférence développée du tuyau, puis on les chanfreine sur les bords qui doivent être réunis.

On emploie pour chanfreiner les feuilles de cuivre, un appareil dont le principal agent est une râpe circulaire de 0^m,20 à 0^m,25 de diamètre, faisant 300 à 400 tours par minute, à l'action de laquelle on soumet le bord des feuilles qui sont conduites avec un mouvement assez lent, également déterminé par la machine. Quand les bandes de cuivre sont chanfreinées, elles sont repliées sur elles-mêmes au moyen d'un mandrin en fer que l'on engage avec la bande dans une filière placée sur un BANC-A-TIRER. On obtient ainsi des diamètres fort exacts que l'on peut encore régulariser après la soudure sur un autre passage à la filière.

L'outillage de la chaudronnerie de cuivre est beaucoup plus simple que celui de la chaudronnerie de fer, ce fait résulte, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, de la grande facilité avec laquelle ce métal se laisse traiter. Quoi qu'il en soit, il est évident qu'un grand nombre d'opérations qui se font aujourd'hui à force d'adresse et d'habitude de la part des ouvriers pourraient être exécutées plus économiquement et avec plus de précision en employant des machines.

Nous terminerons cet article en présentant quelques indications sur l'outillage des ateliers de chaudronnerie.

Ces ateliers doivent comprendre :

1° Des forges maréchales pour la préparation des rivets et de toutes les pièces travaillées qui doivent entrer dans la confection des appareils; chaque forge doit être pourvue des outils relatifs à sa destination spéciale, enclumes, matrices, mandrins, etc., etc.;

2° Des machines à cisailer et à percer en grand nombre;

3° Une ou deux machines à cintrer avec un four à réchauffer les tôles;

4° Quelques petits tours, une machine à tarauder, plusieurs machines à percer la fonte et le fer.

Tous ces appareils peuvent être réunis dans le même atelier, en plaçant toutes les forges d'un côté et les machines de l'autre;

5° Si l'on travaillait aussi le cuivre, il faudrait ajouter à ces machines, un marteau-planeur, une machine à chanfreiner, un banc-à-tirer; enfin il faudrait réserver une place pour les opérations d'étamages, de soudures, brasages, etc.;

6° Les machines à river desservies par des grues et par un petit four à chauffer les rivets sont mieux placées dans les chantiers de montage que dans l'atelier proprement dit. Ce chantier doit être couvert, présenter beaucoup de place, et être pourvu de grandes grues pour le maniement des pièces, de petites forges mobiles pour le chauffage des rivets, etc., etc.

Nous nous sommes contentés d'indiquer ici les principaux outils, ceux qui occupent beaucoup de place ou qui sont mis par un agent mécanique; mais on emploie un grand nombre d'outils à main dans la description et l'énumération desquels nous n'avons pas dû nous en occuper.

Qu'il nous soit d'ailleurs permis de terminer cet article par une observation: c'est que la grande chaudronnerie a pris aujourd'hui un tel développement qu'il nous serait impossible d'en présenter une description

complète sans entrer dans des détails qui ne sauraient trouver leur place dans un dictionnaire; nous croirons avoir rempli notre tâche si nous avons seulement réussi à donner à nos lecteurs une idée approchée des grands progrès qu'a faits depuis un petit nombre d'années l'intéressante industrie dont nous venons de parler.

A. BARRAULT.

CHAUFFAGE (*angl.* warming, *all.* heizung). L'objet de cet article est le *chauffage domestique*, le chauffage des habitations particulières et des édifices publics: nous laissons les applications manufacturières de la chaleur à des articles spéciaux, CHAUDIÈRE A VAPEUR, ÉVAPORATION, SÈCHOIRS, etc., et aux industries qui emploient ces procédés.

Pendant des siècles, on brûla dans les pays chauds un combustible sans fumée dans des brasiers placés au milieu des salles, et dans les pays tempérés, du bois dans de vastes cheminées ouvertes. Ce chauffage fit cependant dans le nord des progrès remarquables par la construction des poêles, et plus tard, l'introduction de la houille en Angleterre et en Belgique, lui donna une impulsion nouvelle, mais c'est surtout depuis cinquante ans, que les travaux de Rumfort, Curaudeau, Désarnod, et depuis, de Tredgold, d'Arcet, Pécelet, et d'un grand nombre d'ingénieurs français et anglais, lui ont donné le plus haut développement en y appliquant la méthode et les principes de la science.

Dans cette question, le but est simple: utiliser le plus complètement et le plus économiquement possible la chaleur dégagée, en brûlant les combustibles proprement dits, pour l'appliquer au chauffage des habitations.

Mais les applications particulières à chaque système de localités et de besoins, sont très multipliées, et les formes des appareils livrées à l'imagination des constructeurs, sont infinies.

Toutes pourtant se classent sous un certain nombre de types.

Nous ne pouvons pas mieux faire que d'adopter la classification de M. Pécelet, auquel nous avons beaucoup emprunté pour cet article.

- 1° Chauffage direct par la combustion.
- 2° Chauffage de l'air des appartements par le rayonnement du combustible. — Cheminées.
- 3° Poêles.
- 4° Cheminées-poêles.
- 5° Calorifères à air chaud.
- 6° Chauffage de l'air par la vapeur.
- 7° Chauffage de l'air par l'eau chaude à basse pression.
- 8° Chauffage de l'air par l'eau chaude à haute pression.
- 9° Chauffage par l'eau et la vapeur combinées.
- 10° Chauffage des édifices publics.

Avant d'aborder ces questions, ce serait le lieu de poser les principes généraux du chauffage et d'en déduire des règles pour employer les principaux procédés dans leurs conditions les plus favorables, pour choisir ainsi le procédé qui convient à chaque circonstance; mais les principes pratiques seront donnés avec les applications, et la comparaison pratique des divers systèmes d'appareils se trouvera plus utilement placée après l'appréciation de leurs qualités et de leurs défauts.

I. — CHAUFFAGE DIRECT PAR LA COMBUSTION.

Ce procédé qui consiste à brûler un combustible dans un vase, ou sur une aire placée au milieu d'une salle, était seul employé par les anciens; il l'est encore en Espagne, en Italie, et dans l'Amérique du sud, où l'ont porté les Espagnols, et aussi par tous les peuples sauvages. Le gaz acide carbonique et l'oxyde de carbone, jetés au milieu d'une salle habitée, quand le combustible est sans fumée, comme le charbon de bois des brazeros espagnols, les huiles empyreumatiques et l'acide acétique déga-

gés de plus par le bois, sont désagréables et dangereux pour l'économie animale, et peuvent dans de certains cas occasionner la mort.

Ces accidents n'arrivent cependant jamais dans les pays chauds, où l'usage des brazeros est général : là, en effet, ils servent à chauffer légèrement de vastes salles pendant la moins bonne saison. Les croisées et fenêtres ne sont pour ainsi dire jamais fermées, et la quantité de charbon ainsi brûlée à feu découvert, est excessivement faible.

Quant aux huttes des sauvages, où le feu plus actif, qui sert à se chauffer et à cuire les aliments, se fait au milieu de la salle, et au dessous d'un trou percé au toit, il se produit là un courant ascendant qui force l'air à affluer de tous côtés de la circonférence au centre, par les portes et les fissures des murs en terre, de sorte que les individus qui sont assis sur la terre, ou couchés autour du feu, se trouvent enveloppés dans un courant d'air pur et garantis de l'acidité carbonique.

L'emploi de la combustion directe pour se chauffer, serait bien plus dangereux dans les pays civilisés et froids; là tout doit être disposé pour des appareils qui emportent au dehors la fumée et les gaz brûlés, car les portes et fenêtres sont bien jointes et toujours fermées avec soin. Du reste ce procédé, employé il y a vingt ans encore dans quelques industries, est remplacé complètement par des poêles ou des calorifères. J'en ai cependant encore trouvé récemment un exemple remarquable dans le séchage des *crins frisés*, où pourtant rien ne s'oppose à sa suppression immédiate.

II. — CHEMINÉES.

La France et l'Angleterre sont presque entièrement chauffées par des foyers ouverts, chargés d'un combustible qui n'échauffe la salle que par son rayonnement. Ce mode de chauffage est éminemment agréable, puisqu'il permet de voir le feu et de se chauffer à volonté les pieds, et c'est là sans doute une des causes qui font conserver en Angleterre ces foyers ouverts à la houille, de préférence aux poêles, parce que dans un climat humide et avec des pluies fréquentes, il y a un grand avantage à trouver, à l'arrivée, un foyer ouvert pour s'y sécher les pieds.

Les autres avantages de ces foyers sont de tenir les pieds chauds, et de conserver le reste du corps à une température moindre, condition nécessaire d'un bon travail et d'une bonne santé, qui manque dans les bureaux des administrations publiques où le chauffage s'opère par les bouches de chaleur d'un calorifère; car alors les employés ne peuvent pas travailler dans des salles au-dessous de 19 à 20°, et ils y puisent des douleurs de tête: ce qui n'a pas lieu avec des cheminées.

Par ce procédé, l'air des salles habitées est aussi puissamment renouvelé, et par conséquent toujours salubre; car une cheminée ouverte agit comme un foyer d'appel, où le combustible n'a pas seulement pour effet de chauffer la salle, comme dans les poêles, et d'emporter dans le tuyau de cheminée la quantité d'air indispensable à sa combustion, mais encore un excédant d'air considérable qui, par la disposition du foyer, s'écoule librement à l'entour du combustible, par l'ouverture extérieure, ouverte pour livrer passage à la chaleur rayonnante.

Ces avantages cependant sont compensés par des inconvénients graves.

La chaleur rayonnante n'est pour le bois que 25 et pour la houille et le coke que 55 p. 100 de la chaleur totale dégagée par le combustible brûlé, et la meilleure cheminée ouverte n'en utilise que 1/4. Ainsi avec le bois, une cheminée ouverte n'utilise que 6 p. 100 environ de la chaleur totale donnée par le combustible, et 43 p. 100 avec le coke et la houille; ce chauffage est donc le plus coûteux de tous, aussi on ne l'emploie que dans les maisons aisées, ou avec du combustible à bon marché.

Un second inconvénient vient encore ajouter à cet excès de dépense: le grand courant d'air qui passe constamment par une cheminée ouverte, et qui, dans les mieux construites s'élève au minimum à 60 mètres cubes par kilogr. de bois brûlé, exige l'introduction dans la salle à chauffer d'un égal volume d'air, soit par des ventouses disposées à cet effet dans la coffre de la cheminée, sous sa plaque de fondation, ou dans les angles opposés de la salle, soit par les joints des portes et des fenêtres. Ce courant d'air froid rayonnant de tous les points accessibles de la circonférence pour se diriger vers le foyer, refroidit tout sur son passage, et emporte ainsi dans la cheminée une nouvelle portion de la chaleur dégagée par le combustible.

Il est d'ailleurs très désagréable de se trouver plongé sans cesse dans un courant d'air froid, qui gèle toutes les parties postérieures du corps, pendant que la partie antérieure est brûlée par l'action directe du foyer.

Le but des bons constructeurs a donc été, pour conserver la gaieté du feu et la salubrité de l'air:

1° De disposer les foyers de manière à renvoyer dans la salle la plus grande proportion possible de chaleur rayonnante;

2° De réduire à son minimum la quantité d'air appelé par la cheminée pour une quantité de combustible donné,

3° De fournir au lieu d'air froid à la salle de l'air préalablement chauffé, pour la ventilation et l'alimentation de la cheminée;

4° Enfin d'utiliser pour chauffer la salle même une partie de la chaleur emportée par la flamme et la fumée du combustible, et l'air chaud qu'elles entraînent avec elles.

Depuis les travaux si remarquables de Rumford, sur les formes et les proportions des foyers ouverts, bien des essais de tout genre ont été tentés pour résoudre la première question, et l'on est presque toujours rentré dans les principes qu'il a posés.

Ramener le feu en avant pour réduire la profondeur du foyer, et augmenter le champ circulaire de dégagement du calorique rayonnant, en inclinant au-delors, évasant les deux parois, et les construisant en matériaux blancs et polis, comme la faïence ou la brique vernissée, ce qui augmente leur pouvoir réfléchissant.

Sur la seconde question on a, comme Rumford, étranglé la partie inférieure du tuyau de cheminée à l'endroit où la fumée du foyer y pénètre, et on y a placé un registre à coulisses pour régler à volonté l'affluence de l'air, en proportion du feu que l'on fait, et aussi pour la fermer complètement, et s'opposer au refroidissement de la chambre après l'extinction du feu.

Quant au troisième point, on l'atteint très bien en chauffant par des poêles ou des calorifères les pièces contiguës à la salle à chauffer, et celles où elle s'ouvre, comme les escaliers, corridors, antichambres, de sorte qu'au lieu de puiser de l'air froid à l'extérieur, elle prend de l'air chaud dans les salles voisines au moyen de larges bouches réservées dans les murs sur des points opposés à la cheminée.

On obtient alors tous les avantages d'un feu découvert et d'une bonne ventilation, en conservant une douce température dans toute l'étendue de la pièce; c'est ainsi que sont chauffés les bureaux des chefs de service à l'Hôtel-de-Ville, par des cheminées ouvertes et des bouches grillagées puisant l'air chaud dans un corridor, auquel il est fourni par des calorifères.

Souvent aussi on amène directement l'air chaud des conduits et bouches de calorifères dans la chambre à cheminée; il faut alors donner de grandes dimensions aux tuyaux et bouches d'arrivée, pour que la cheminée ne manque pas d'air, et ne soit pas forcée d'en prendre à l'extérieur ou exposée à fumer, et pour que cet air n'arrive pas à une température trop élevée dont on pour-

rait souffrir ; la température d'arrivée la plus convenable est de 45 à 50° ; pour compenser les pertes des murs et du vitrage, et maintenir la salle à 16 ou 18°.

Les dispositions que nous venons d'indiquer exigent des calorifères ou de grands poêles extérieurs ; mais on trouve dans la solution de la quatrième question, posée plus haut, le moyen de satisfaire pleinement à la troisième, sans dépense de combustible.

Il s'agit d'employer la chaleur perdue de la fumée, et de l'air emporté chaud dans la cheminée à chauffer de l'air frais et pur pris à l'extérieur, que l'on introduit ensuite dans la chambre pour alimenter le tirage de la cheminée ; c'est un système parfait qui conserve toutes ses qualités, et corrige ses défauts les uns par les autres.

Avant de donner la description de quelques-unes des meilleures cheminées qui puissent servir de modèle dans chaque système, nous indiquerons les proportions à adopter pour leur construction.

Pour introduire dans une pièce l'air nécessaire à la cheminée, il faut y établir des ventouses bien proportionnées et placées de manière à ventiler complètement la salle, c'est-à-dire près du sol, et à des points opposés à la cheminée, pour que toute la masse d'air soit renouvelée, ce qui s'opère complètement en vertu du courant montant et descendant qui existe toujours dans une pièce échauffée ; il faut aussi se garder de compter sur les joints des portes et des fenêtres, moyen tout à fait insuffisant et qui expose à des courants désagréables, tandis que ceux des ventouses, larges et garnis de grillages à mailles fines, ou des vastas placés aux fenêtres, donnent des courants beaucoup moins sensibles.

En tous cas, il faut leur donner en somme une ouverture égale au passage libre de la cheminée à son entrée.

Il en est de même pour les bouches d'air chaud, quand elles viennent d'un corridor ou d'un poêle, mais quand elles viennent d'un calorifère éloigné, il est difficile de leur donner de pareilles dimensions par la difficulté de faire passer de gros tuyaux dans les murs ; il faut alors leur donner seulement la plus grande section possible.

Nous avons dit que la cheminée doit avoir seulement la section nécessaire pour brûler son combustible, sans être trop rapidement engorgée de suie, et l'expérience prouve que pour du bois, un tuyau cylindrique de 22 à 25 centimètres suffit toujours dans les grandes pièces, comme les salons, où il se réunit à la fois un grand nombre de personnes, et où une ventilation puissante est nécessaire ; on donne 16 à 18 décimètres carrés de section à ces conduits, c'est-à-dire environ 0,80 sur 0,22 au moins. Règle générale, dans des constructions de ce genre, comme dans tous les appareils de chauffage industriel, les dimensions doivent toujours, en plaçant au bas de la cheminée un registre régulateur, être plutôt trop grandes que trop petites, l'on peut ainsi au besoin disposer d'une puissance un peu plus grande ; les cheminées auront donc plutôt 4 ou 2 centimètres de plus que de moins en diamètre.

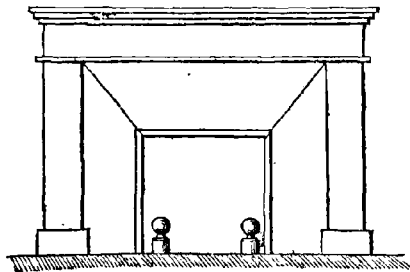
Il faut éviter de placer deux foyers différents sur une seule cheminée ; l'un des deux inévitablement plus puissant, plus favorablement placé gêne l'autre, le fait fumer ou en empêche entièrement le tirage.

Dans des vieilles cheminées très larges, il faut, et on peut sans inconvénients graves, monter une languette de 3 ou 4 mètres de hauteur, et de 4 1/2 ou 5 décimètres carrés de section pour le foyer le plus élevé, afin que chaque foyer ait ainsi sa cheminée, ou mieux encore donner au foyer un tuyau métallique de 22 à 25 centimètres de diamètre, montant à 3 ou 4 mètres dans la cheminée commune ; avec cette disposition, chaque foyer favorisera par sa chaleur le tirage de l'autre, sans lui nuire jamais.

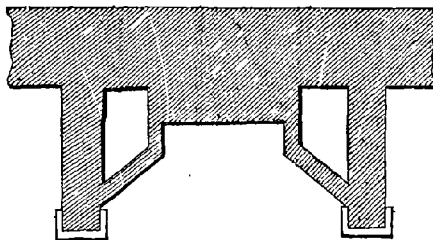
Enfin quand le coffre de la cheminée est plus grand que les sections minimum indiquées plus haut, et qu'on l'étrangle par le bas pour diminuer le volume d'air écoulé, et surtout pour contraindre cet air à traverser autant que possible le combustible, et à prendre une vitesse plus grande qui s'oppose puissamment à la rentrée de la fumée, il faut avoir soin aussi de réduire la sortie supérieure des tuyaux en la ramenant à peu près à la section du bas, et rendre ainsi à cet air une vitesse suffisante pour chasser devant lui l'air extérieur et résister à la pression des vents, et aux courants d'air chauds formés par l'action du soleil, conditions d'une haute importance, et sur lesquelles nous reviendrons en parlant des moyens de prévenir la fumée dans les appartements.

Une courte description des principaux systèmes de cheminées servira d'application et d'exemple aux principes qui précèdent.

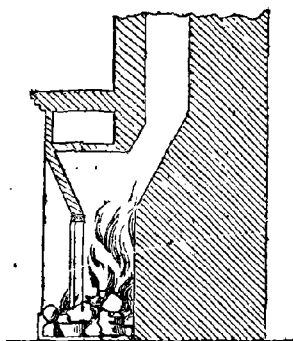
Les larges dimensions des anciennes cheminées et de leurs conduits sont proverbiales ; Rumford les a heureusement modifiées en diminuant la profondeur du foyer, et remplissant les deux côtés par des parois obliques et



445.



446.



447.

abaissant le tablier auquel même il ajusta en avant un registre, comme on le voit dans les fig. 445, 446 et 447, faciles à comprendre. Les meilleures cheminées connues aujourd'hui sont celles de Lhomond, employées si fréquemment ; celles de foyer mobile et celles de Millet, pour les

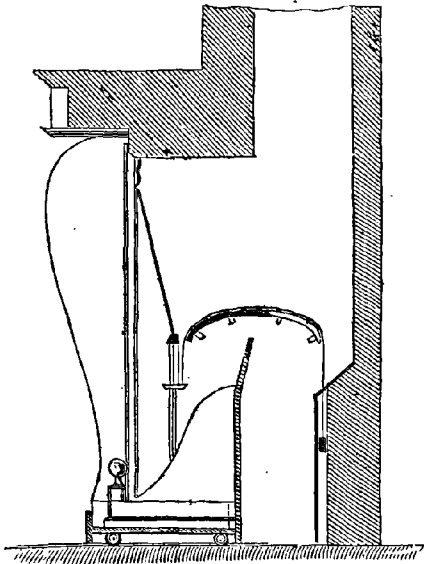
CHAUFFAGE.

cheminées qui ne chauffent pas l'air nécessaire à leur alimentation; enfin les cheminées à houille de l'Angleterre et de la Belgique, qui peuvent être si avantageusement employées en France pour brûler du coke, et même avec quelques légers changements de l'antracite.

La cheminée de Lhomond a beaucoup de rapports de forme avec celle de Rumford : les parois inclinées sont formées de tablettes de stuc; mais la partie occupée par le foyer est plus profonde, et elle est fermée entièrement par un cadre de cuivre à coulisse, dans lequel monte et descend un tablier également en cuivre, qui sert, soit à fermer complètement la cheminée, soit à augmenter le tirage et à allumer le feu, en abaissant le tablier pour que l'air se précipite avec une grande vitesse sur le combustible.

Ce sont des cheminées très bonnes, mais qui brûlent beaucoup de bois.

La cheminée à foyer mobile (fig. 448) consiste par-



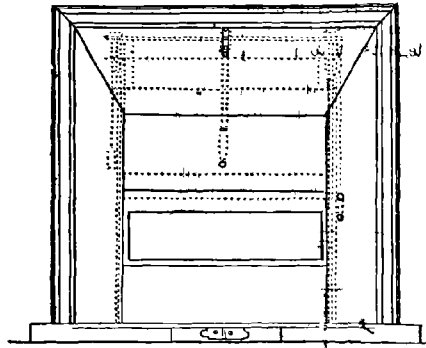
448.

ticulièrement en un foyer de fonte, encaissé de trois côtés et porté sur des galets qui permettent, soit de le rentrer dans la cheminée, et de baisser par devant un tablier, qui ouvre en même temps l'ouverture de sortie de la fumée pour allumer et activer le feu; soit au contraire de sortir fortement ce foyer en avant de la cheminée quand le feu est bien pris, condition qui donne un bon emploi du combustible. Les réparations à faire aux galets nuisent à ces cheminées d'ailleurs excellentes.

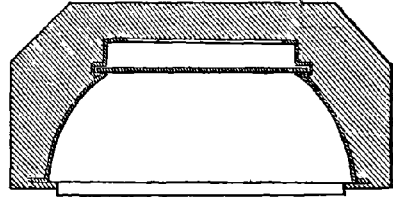
Les cheminées de Millet ont pour pensée fondamentale de régler l'ouverture d'entrée de l'air sur le foyer au moyen d'un registre ou tablier, comme nous l'avons déjà vu pour d'autres cheminées, et en même temps le passage de la fumée à travers le tuyau dans lequel elle s'élève. Dans son meilleur système de cheminée (fig. 449, 450 et 451), il établit au bas de la cheminée un coffre en fonte qui se ferme à volonté sur le devant par un tablier à coulisses, ayant pour l'échappement de la fumée deux ouvertures : l'une à la partie supérieure, large et étroite, et l'autre à la partie postérieure, et un peu au-dessus du combustible; la première est toujours ouverte et ne peut suffire qu'au minimum d'é-

CHAUFFAGE.

chappement de la fumée avec de petits feux, la seconde est fermée d'une trappe manœuvrée par un levier;

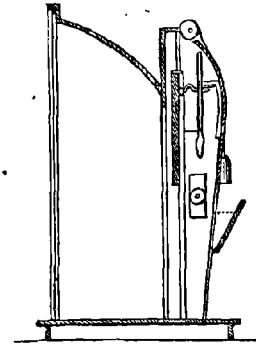


449.



450.

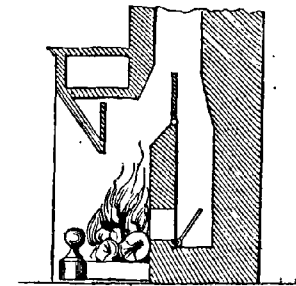
451.



elle sert à compléter le passage nécessaire à la fumée quand le feu est plus intense. Ces cheminées sont assez économiques.

Nous traçons fig. 452 une cheminée très simple donnée par M. Péclot, et qui répond aux mêmes conditions que celles de Millet.

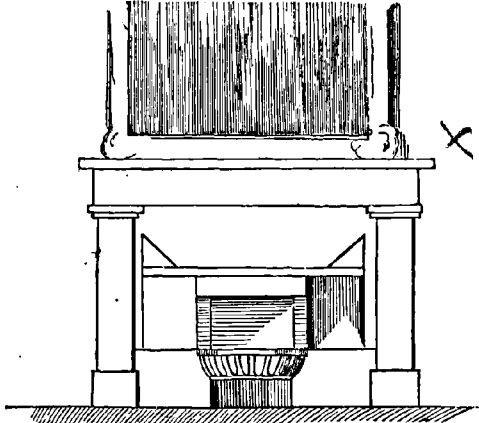
Enfin les cheminées à houille employées dans toute l'Angleterre et qui commencent à se répandre en France pour brûler du coke, consistent en une grille ouverte par devant et par dessous, entièrement libre, au-dessus et aux deux côtés de laquelle sont de petits autels, sur lesquels on pose des vases à chauffer; un peu au-dessus du foyer et légèrement en ar-



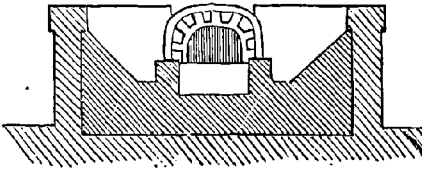
452.

CHAUFFAGE.

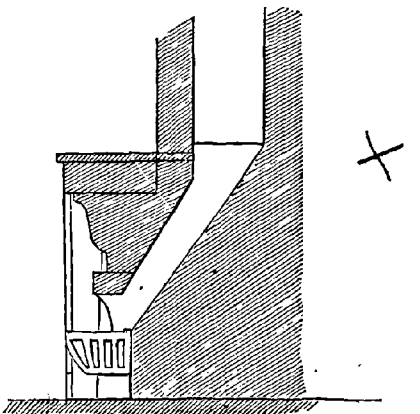
rière, est une ouverture de la largeur du foyer sur 0,25 au plus de hauteur, afin d'avoir un tirage très vif. De sorte que la grille et le feu se trouvent presque entièrement dans la salle même; tout le fond et les parois de la cheminée sont en fonte; le prix de ces appareils, fort élégants et toujours propres, est très bas. Il est



453.



454.



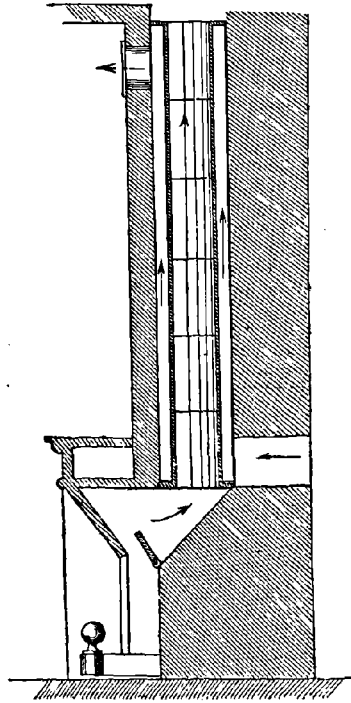
455.

très facile d'en installer d'analogues dans toutes nos cheminées actuelles, en posant une grille de fonte sur deux petits massifs latéraux en briques, et en fermant

CHAUFFAGE.

complètement la cheminée par derrière, sauf une ouverture de fumée semblable à celles des cheminées anglaises. Ces cheminées, où l'on brûle du coke, sont facilement nettoyées au moyen d'une corde et d'un fagot. Les fig. 453, 454 et 455 représentent une cheminée ainsi organisée qui servira en même temps à faire comprendre les cheminées anglaises dont elles donnent la copie à peu près exacte, sauf l'emploi de la brique au lieu de fonte.

Enfin il est bien des manières de disposer les cheminées pour chauffer l'air destiné à les alimenter. Quelquefois on installe au-dessus du feu et derrière le tablier, des tuyaux de tôle ou de fonte, dans lesquels on introduit de l'air pris à l'extérieur, au moyen d'un tuyau vertical placé dans les parois du foyer; cet air, après avoir été chauffé, sort aux côtés de la cheminée par une large bouche de 0,16 ou 0,20 de diamètre, et où on peut placer un vase rempli d'eau, pour donner à l'air l'humidité dont il a besoin, et le rendre tout à fait salubre. Tantôt on fait passer cet air dans un coffre de fonte qui enveloppe le foyer, tantôt on le chauffe dans un tuyau de fonte qui monte au milieu du tuyau de fumée, et le verse dans la salle à chauffer au niveau du plafond.



456.

La fig. 456 est un des modes les plus simples d'arrangement. Au lieu d'air, on fait au contraire passer la fumée au sortir du foyer dans un tuyau de fonte, autour duquel on jette l'air froid extérieur, pour le chauffer et le faire sortir dans la salle par une bouche placée au plafond. Enfin, d'autres appareils sont disposés comme de véritables calorifères, qui portent leur foyer, leur appareil de chauffage d'air, et leurs

CHAUFFAGE.

bouches, qui s'installent tout montés dans la cheminée même, et versent leur air dans la salle par une large bouche à grillage métallique réservée au-dessus du tablier et au-dessous de la tablette de la cheminée.

Il nous reste maintenant à examiner les causes qui font fumer les cheminées et les moyens d'y remédier.

La fumée, c'est-à-dire un mélange d'air non brûlé, d'acide carbonique, et de divers produits carbonés, chauffés à un certain nombre de degrés au-dessus de la température extérieure, s'élève dans un tuyau de cheminée, en vertu de sa densité, inférieure à celle de l'atmosphère par la température que lui a communiquée le combustible.

Dans un fourneau d'usine, l'air traversant la grille est brûlé à moitié, et comme il n'en passe que 16 à 20 mètres cubes, chauffés à 350 ou 400° par kilogr. de houille, ou 8 ou 10 mètres cubes pour 4 kilogr. de bois, et que, dans les cheminées d'appartements, il en passe plus de 60 mètres cubes par kilogr. de bois; il en résulte que la température de cet air est très modérée, et au moyenne de 40 à 50°, et que, par conséquent, la vitesse ascendante est également faible.

Dans ces conditions, il suffit de circonstances extérieures peu puissantes pour agir sur cette colonne, arrêter tout mouvement ascendant, la faire refluer dans la salle où le tuyau débouche par en bas, et où se fait le feu.

Ces causes sont toujours, ou un obstacle qui s'établit et gêne la sortie de la fumée par le haut de la cheminée, et la force à refluer par le bas dans la salle; ou une action inférieure plus énergique que la puissance motrice de la fumée, et qui vient par en bas arrêter le mouvement de la colonne montante en faisant le vide dans la chambre, et qui, par conséquent, y fait redescendre la fumée, qui a perdu sa force ascensionnelle par un refroidissement trop considérable quand elle passe en trop petite quantité dans un large tuyau.

Parmi les premières de ces causes est l'action des vents qui, quelquefois, par leur vitesse, coupent la fumée à sa sortie de la cheminée, et ferment celle-ci comme avec un obturateur; ils refoulent alors la fumée en dedans, quand leur direction est un peu inclinée vers la terre.

Dans tous les cas, pour éviter que la fumée ainsi refoulée par les vents ne redescende dans la salle, il faut :

4° Rétrécir au degré exactement nécessaire l'issue de la fumée, et la faire sortir par des buses un peu coniques qui dépassent la cheminée pour qu'elle reprenne là une vitesse qui lui permette de résister à l'action des vents. Il faut aussi la garantir de l'entrée des vents par un chapeau composé de deux feuilles inclinées l'une sur l'autre; on peut enfin installer sur ces cheminées les appareils les plus simples et les plus efficaces, soit les capuchons tournants, avec une girouette, qui jettent toujours la fumée du côté opposé au vent et dans sa direction, condition qui favorise la sortie de la fumée; soit la bascule chinoise que le vent fait retomber, de manière à fermer la cheminée du côté où il vient, et à l'ouvrir du côté opposé; soit un simple écran en tôle placé du côté du vent le plus fréquemment régnant, c'est-à-dire en France du côté de l'ouest et du sud-ouest; soit des capuchons fixes en tôle qui couvrent le tuyau en descendant en contre-bas de son ouverture, et peuvent être disposés de vingt manières; soit un tuyau de tôle assez élevé et couronné de chapeaux de diverses formes, toutes destinées à empêcher l'action du vent sur le courant de fumée.

Disons en passant que toutes les dispositions compliquées inventées par les fumistes n'ont aucun résultat de plus : les plus simples sont les meilleures. L'action du soleil est encore une grande cause de fu-

CHAUFFAGE.

mée pour les cheminées, par les courants d'air chaud montants et d'air frais descendants qu'il développe sur les toits. Le seul remède est dans les appareils que nous venons d'indiquer contre le vent, ou le surhaussement de la cheminée.

Le soleil a une autre manière d'agir sur les cheminées pour les faire fumer; nous y reviendrons plus loin. Parmi les causes qui font fumer les cheminées, en gênant par le haut la sortie de la fumée, il faut placer la rencontre de deux courants de fumée dans un seul coffre; presque toujours il y a un courant plus puissant ou plus favorablement placé que l'autre, qui domine, et lui ferme le passage en forçant la fumée à redescendre d'un autre côté. Si un seul des foyers est allumé, la cheminée construite pour deux foyers se trouve trop grande pour un seul; la fumée se mêle alors au courant d'air froid avec une température et une vitesse très faibles. Elle cède à la moindre influence et rentre dans les appartements; souvent même se trouvant presque refroidie, et ayant acquis par conséquent, en vertu de l'acide carbonique qu'elle contient, une densité supérieure à celle de l'air atmosphérique, elle redescend dans les tuyaux non chauffés et va se répandre dans les appartements voisins où l'on ne fait pas de feu. La séparation de la cheminée en plusieurs tuyaux par des languettes est le seul remède dans ce cas.

Un tuyau de cheminée trop court est encore une cause de fumée, parce que la puissance ascensionnelle du courant de fumée est trop faible. On y remédie en plaçant un long tuyau en tôle sur le sommet de la cheminée.

Les causes principales qui font fumer les cheminées, en agissant sur leur partie inférieure, sont d'abord, et dans le plus grand nombre de cas, l'insuffisance de l'arrivée de l'air dans la salle, pour répondre à l'appel de la cheminée, parce que lorsque les portes et fenêtres sont bien fermées et les ventouses trop petites, l'appel n'étant pas satisfait, aspire l'air de la chambre, et y produit un vide qui y fait rentrer la fumée par les angles de la cheminée, où le courant ascendant est le plus faible. Le même effet est produit par l'action des cheminées plus puissantes allumées dans des salles voisines, et qui, manquant d'air pour s'alimenter, aspirent par les portes et les joints des portes l'air de la salle dont nous parlons, et y font rentrer la fumée. Cet effet se produit quelquefois de bien loin dans un appartement, à travers plusieurs pièces successives. Enfin le même effet a encore lieu par le tirage d'une cage d'escalier voisine de la salle chauffée par la cheminée, et qui, en vertu de son large diamètre et de sa hauteur, surtout si elle est chauffée par un poêle ou un calorifère, et même sans être chauffée, produit l'effet d'une puissante cheminée d'appel, où il s'établit un courant ascendant si fort qu'il agit sur toutes les salles contiguës, et va chercher au loin l'air de ces salles pour satisfaire à son tirage, ce qui y fait rentrer la fumée de la cheminée; c'est là une cause de fumée bien commune et souvent méconnue.

Dans tous les cas de ce genre, il faut, quand une cheminée fume dans une salle, chercher d'abord par expérience quelle en est la cause, afin d'y porter remède.

Pour cela, quand le feu est allumé, on ferme toutes les portes et fenêtres, et avec une bougie allumée que l'on présente aux joints des fenêtres et de la porte, en entrebâillant même légèrement les portes pour y présenter la bougie, on reconnaît, par la direction de la flamme, la direction des courants d'air. Si les courants viennent tous du dehors au-dedans de la chambre, et qu'en ouvrant légèrement une fenêtre ou une porte, la cheminée ne fume plus, il est évident que les ouvertures d'arrivée d'air sont trop petites; il faut alors, ou les augmenter,

ou établir d'autres bouches d'air froid, ou mieux d'air chaud comme nous l'avons dit.

Si c'est au contraire par une des portes que le courant sort de la salle en expérience, on suit ce courant avec la bougie de salle en salle, et de porte en porte, pour savoir si c'est une autre cheminée ou une cage d'escalier qui aspire l'air de cette salle.

Dans ce cas-là, il faut fournir encore par des bouches plus puissantes à la salle susdite, et en même temps à l'autre salle, ou à la cage d'escalier, la quantité d'air dont chacune d'elles a besoin, pour satisfaire à son appel, et en même temps garnir avec soin de bourrelets les joints des portes intermédiaires, afin que cette action ne puisse plus se transmettre.

Il est toujours facile de reconnaître ainsi la cause de la fumée.

Le soleil, dans le milieu de la journée, a encore une action très puissante pour faire fumer les cheminées.

Je suppose qu'une des salles chauffées soit exposée au midi, et ses fenêtres percées dans un grand mur; ce mur, surtout s'il est blanchi, recevant en plein les rayons du soleil, s'échauffe; il s'établit un puissant courant d'air ascendant qui fait appel sur toutes les fenêtres adjacentes, et qui, si l'on entrouvre une de ces fenêtres, ou que les joints soient mal fermés, l'air le vide dans la chambre et par conséquent y appelle la fumée. Si cette salle n'a pas assez d'air pour sa cheminée, il faut lui en donner alors largement, en le prenant autant que possible au nord, puis laisser les fenêtres du midi fermées pendant les heures du soleil, et ouvrir des communications avec le côté du nord.

Quelquefois, enfin, l'embouchure inférieure de la cheminée est trop large, et comme les courants de fumée, dans un foyer de ce genre, sont toujours assez faibles, ils ne peuvent pas occuper toute la section d'une large entrée; l'air froid afflue autour du courant chaud, et il se produit des remous qui font redescendre la fumée plus lourde que la colonne atmosphérique, parce qu'elle est refroidie, et la ramènent ainsi dans la chambre par un double courant.

Le rétrécissement de cette entrée peut corriger sans peine ce défaut.

Telles sont les principales causes de fumée et les remèdes à y apporter; je répète, en terminant, qu'il faut toujours étudier les circonstances locales une bougie allumée à la main, pour bien savoir ce qui se passe, avant de vouloir chercher des remèdes au mal. C'est ainsi au reste que doivent se traiter toutes les questions de ventilation.

III. — POÊLES.

Un poêle est un appareil de chauffage clos, placé dans la masse d'air d'une salle à échauffer, où l'on renferme le combustible, et dont les gaz, produits de la combustion, sont évacués au dehors par un tuyau, soit apparent dans la salle, soit caché dans un mur ou sous le sol.

Tantôt la chaleur, dégagée par le combustible, passe directement dans la salle à travers l'enveloppe simple du poêle et son tuyau de fumée, tantôt l'air de la salle est chauffé par le rayonnement du foyer à travers son enveloppe, et en même temps en circulant à l'intérieur du poêle dans des conduits et passages aëriés qui multiplient les surfaces de chauffe.

Ce mode de chauffage est le plus simple et le plus économique, car la presque totalité de la chaleur dégagée est utilisée dans la salle, et on peut refroidir la fumée jusqu'à 400° avant de la laisser échapper au dehors.

Ces avantages sont compensés par des inconvénients.

Quand les salles sont longues, on n'obtient de chauffage complet que sur un point. C'est de plus un moyen de chauffage moins salubre que les cheminées ouvertes; la ventilation est presque supprimée, ainsi dans les

poêles allemands et suédois, et dans ceux de beaucoup de salles à manger de France, où la bouche se trouve en dehors de la salle, elle l'est entièrement; en même temps les poêles ne laissent pas jouir de la vue du feu comme les cheminées ouvertes, et souvent, quand ils sont en métal, en fonte ou en tôle, ils donnent une odeur désagréable et malsaine. Leur plus grand défaut est, en chauffant fortement l'air d'une salle, non pas de le dessécher, comme on le dit souvent à tort, mais, en élevant sa température, d'accroître considérablement sa puissance absorbante pour l'eau, puissance qui se satisfait aux dépens de tous les corps humides qu'il enveloppe, et notamment des organes extérieurs et des poumons des personnes avec lesquelles il est en contact, d'où il résulte toujours un grand malaise, des maux de tête, etc. On évite cet inconvénient en donnant artificiellement à l'air, à mesure qu'il s'échauffe, toute l'eau dont il a besoin pour le ramener à un degré de saturation convenable, et ne plus affecter péniblement les organes.

Sur les poêles des petits ménages, on place un vase plein d'eau, que leur chaleur réduit peu à peu en vapeur. Avec les poêles à système, comme ceux des salles à manger, qui y versent de l'air chaud, il faut placer dans le récipient supérieur d'air chaud, dit *repos de chaleur*, un vase plat, où on renouvelle tous les jours l'eau, en en réglant convenablement la quantité.

Les poêles proprement dits sont construits en différentes matières.

Avec les poêles simples en terre cuite vernissée ou non, l'échauffement est plus lent, mais le refroidissement est plus lent aussi, et jamais l'air extérieur ne se trouve altéré, ni chauffé trop fortement; ce sont des poêles commodes et agréables; seulement ils se gercent, se fendent et se détruisent assez facilement, et on ne peut y brûler que du bois. En effet, quand on y brûle de la houille, ou du coke, la température de la combustion est si élevée qu'elle brise rapidement leur enveloppe de terre cuite.

Il faut dans ce dernier cas garnir le foyer en briques réfractaires, en y ajoutant une petite grille de fer ou de fonte, et ménager l'intensité du feu.

Les poêles à système sont en partie construits en briques ou en terre cuite, ils reçoivent très bien les foyers à la houille ou au coke, parce que les épaisseurs et cloisons successives de terre qui enveloppent le foyer, ne transmettent à l'enveloppe extérieure qu'une chaleur modérée et égale dont la terre vernissée ne souffre pas.

Les poêles en tôle et encore plus ceux en fonte ayant avec ce mode de chauffage, un pouvoir d'absorption, et d'émission beaucoup plus grand que ceux en terre cuite, utilisent mieux le combustible avec moins de surface de chauffe; ils refroidissent plus complètement la fumée, et sont beaucoup plus solides et plus durables que ceux de terre cuite; ils sont plus économiques et d'un service meilleur, sauf les inconvénients de l'odeur et de l'altération de l'air.

Ces poêles, auxquels on donne sans difficulté et à très peu de frais les formes les plus commodes pour les besoins à la fois du chauffage et de la cuisson des aliments, et qui se fabriquent aujourd'hui par milliers dans nos forges, au plus bas prix, se sont répandus dans tous les petits ménages, où ils rendent d'immenses services.

On en rencontre tous les jours chez les marchands de fonte de plus ou moins heureusement disposés. Beaucoup de poêles destinés aux maisons bourgeoises, aux magasins ou aux bureaux, sont d'une construction beaucoup plus compliquée. En terre cuite ou en métal, ils sont toujours composés d'un foyer destiné à utiliser plus ou moins bien la chaleur rayonnante en la transmettant à travers les parois à une partie de l'air de la salle, ou à de l'air extérieur, que l'on y verse chaud,

et d'un développement de surface de chauffe en contact d'un côté avec la fumée qui sort du foyer, et de l'autre avec de l'air frais.

Les principes fondamentaux de ces poêles, et aussi de tout calorifère, sont :

1° De donner la plus grande surface de chauffe possible en conservant la plus grande simplicité de formes et d'ajustements, et d'avoir des conduits de fumée peu nombreux et verticaux pour ne pas altérer le tirage ;

2° De faire passer sur cette surface de chauffe, en sens contraire du mouvement de la fumée qui doit d'abord monter, puis ensuite redescendre verticalement, un courant rapide d'air frais que l'on obtient en donnant beaucoup de hauteur et peu de largeur aux conduits d'air ;

3° De donner un degré d'humidité suffisant à l'air chauffé par le poêle, en plaçant un vase plein d'eau, soit sur le poêle, soit dans les conduits d'air chaud, à raison de 1 litre ou de 1 litre 1/2 environ pour une salle de 75 à 80 mètres cubes de capacité ;

4° De compter en pratique environ 1 mètre carré de surface de chauffe en fonte ou en tôle, bien qu'avec de la fonte la surface ait besoin d'être beaucoup moindre, pour chaque 400 mètres cubes de capacité de la salle à chauffer.

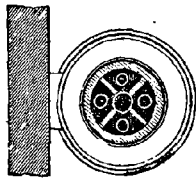
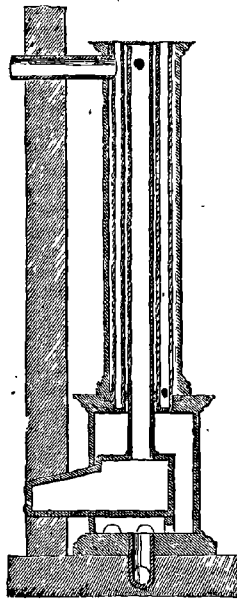
En général la presque totalité des poêles établis par les constructeurs les plus en réputation, sont inutilement compliqués, et ne présentent pas à beaucoup près

457.

les meilleures conditions d'emploi du combustible et de service. Disons quelques mots des principaux systèmes de poêles simples à foyer unique chauffant directement l'air de la salle, comme ceux en fonte, en tôle ou en fonte, auxquels leur simplicité et leur prix assurent des usages très nombreux.

Un grand nombre sont disposés pour le service culinaire. Dans les départements du nord de la France, en Belgique et en Allemagne, on les construit en très grand nombre, presque tous en tôle ; ils sont composés d'un foyer conique à la houille, dont la flamme passe dans un tuyau méplat, percé de trous munis de tampons mobiles, et sur lesquels s'opère la cuisson de tous les mets ; sous ce tuyau se trouve souvent un four.

Bien des petits poêles en fonte destinés au service des ménages, se composent d'un foyer, au-dessus ou en arrière duquel une ou deux ouvertures fermées par des tampons mobiles reçoivent à volonté des marmites de fonte ; vers l'un ou l'autre des côtés se trouve une étuve.



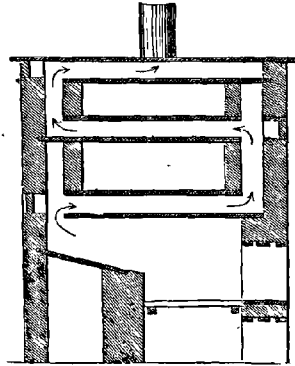
458.

Les poêles suédois et russes, sont entièrement en briques ou en terre cuite, la fumée y circule dans plusieurs conduits verticaux, et la chaleur se transmet aux pièces à chauffer à travers les parois en terre. Ces poêles, chauffés lentement, conservent très longtemps leur chaleur, sans que l'on y fasse du feu qu'une fois par vingt-quatre heures, et deux ou trois fois au plus.

Les poêles à système de nos salles à manger, sont construits avec une enveloppe de briques et un foyer entouré de tuyaux de fonte qui reçoivent par leur partie inférieure l'air amené de l'extérieur, le chauffent et le rejettent dans la salle, par des bouches de chaleur placées aux côtés d'un réservoir supérieur d'air chaud.

Ces bouches et les entrées d'air au bas sont toujours beaucoup trop petites.

M. d'Arcet a prouvé qu'à un poêle de salle à manger ordinaire, il fallait donner une grande bouche grillagée de 0^m25 sur 0^m32 au moins, et des arrivées d'air semblables pour ne pas laisser la température de l'air s'élever trop haut. On place derrière le grillage une boîte à eau que l'on alimente régulièrement tous les jours. Les fig. 457 et 458 représentent un poêle à foyer métallique, et avec une enveloppe de fonte, dont la disposition est bonne et très favorable au tirage. La fumée, après être montée verticalement dans un tuyau central en



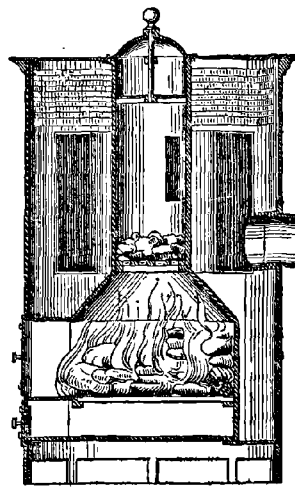
459.

fonte, redescend et remonte deux fois de suite dans quatre tuyaux également de fonte.

La fig. 459 est une disposition très simple pour un poêle d'hôpital, qui se construit ainsi avec de la brique et quelques plaques de fonte minces, chauffées par la fumée et sur lesquelles on pose les tisanes à tenir chaudes.

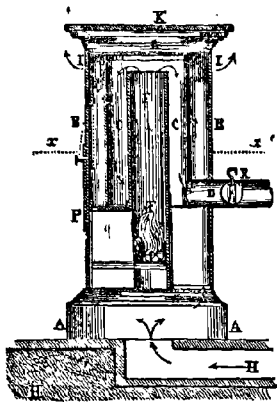
Les poêles métalliques avec circulation d'air chaud sont employés très fréquemment en Allemagne.

On en construit beaucoup à Paris avec de doubles enveloppes et de diverses espèces, que nous donnons ci-après. Celui de M. Chevallier, représenté figure 460, serait certainement avec quelques modifications, un des meilleurs que l'on fasse aujourd'hui. C'est un foyer métallique, dont la fumée, après avoir parcouru des car-



460.

centriques passe dans le tuyau de fumée tant que l'air chauffé passe abondamment par de larges ouvertures grillagées.



464.

Les fig. 464 et 462 représentent un poêle-calorifère de M. René Davoir, poêle d'une disposition assez simple dans lequel l'air circule facilement, se renouvelle avec rapidité, et sort par toute la circonférence grillagée du poêle.

M. Pealet, a proposé, avec raison, de construire des poêles contenant de l'eau, chauffés par un foyer intérieur et un tuyau de circulation; on obtiendrait ainsi une température graduée avec les besoins du moment, qui, combinée avec un foyer à combustion lente, comme ceux à coke et à anthracite, maintiendra sa chaleur pendant vingt-quatre heures sans difficulté. Le principal danger à éviter, serait dans les fuites d'eau que pourraient amener les dilatations et contractions du métal.

Enfin, aux États-Unis, on construit des poêles destinés à brûler de l'anthracite, dont le principe consiste en un foyer étroit et complètement enveloppé de briques réfractaires, pour maintenir la combustion à une température assez élevée, sans laquelle l'anthracite ne peut pas brûler, et à ne donner au combustible qu'une très faible quantité d'air à la fois, pour que la combustion dure un temps très long.

La fig. 463 montre les dispositions du poêle de M. Spoor. L'anthracite est placée sur une grille, et dans un foyer entièrement construit en briques réfractaires, qui se charge par une porte placée au-dessus du foyer; la fumée, après avoir monté verticalement, redescend par les deux conduits d'angle, et remonte pour se rendre dans la cheminée derrière les plaques.

IV. — CHEMINÉES-POÊLES.

Les *cheminées-poêles*, sont des appareils métalliques placés au milieu de la salle à chauffer, ou quelquefois dans les coffres de cheminée, disposés comme des poêles pour brûler du combustible et chauffer l'air de la salle, mais ayant une large bouche fermée par une trappe verticale à crémaillère ou à contre-poids, qui, baissée, en fait un poêle, et ouverte, une cheminée. Ce sont des appareils propres et agréables, qui tiennent lieu de poêles ou de cheminées.

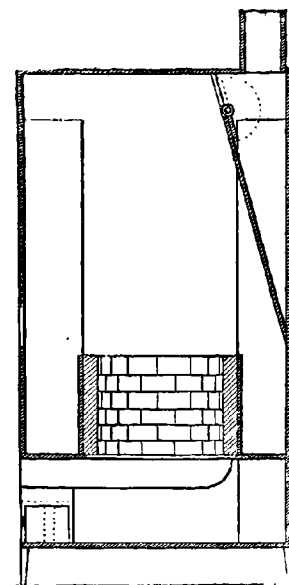
Celui qui est appelé *cheminée à la prussienne* consiste

en un coffre carré, en tôle, ouvert par devant au moyen d'une trappe en tôle, conduite par deux chaînes s'enroulant sur un treuil manœuvré au dehors par une manivelle.

Les *cheminées de Desarnod* sont déjà bien anciennes, et un peu compliquées de disposition; mais elles sont construites en fonte, avec des soins et une solidité si remarquables, que beaucoup de ces cheminées fonctionnant encore après cinquante ans, aussi bien que dans le principe; c'est encore un très bon appareil.

V. — CALORIFÈRES.

Nous avons défini les *calorifères* des appareils dans les-



463.

quels un foyer, avec une enveloppe, et des surfaces de transmission, échauffe de l'air pris à l'extérieur pour l'envoyer dans une ou plusieurs salles plus ou moins éloignées; à la différence des *poêles* qui sont placés dans les salles mêmes à chauffer.

En vertu de sa moindre densité, l'air chaud tend toujours à monter, et on éprouve des pertes graves à le faire redescendre, et même à le faire courir horizontalement dans de grandes longueurs. Il y a donc nécessité, avec un calorifère, pour le bon service des conduits de distribution d'air chaud, de donner à cet air chaud une direction constamment ascendante, et par conséquent de placer le calorifère au-dessous du niveau des salles à chauffer. Dans les maisons d'habitation on les place dans les caves.

En conséquence, l'éloignement du calorifère des salles à chauffer exige que ses enveloppes extérieures soient épaisses, et construites de manière à perdre très peu de chaleur, c'est-à-dire qu'elles soient isolées des murs par des vides que l'on réserve dans les parois du calorifère. Tout le travail de chauffage des surfaces et de leur refroidissement doit donc s'opérer à l'intérieur d'une enveloppe épaisse en maçonnerie, qui l'isole entièrement du contact de l'air extérieur.

Pour ménager la place, toujours précieuse, en même temps multiplier les surfaces de chauffe, et utiliser le mieux possible le combustible, il faut au contraire que tout l'appareil intérieur soit construit en métal; les parties qui reçoivent le premier coup de feu en fonte, et le reste en tôle; elles sont ainsi plus faciles à assembler, et permettant de donner aux joints moins nombreux de longs emboitements pour éviter les passages de fumée, toujours fâcheux, surtout dans une maison d'habitation richement décorée, comme le sont la plupart de celles où l'on établit des calorifères.

Une autre condition importante, quelque disposition que l'on adopte, est de prendre des formes et des ajustements simples, faciles à exécuter, à démonter, et à reposer, en cas de réparation, faciles surtout à visiter et à nettoyer. C'est une condition sur laquelle j'insiste, parce que la plupart des constructeurs, ont cherché un bon chauffage et un refroidissement complet de la fumée

dans des complications de formes et de dispositions qui sont nuisibles; c'est que d'abord ils ont voulu à toute force, surtout les fumistes, se donner une disposition particulière à eux, qu'ils puissent faire breveter comme enseigne, et vanter bien haut par dessus toutes les autres.

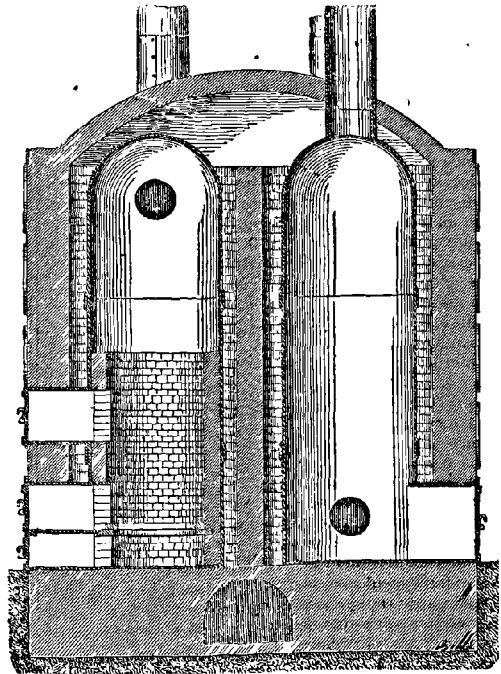
Ils sont ensuite partis de ce principe erroné, qu'il faut refroidir la fumée le plus complètement possible en la brisant dans tous les sens et la gênant de toutes manières, sans savoir que le premier principe d'un bon foyer est un bon tirage, et qu'un bon foyer est la base d'un calorifère; si le tirage est mauvais, la combustion languit, et il se dégage une suie abondante et du noir de fumée, les tuyaux s'engorgent en peu de jours, cessent de chauffer; enfin surtout, la fumée tend à passer par tous les joints des tuyaux et appareils dans les espaces occupés par l'air chaud, ce qui la fait arriver dans les appartements. Bon tirage, favorisé par le passage de la flamme dans une colonne verticale à la sortie du foyer, simplicité de dispositions et de formes, refroidissement de la fumée qui ne descende pas au-dessous de 300°, et surface de chauffe suffisante pour obtenir ce refroidissement, voilà les conditions fondamentales d'un calorifère: il y a de plus deux dispositions spéciales à adopter qui contribuent puissamment au résultat demandé: l'une est que la fumée passe dans les tuyaux métalliques, et l'air à chauffer à l'entour, au lieu de pousser l'air dans les tuyaux et de les envelopper de fumée, car dans ce second cas toute la chaleur rayonnante traverse ce courant d'air, presque sans l'échauffer, pour se réfléchir sur la surface opposée du tuyau même de chauffage, ce qui réduit considérablement la surface du chauffe, tandis que, dans le premier cas, la chaleur rayonnante passe entièrement dans l'enveloppe extérieure qui devient ainsi *surface travaillante*, et chauffe puissamment l'air; l'autre condition est que la fumée après avoir monté verticalement pour assurer un bon tirage à l'appareil, redescende successivement dans les appareils en sens contraire de l'air frais qui trouve ainsi des surfaces plus chaudes à mesure qu'il s'élève en température.

Un point à observer dans les calorifères destinés aux maisons particulières est de donner aux surfaces qui reçoivent d'abord le coup de feu du foyer, assez de grandeur pour qu'elles ne rougissent que légèrement, et que l'air qui passe sur elles ne puisse pas contracter une mauvaise odeur, bien connue de la plupart des personnes qui emploient des calorifères; il faut en même temps donner de grandes issues à l'air chaud pour que le calorifère puisse débiter beaucoup d'air, et que celui-ci n'ait pas le temps de s'échauffer fortement; on assure ainsi la salubrité des lieux chauffés et on obtient un meilleur refroidissement de la fumée; enfin il faut ne jamais oublier de placer dans le réservoir d'air chaud un vase plein d'eau, qui donne à l'air toute la vapeur d'eau qui lui est nécessaire et le ramène à un degré hygrométrique convenable, pour qu'il soit complètement salubre.

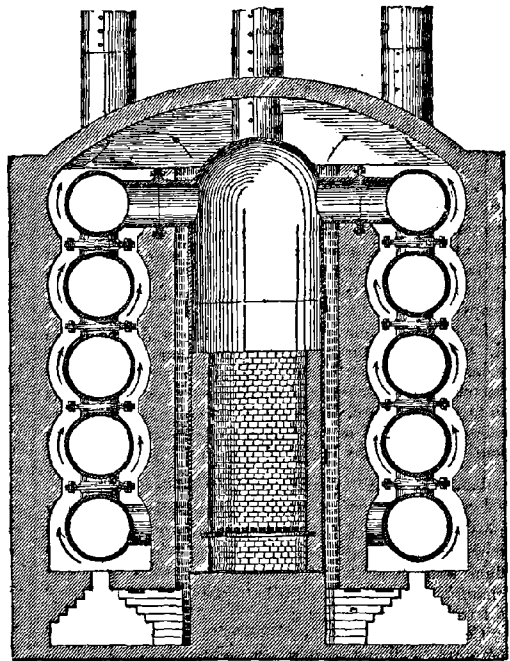
Dans de bons calorifères l'effet utile peut s'élever jusqu'à 75 p. 400 de la puissance calorifique totale du combustible; mais, en faisant des projets de calorifères, il est prudent de ne calculer que 50 à 55 p. 400; ainsi un kilogramme de houille sera compté comme donnant un effet utile de 3,000 calories environ.

Nous verrons plus loin, en parlant du chauffage des établissements publics, qu'en pratique, 400 mètres cubes de logement habité exigent dans les grands froids, pour être maintenus à 16 ou 18°, 44 à 4500 calories par heure. Il faut compter en com-

bustible brûlé, en y ajoutant les pertes du calorifère et des tuyaux de distribution, le double de ce qu'exige le



464.



465

CHAUFFAGE.

salle même, c'est-à-dire que pour une salle de 400 mètres cubes, il faut dégager 3,000 calories, et brûler ainsi 4 kilogr. de houille par heure. Quant aux proportions de l'appareil, il faut 2 mètres carrés de surface de chauffe pour 4 kilogr. de houille et pour 2 kilogr. de bois à brûler par heure, et 2 décimètres carrés de section des tuyaux de fumée, avec 5 décimètres carrés de grille pour la même quantité.

Nous recommandons de plus, quand on le peut, de faire déboucher les tuyaux de fumée, à leur sortie du calorifère, dans des cheminées plus larges, et avec des coudes arrondis, nécessaires en pareil cas, ou d'augmenter notablement leur diamètre aux coudes.

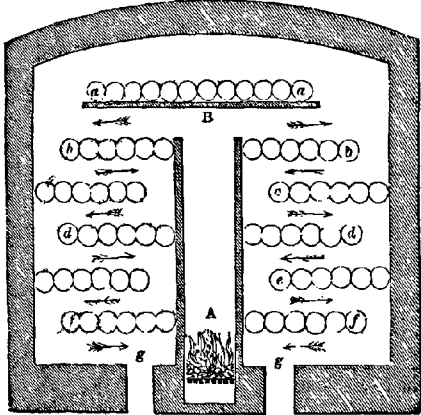
La quantité d'eau à donner à l'air par jour, peut être évaluée pour une salle de 400^m à 4 1/2 ou 2 litres.

Poser ainsi les bases de construction des bons calorifères, c'est éviter la nécessité de donner la description d'un grand nombre d'entre eux, et de discuter leurs qualités et leurs défauts, c'est fournir à chacun les éléments nécessaires pour juger les appareils proposés, et ramener par conséquent les constructeurs dans la bonne route.

Après ces principes généraux, nous parlerons brièvement de quelques calorifères principaux, et nous donnerons la description plus détaillée de celui que nous avons construit, et que nous croyons reposer sur les bases posées plus haut.

L'un des meilleurs et plus simples calorifères est celui monté par M. René Duvoir dans diverses manufactures, fig. 464 et 465, et qui consiste en un foyer placé au bas d'un cylindre de fonte; la flamme et la fumée s'en élèvent et redescendent par deux séries de tuyaux de fonte, ouverts par les deux bouts pour la facilité du nettoyage, et remontent ensuite dans un cylindre de fonte pour atteindre la cheminée. Tout l'appareil est enveloppé dans un grand coffre en briques. L'air pris à l'extérieur passe dans le coffre en briques autour du foyer et des tuyaux de chauffage, pour se dégager en haut par de larges ouvertures.

Deux calorifères anglais sont donnés dans le dictionnaire du docteur Ure : l'un, fig. 467, consiste en un



466.

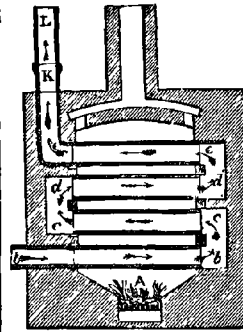
foyer A, dont la flamme et la fumée se développent autour de quatre rangées de tuyaux de fonte bb, cc, dans lesquels passe successivement l'air destiné à être chauffé, qui entre en b dans le tuyau inférieur et sort en k très fortement échauffé.

Ce calorifère, bon pour élever l'air à une haute température, le donne surtout beaucoup trop sec pour une maison d'habitation.

Le second, fig. 466; également composé de tuyaux

CHAUFFAGE.

horizontaux, et dont on voit la coupe verticale dans la figure, échauffe beaucoup mieux énergiquement l'air parce que la combustion s'opère en A au milieu d'une colonne de briques, qui préserve les tuyaux de fonte de la première action du feu. La flamme et l'air brûlé redescendent à droite et à gauche de la cheminée centrale, et passent successivement entre tous les rangs, a, b, c, d, de tuyaux, que traverse l'air à échauffer, qui y entre librement par un bout pour se rendre de ces tuyaux dans un tuyau commun.



467.

présentent le calorifère que nous avons construit, et dans lequel le foyer, recouvert d'une grande cloche de fonte, jette directement la flamme dans un tuyau vertical en fonte, qui la distribue à deux rangées de tuyaux descendants en tôle, en bas desquels les deux séries de tuyaux se réunissent en un seul, pour remonter et se rendre dans la cheminée.

Une cloison en briques sépare l'air frais qui vient s'échauffer sur la cloche, et son tuyau montant, de celui qui passe en sens contraire de la fumée sur les tuyaux descendants; les deux parties d'air se réunissent en haut dans la chambre à air, pour prendre une température uniforme, et se rendre par les tuyaux de distribution dans les salles à chauffer. Un canal de prise d'air extérieur amène par deux conduits une partie de l'air frais, aux deux côtés de la cloche, sous une enveloppe en briques, tandis qu'une autre partie de l'air est versée directement sur les tuyaux de descente de fumée.

Au moyen d'ouvertures réservées aux parois du calorifère pour les réparations, il est facile de régler convenablement les diverses prises d'air frais. Les tuyaux, ayant tous des bouchons à l'extérieur, sont très faciles à visiter et à nettoyer, et, quoiqu'ils ne puissent pas s'altérer, ils seraient très faciles à changer. Les flèches simples indiquent le courant de fumée; celles doubles, les courants d'air froid et chaud.

Une boîte à eau placée en a, près du réservoir d'air chaud, en assure la salubrité; la température de l'air s'y règle aisément à un degré très modéré.

Rien n'est plus simple que ces dispositifs, qui donnent une très grande surface de chauffe.

D'un autre côté, nous avons appliqué ces calorifères aux étuves à fécule, et à toutes celles qui exigent une haute température, au moyen d'une disposition particulière tout à fait nouvelle. Par le moyen des conduits de ventilation et d'appel de l'étuve à fécule, quand on veut monter la température à 60 ou 75°, comme cela est nécessaire dans cette industrie et dans le séchage des crins, dans celui des farines de légumes, etc., ou fait à volonté passer de nouveau l'air déjà chaud de l'étuve dans le calorifère, et on transforme ainsi notre calorifère et notre étuve en un appareil aérotherme à circulation. Les résultats sont tels, qu'on peut porter en une demi-heure la température d'une étuve de 60° à 405° et plus, dispositions qui auront plus tard de grandes applications dans l'impression des tissus et dans d'autres industries.

Après avoir indiqué les points les plus saillants, relatifs à l'établissement des calorifères, il faut dire quelques mots d'une question assez importante, la distribution de l'air chauffé par les calorifères.

On place toujours les calorifères à des niveaux inférieurs à celui des salles que l'on veut chauffer. Si

l'on était obligé de les installer au-dessous d'une salle ou à son niveau, il faudrait les établir de manière à faire circuler l'air même de la salle dans le calorifère, sauf les parties renouvelées par l'appel et la ventilation, en perçant dans la salle même, la prise d'air au bas, et les bouches d'air chaud au sommet du calorifère, où il faudrait avoir un appel assez puissant pour faire redescendre l'air chaud dans le calorifère. La position des calorifères à un niveau inférieur à celui des salles, est de beaucoup préférable.

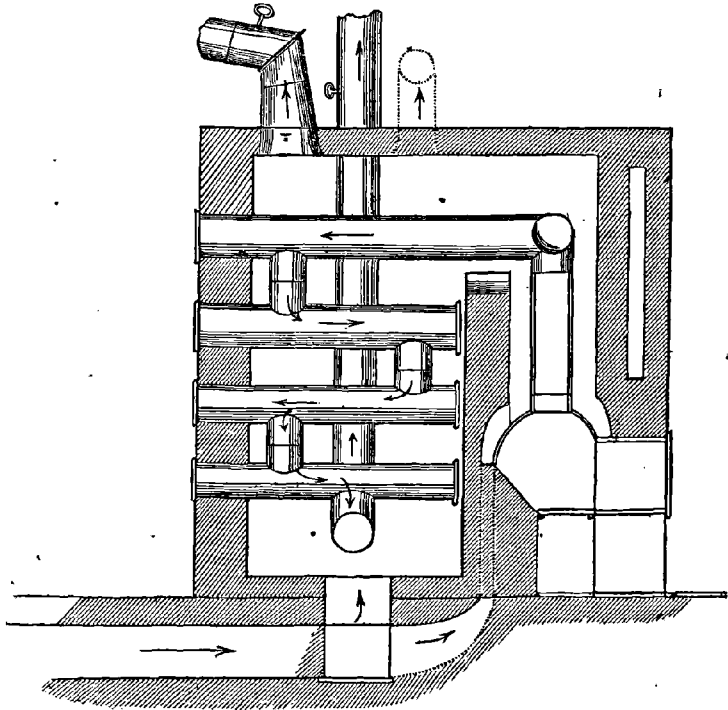
Pour obtenir une égalité convenable de température dans l'air chauffé, il faut avoir au-dessus du calorifère un réservoir d'air chaud, soit formé de l'enveloppe même, soit d'un coffre en tôle isolé de l'enveloppe de briques. C'est de ce réservoir que partent les tuyaux de distribution, qui doivent y être engagés avec des raccordements coniques et des coudes très arrondis, pour éviter des contractions, des résistances et des ralentissements dangereux; car l'air, ayant une température modérée et une vitesse ascensionnelle faible, une action contraire très légère suffit pour diminuer sa vitesse et même l'annuler.

Les embranchements de départ des principaux points partiront tous, autant que possible, du réservoir même d'air chaud, pour qu'ils ne se gênent pas réciproquement, et que, branchés l'un sur l'autre, deux tuyaux ne se servent pas réciproquement d'obturateur, ou au moins le plus fort au plus faible. Chaque embranchement de départ aura aussi une clef qui fermera exactement, pour intercepter ou pour régler le débit de chaque tuyau; il est important, en effet, quand on ne veut pas envoyer de l'air chaud à une salle, de fermer complètement le tuyau à son départ; car de ce défaut de soin résulteraient des pertes considérables de chaleur. Les dimensions des tuyaux doivent être grandes; il ne faut pas compter plus de 0^m.50 de vitesse moyenne, pour l'air qui y passe, les coudes et ébranchements des clefs compensés.

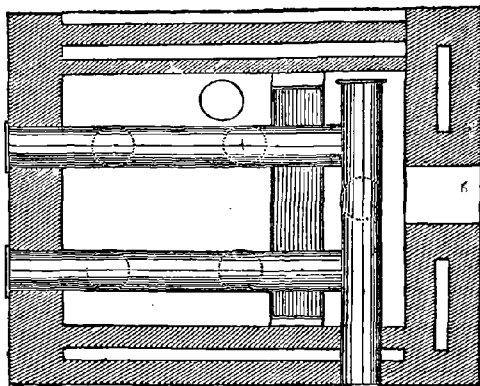
La plus grande difficulté est de passer de gros tuyaux dans les murs, surtout si ce sont des murs préexistants au calorifère; car quand la distribution d'un calorifère s'établit en même temps que la construction d'un bâtiment, il est plus facile de disposer convenablement, avec de bonnes sections, les passages d'air chaud.

Les tuyaux de tôle galvanisée, seront logés dans l'épaisseur des murs, isolés avec soin de la maçonnerie par des vides d'air, fermés de tous côtés, afin d'éviter le refroidissement rapide qu'une grande masse de maçonnerie fait éprouver à une surface métallique mince, et à l'air, dont la capacité pour la chaleur est si faible.

Tous les tuyaux marcheront toujours en montant, à partir du calorifère, jusqu'au point où ils s'élèveront dans les murs pour atteindre les bouches; en s'arrondissant dans tous les coudes; les bouches seront larges



468.



469.

et maillées avec du fil de cuivre très fin, à grandes mailles de 5 millimètres au moins de côté.

Les meilleures bouches sont celles à coulisses, parce qu'elles permettent de régler à volonté l'écoulement de l'air chaud, ce qui est difficile avec les bouches à charnières.

Quand les tuyaux devront avoir des embranchements,

pour envoyer de l'air chaud à plusieurs pièces placées sur une même direction, on fera partir les embranchements de colottes, prises de loin et coniques, avec clefs d'arrêt. On donnera un tuyau commun à deux bouches, des dimensions qui seront la somme de celles des tuyaux, partiels.

Quant aux longues lignes horizontales de tuyaux, il n'en faut pas admettre : l'air chaud y rencontre trop de frottements et trop peu de différence de niveau pour pouvoir y monter avec quelque vitesse, et la petite quantité qui passe alors arrive aux bouches complètement refroidie. Il faut dans ce cas-là établir deux calorifères séparés sous des parties de bâtiment trop éloignées.

Pour avoir une bonne distribution, il ne reste plus qu'une condition à remplir, c'est de s'assurer que dans toutes les salles où l'on envoie de l'air chaud il y aura un moyen d'appel. Sans appel, ou sans un moyen d'évacuation de l'air de la salle, pour qu'il puisse être remplacé par l'air chaud, celui-ci ne peut pas arriver et les bouches ne fonctionnent pas. Un appel peut être donné dans les salles où il y a une cheminée, par cette cheminée, quand on y fait du feu, et même sans feu, en laissant la trappe qui la ferme légèrement ouverte ; par une cage d'escalier contigue, que l'on met en communication avec la salle à chauffer au moyen d'une bouche intermédiaire grillagée, et placée dans le mur de séparation. Enfin, pour les salles à manger, antichambres, etc., en plaçant au plafond, ou près du plafond, une bouche grillagée qui communique, par un conduit de 45 à 46 centimètres de diamètre, à un tuyau de tôle montant de 2 mètres dans la cheminée de la cuisine, ou une cheminée constamment chauffée. On obtient ainsi un puissant appel, sans lequel il n'y a pas de chauffage à air chaud possible. Des vastes aux carreaux les plus élevés d'une fenêtre donneront aussi un appel, mais moins sûr et moins bon.

Enfin, quand il est question de chauffer simultanément plusieurs étages avec un seul calorifère, c'est une question difficile, très difficile souvent dans certaines localités, parce que, inévitablement, les étages supérieurs ayant des colonnes d'air chacune plus haute et de beaucoup plus de vitesse, commandent les étages inférieurs et aspirent tout l'air du calorifère, sans rien laisser passer au rez-de-chaussée ; nous en avons vu de nombreux exemples. Pour éviter ce défaut, il faut partager par une cloison la chambre à air en autant de capacités séparées qu'il y a d'étages à chauffer, ou même de fractions d'étages, et en faire partir des tuyaux distincts ; c'est l'étude des localités qui doit guider dans la disposition du calorifère et des tuyaux à adopter dans toutes les questions de ce genre.

VI. — CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR.

Les appareils de chauffage dont nous avons parlé sont simples, et quoiqu'ils présentent des difficultés de combinaison, et qu'ils soient trop rarement basés sur les principes de la science, ils sont cependant chaque jour construits par les fumistes, parmi lesquels il n'en est pas un qui ne croie devoir inventer son calorifère, son poêle et sa cheminée.

Il en est autrement pour les chauffages à vapeur ; le prix élevé de leur installation, la difficulté des détails à combiner, les ont laissés jusqu'à présent à un très petit nombre d'ingénieurs, et bien peu ont eu occasion d'en construire sur une grande échelle.

C'est un avantage que nous avons dû aux conseils de M. d'Arcet, qui, avec diverses commissions de l'Académie des sciences, a présidé à l'établissement des grands chauffages de la Bourse et de l'Institut ; cette expérience ne doit pas être perdue.

Les appareils à vapeur sont employés tous les jours au chauffage des ateliers, et c'est de là qu'ils ont pénétré dans les édifices publics et particuliers, en prenant

des formes plus riches et plus compliquées, mais sans changer leur caractère fondamental, qui se constitue ?

D'un appareil à produire la vapeur ou générateur ?

De tuyaux de distribution et de transport. Enfin de récipients à grandes surfaces extérieures, destinés à condenser la vapeur et à transmettre au dehors, à travers leur enveloppe, la chaleur dégagée dans cette condensation.

On sait en effet que l'eau, quand elle se réduit en vapeur, absorbe et rend latente une quantité considérable de chaleur, et que la vapeur en se condensant rend à peu près 560 calories par kilogramme, qui peuvent être utilisées à divers usages.

En vertu de cette propriété, la vapeur est un puissant moyen de transmission de chaleur qui peut porter au loin, sous un très petit volume, et diviser sur tous les points, la quantité considérable de chaleur demandée sur chacun de ces points ; faculté précieuse que ne possède aucun autre procédé de chauffage, dont on tire le plus grand parti dans les arts, et que nous avons appliquée dans toute l'étendue du principe fondamental aux chauffages des édifices publics.

Tout ce qui concerne les générateurs a été développé dans l'article CHAUDIÈRE A VAPEUR, car ces appareils sont partout les mêmes, que la vapeur produite soit destinée au chauffage de l'air, à celui de l'eau, ou à l'alimentation des machines à vapeur.

Les générateurs destinés au chauffage sont ordinairement établis à basse pression, et fonctionnent avec une pression qui dépasse au plus de 25 centimètres de mercure la pression atmosphérique. Au premier moment de la mise en activité, on est obligé de monter à quelques centimètres de plus, pour chasser l'air des appareils et porter rapidement la vapeur aux points les plus éloignés du système ; mais aussitôt après, on réduit la pression au degré nécessaire pour le service ; car il y a toujours avantage et économie à produire la vapeur à la plus basse température possible, quand il n'y a pas un intérêt spécial à l'employer à haute pression.

Dans les manufactures, l'on emploie souvent au chauffage des ateliers la vapeur produite à haute pression, mais utilisée d'abord directement et détendue dans le cylindre d'une machine à vapeur de manière à la faire travailler deux fois.

La matière et la forme des générateurs employés pour le chauffage peuvent varier, bien que l'on emploie aujourd'hui presque exclusivement les générateurs en tôle et à bouilleurs. Nous avons placé deux chaudières, l'une en tôle, l'autre en cuivre, à fonds plats, dites à tombeau, au palais de l'Institut ; et depuis douze ans, on n'a reconnu d'autre différence de service entre elles qu'une légère adhérence des dépôts dans celles de tôle, tandis qu'elles sont complètement en boue dans celle de cuivre ; la dépense de combustible est la même pendant le travail, et aucune des deux n'a éprouvé la moindre détérioration ; mais comme elles restent pendant cinq mois d'été inoccupées, il se produit alors une légère oxydation extérieure à la chaudière de tôle, ce qui n'a pas lieu à celle de cuivre.

Les tuyaux de distribution qui portent la vapeur à des distances quelquefois de plusieurs centaines de mètres doivent remplir deux conditions :

1° Avoir un diamètre largement nécessaire pour conduire la vapeur à la plus grande distance sans donner un excès de pression notable au générateur. Car il en est de la vapeur comme de l'eau, plus les tuyaux de conduite sont longs et plus la résistance passive opposée au mouvement est grande ; afin de n'être pas obligé de vaincre les résistances par des excès de pression considérables, comme on surmonte celles des conduites d'eau par un surhaussement dans la charge ; il faut, à quantité de vapeur égale, augmenter le diamètre des tuyaux avec leur longueur. Sous ce rapport, l'augmentation du dia-

CHAUFFAGE.

mètre ne peut nuire en rien; mais elle en augmente la surface de refroidissement qui n'est pas une surface de chauffe utile, et qui, évidemment, malgré toutes les précautions que l'on peut prendre pour envelopper les tuyaux et s'opposer à leur refroidissement, donne lieu à des condensations nuisibles, et par conséquent à des pertes de chaleur et d'argent.

On utilise cependant quelquefois à un chauffage la chaleur dépensée à travers la surface des tuyaux de distribution; mais alors, ou les tuyaux perdent leur caractère de simples tuyaux de conduite, pour devenir appareils de chauffage, ou il n'y a pas grand avantage à confondre deux services différents; et l'on s'expose à divers inconvénients, par exemple, à celui de produire dans les tuyaux de distribution des condensations qui gênent le mouvement de la vapeur, et en diminuent la tension et la vitesse.

Dans l'industrie, chaque appareil doit avoir son service spécial et unique, et être employé à des travaux différents; il est rare qu'il remplisse bien deux conditions à la fois, il devient alors moins bon pour chacune d'elles. L'indépendance des opérations est une grande condition de succès.

Entre les deux extrêmes que j'ai signalés il est des proportions que la pratique a enseignées et que la théorie a confirmées en les résumant en règles générales.

En Angleterre, dans les chauffages à basse pression, les tuyaux sont avec raison d'un gros diamètre; au palais de l'Institut, ils ont 0^m,44 de passage intérieur, et aussi la vapeur arrive-t-elle en quelques instants aux points les plus éloignés, sous une très faible pression.

Il ne faut donc pas prendre pour des générateurs de dix à douze chevaux des diamètres moindres. Lorsque pour une raison indépendante du chauffage, le générateur fonctionne à deux atmosphères, ou au-dessus, le diamètre sera sans inconvénient diminué de beaucoup; alors on adoptera la règle pratique suivante qui nous sert toujours :

Le diamètre intérieur du tuyau doit être égal à un minimum de 35 millimètres, augmenté de 4 1/2 millimètre par force de cheval du générateur employé, ou de la vapeur qui doit passer par ce tuyau.

Si le générateur à dix chevaux de force, ou qu'un moins une quantité de vapeur égale à dix chevaux, c'est-à-dire à peu près de 200 à 250^k à l'heure, ait à traverser ce tuyau, il aura un diamètre de 35+45 ou 50 millimètres, pour trente chevaux, 35+45 ou 80 millimètres.

On calculera de même les embranchements partiels, en ne descendant pas au-dessous de 20 à 30 millimètres, à moins de quantités de vapeur excessivement faibles et au-dessous d'un cheval.

Les proportions réglées par la formule de M. Pécelet, sont un peu moins fortes que celles-ci, et elles donnent rigoureusement les diamètres en raison de la longueur des tuyaux et de la pression de la vapeur; mais avec une méthode pratique comme celle-ci, et en général dans tout appareil exécuté, il est nécessaire de se tenir au-dessus des dimensions exactement suffisantes, ne fût-ce que pour prévoir les accroissements possibles de service.

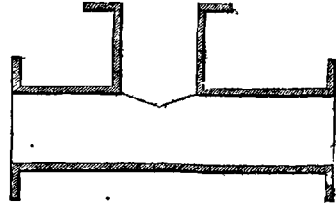
Les tuyaux de distribution de vapeur sont exposés quelquefois à avoir des fuites, presque exclusivement aux branchements partiels tourmentés par les dilatations contraires des tuyaux longitudinaux et du branchement. Ces branchements sont des pièces de cuivre emboîtées et bien rivées, il faut alors leur donner beaucoup de force et d'empâtement; et les clouer quand ils ont un fort diamètre.

Nous avons employés avec un plein succès dans les grands chauffages, pour éviter les accidents, des branchements en fonte ou en cuivre fondu (fig. 470).

Les tuyaux de distribution doivent toujours être faciles à visiter et à réparer,

CHAUFFAGE

On évite des condensations considérables de vapeur en enveloppant ces tuyaux de lièzière de drap, de poil de



470.

vache ou de tresses de foin, recouvertes d'un enduit de plâtre; car les placer dans de doubles tuyaux et dans une enveloppe d'air stagnant, ce serait s'enlever tout moyen de visite. Quand un tuyau à vapeur passe dans un plancher, il faut le placer dans un caniveau que l'on recouvre d'une trappe mobile.

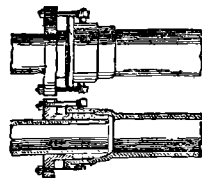
Les tuyaux de distribution sont en fonte quand ils ont un gros diamètre, en fer étiré ou en cuivre quand ils sont plus petits. Dans les petits diamètres, les tuyaux en fer étiré ne coûtent pas moins cher que ceux en cuivre; ils ont l'avantage de n'avoir guère de fuites, mais si on veut les changer pour modifier les dispositions des appareils, comme cela a lieu si fréquemment dans les ateliers, on en perd presque complètement la valeur.

Ceux de cuivre, au contraire, conservent toujours leur valeur, peuvent être changés à volonté, et employés ensuite ailleurs avec peu de perte.

Les tuyaux de fonte, doivent être tournés sur une saillie de trois centimètres de largeur qui reçoit le masticage, et solidement boulonnés; les joints à emboitements sont exposés, par suite des dilatations et contractions alternatives des colonnes, à être ébranlés ou à donner des fuites.

Les tuyaux de fer étiré sont filetés aux deux bouts, vissés bout à bout dans de petits manchons taraudés; c'est un excellent accouplement, il a seulement l'inconvénient de ne pas permettre de démonter facilement une colonne de tuyaux, puisqu'il faut reculer une partie de cette colonne pour sortir le tuyau de son manchon.

Les tuyaux de cuivre sont brasés à la soudure forte; jamais on ne doit admettre la soudure d'étain, que la chaleur de la vapeur ramollit et brise aux moindres vibrations. On les assemble, soit par des brides dites à la moularine, consistant en deux demi mâchoires creusées en cône intérieurement; qui, rapprochées l'une de l'autre au moyen de deux vis, serrent ensemble deux collets coniques, mais d'une plus large base, que l'on a brasés au bout des deux tuyaux, et les accouplent ainsi préalablement masticqués (c'est une excellente fermeture), soit par des écrous roulants formés d'un anneau taraudé qui se visse sur le bout fileté de l'un des tuyaux, de manière à y presser le collet de l'autre tuyau sur lequel il roule librement; enfin on les accouple le plus communément avec des brides en fer forgé, qui agissent sur les collets de cuivre assemblés, ou brasés au bout des tuyaux, et sont serrées par deux bou-



471.

472.

CHAUFFAGE.

lons ou plus; c'est un assemblage très solide, facile à démonter, et qui a l'avantage de ne pas être perdu quand un boulon vient à s'user ou à se briser. Dans tous les joints de ces tuyaux on met une légère couche de mastic rouge, composé de céruse, de minium et d'huile de lin, avec une rondelle de carton bouillie dans l'huile, ou de plomb mince. Les tuyaux de plomb doivent être entièrement proscrits des chauffages à vapeur, comme se gonflant, et finissant par crever sous la double action de la chaleur et de la pression.

Les tuyaux de transmission, surtout ceux en cuivre, doivent être fixés solidement, pour ne pas se briser par les vibrations que la vapeur leur imprime quand elle rencontre de l'eau froide. Il faut cependant conserver toujours des moyens de dilatation suffisants, pour éviter toute rupture, et donner aux tuyaux de distribution des pentes qui laissent écouler l'eau condensée: car, lorsqu'elle reste accumulée dans des coudes ou des contre-pentes, elle ferme tout passage à la vapeur, et en la condensant brusquement, elle donne des coups si violents qu'il en résulte inévitablement des ruptures et des fuites.

Les récipients ou appareils de condensation ont pour objet, comme nous l'avons dit, de condenser intérieurement la vapeur, et de transmettre toute la chaleur ainsi dégagée à travers leur surface à l'air qui les enveloppe, pour en élever ou en soutenir la température.

Il y a donc deux points à examiner dans la question des récipients, les dimensions et la surface à leur donner par rapport au service qu'on leur demande, c'est-à-dire à la quantité d'air ou aux dimensions des salles à chauffer, et les dispositions des appareils intérieurs qui y apportent la vapeur, et en évacuent l'air et l'eau.

L'expérience prouve que la quantité de chaleur transmise à travers une surface de fonte, de tôle ou de cuivre, est dans les limites d'épaisseur que l'on donne aux appareils, à peu près indépendante de cette épaisseur.

La nature du métal, et bien plus l'état de la surface exercent une influence très grande sur les quantités de chaleur transmises; les métaux noirs et dépolis en laissent passer beaucoup plus que les métaux brillants et polis. Voici les quantités de vapeur condensées par un mètre carré de chauffe des métaux les plus employés, plongés dans de l'air à 15°, et par conséquent le nombre de calories transmises par un mètre carré en une heure.

	VAPEUR condensée.	CALORIES transmises.
Fonte nue en tuyau horizontal.	1 ^k ,84	995°
Fonte noire.	1 ^k ,70	935°
Cuivre nu.	1 ^k ,47	808°
Cuivre noirci.	1 ^k ,70	935°
Cuivre noirci, tuyau vertical.	1 ^k ,98	1089°
Tôle neuve.	1 ^k ,80	990°
Tôle rouillée.	2 ^k ,40	1155°

Pour proportionner les surfaces dont on connaît ainsi la puissance de transmission de chaleur et par conséquent de chauffage, avec les dimensions des salles à chauffer, il est évident que l'appareil doit d'abord fournir à l'échauffement de l'air et des parois de la salle, ensuite aux pertes qui ont lieu à travers ces parois, en contact, d'un côté avec l'air chaud, et de l'autre avec l'air froid extérieur.

M. Pécelet, après de belles expériences sur la question du refroidissement de l'eau à travers des enveloppes formées, avec les matériaux les plus communément employés dans la construction de nos habitations, en a fait

CHAUFFAGE.

sortir des formules très simples qui permettent de calculer avec certitude les pertes dues au refroidissement extérieur des murs et du vitrage, et par conséquent les surfaces d'appareils nécessaires pour réparer les pertes et entretenir une salle à une température donnée.

Mais tout le monde ne peut pas se servir de ces formules, et voici une règle pratique donnée par la longue expérience des ingénieurs français et anglais, soit pour les usines, soit pour les habitations, et que confirment pleinement les formules de M. Pécelet: 4 mètre carré de surface, chauffée intérieurement par de la vapeur, et par conséquent les 990 calories transmises par 1^k80 de vapeur condensée, suffisent pour chauffer et entretenir à 15° une salle de proportions de murs et de fenêtres ordinaires, de 66 à 70 mètres cubes de capacité, ou un atelier de 90 à 100 mètres cubes, à moins que cet atelier n'ait besoin d'une haute température, auquel cas on donne 4 mètre carré de surface de chauffe pour 70 mètres cubes.

Il est évident que cette mesure n'est ici que la représentation d'un rapport moyen de surfaces de murs et de vitrage.

Le tableau suivant contient les résultats du chauffage des divers grands établissements en Angleterre:

DÉSIGNATION des établissements.	NATURE des tuyaux.	Capacité de l'édifice à chauffer. mét. cub.	Cubes en mètres chauffés par 1 m. carré de surface de tuyaux.	Température en degrés centigrades.
Filat. Houlsworth à Anderson.	Fonte.	5662 ^m	40,5	29°
Lindwood - Ibidem.	id.	2494	39	21,4
Kennedy à Jonhston.	id.	7927	38	23,80
Catrine.	Fer-blanc sans enduit.	id.	56,62	»
Houlsworth à Manchester.	Fonte.	id.	54	id.
Chapelle à Port-Glasgow.	id.	4699	44,3	»
Partie de la manufacture des Adelphi.	id.	4446	44	18
Filat. à Anderson.	id.	id.	62	19°,5
W. King à Ichaston.	id.	6925	57	21°
Sim à Glasgow.	Fer-blanc.	2834	38	22,20
Filature à Donn.	id.	4954	id.	id.
Douglas et comp.	Id. sans end.	3878	28 ^m	22,20
Houlsworth à Jonhston.	Fonte.	2746	38	30,56
Hôtel à Jonhston.	id.	id.	56	id.

Les proportions bien constatées par l'expérience de 66 à 70 mètres cubes, quand on veut un bon chauffage, comme pour des bibliothèques, bureaux, salles de réunion, et de 90 à 100 mètres, pour des salles à chauffer modérément comme certains ateliers, sont les meilleures, et elles ont servi de base à l'établissement des appareils de la Bourse et de l'Institut, comptés à 67 mètres cubes, qui chauffent très largement. Ajoutons que la présence des ouvriers dans un atelier ordinaire, comme une filature, y élève la température de 3°.

Il sera donc facile de calculer les dimensions des appareils de chauffage, mais si l'on voulait en sus des pertes par les murs, renouveler par ventilation une partie de l'air de la salle, il faudrait une plus grande surface. C'est ce que nous apprendrons à calculer à l'article VENTILATION.

On donne à ces appareils des formes diverses. On adopte les tuyaux dans les ateliers et même dans les édifices publics, lorsque l'on peut placer les tuyaux hors de la vue, sous des tables, des planchers ou des chaufferettes, comme nous l'avons fait dans la bibliothèque de l'Institut; c'est encore la meilleure disposition, la plus solide et la plus économique.

Mais au milieu des salles habitées et décorées, un bon ingénieur se gardera de placer des appareils ou vases de grandes dimensions, et de formes désagréables, qui nuiraient à la décoration architecturale. Il donnera à ses appareils des formes qui fassent décoration. Celles de piédestaux soutenant des bustes ou des statues, par exemple, ou de consoles, sont riches, offrent une grande résistance à la pression de la vapeur, et sont faciles à obtenir avec la fonte, et bien préférables sous ce rapport à la tôle et au cuivre; c'est ce que nous avons fait pour toutes les salles de l'Institut et des Néothermes, où nous avons employé ainsi des boîtes en fonte décorées et cachées dans les planchers, pour recevoir la vapeur, et chauffer les pieds des assistants. Nous y reviendrons plus loin. Il est facile de varier à l'infini avec les dispositions des lieux et les besoins, ces formes d'appareils. Quand on envoie de la vapeur dans de longues colonnes de tuyaux, il faut en fixer un bout par des colliers solides, et laisser à l'autre extrémité toute facilité de dilatation, en les soutenant par exemple sur des supports à galets, ou mieux sur des tresses de fil de fer tordu; mais toujours il est nécessaire de leur donner des moyens de se dilater sans se briser à l'aide de compensateurs, de grandes boîtes à étoupe boulonnées, qui embrassent une partie tournée et rodée d'un des tuyaux de la colonne, et la maintiennent pressée en lui permettant de s'allonger et de se raccourcir sans laisser échapper la vapeur.

Quant à la disposition intérieure des appareils de chauffage à la vapeur, elle est simple.

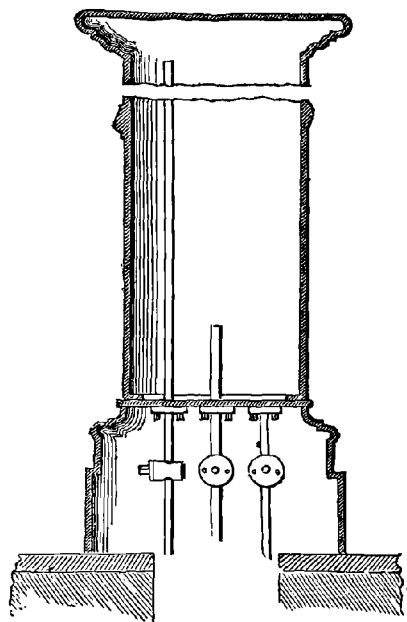
Ce sont des vases métalliques creux, dans l'intérieur desquels on introduit de la vapeur qui s'y condense en eau, et s'écoule au dehors; tuyaux, piédestaux ou boîtes, le service en est le même.

Un tuyau d'arrivée versant la vapeur assez haut pour qu'elle ne soit pas gênée par l'eau condensée.

Un tuyau d'évacuation d'eau condensée, prenant cette eau au point le plus bas de l'appareil, et un tuyau d'évacuation d'air, indispensable pour faire sortir complètement cet air au moment où la vapeur arrive: car sans cela, non seulement la vapeur n'entrerait pas, ou marcherait faiblement, mais mêlée à de l'air cette vapeur se condenserait et chaufferait mal; c'est une condition capitale pour la bonne marche des appareils. Le tuyau d'évacuation d'air dans les piédestaux part du haut de l'appareil, comme on le voit fig. 473, qui représente un piédestal chauffeur avec ses trois tuyaux, d'arrivée de vapeur et d'évacuation d'eau et d'air, tous munis de robinets pour en régler à volonté la marche; quant aux tuyaux chauffeurs, on leur donne une pente dans un sens ou dans l'autre, mais autant que possible dans le sens du courant de vapeur pour évacuer les eaux condensées, et on y ajoute ou un petit robinet ou une vis d'aération, vis creuse et ouverte à l'intérieur du tuyau, qui, quand on la tourne quelque peu, ouvre à l'extérieur une issue à l'air; les eaux condensées dans les appareils sont, bien entendu, renvoyées dans le générateur.

Dans tout chauffage à vapeur à basse pression, il faut placer sur le tuyau, ou sur le générateur, un petit appareil, dit *Reniflard*, qui porte une soupape ouvrant du dehors au dedans, et qui laisse rentrer l'air dans les générateurs et les tuyaux, quand le feu tombe, et que le vide s'y fait, pour éviter que la pression atmosphérique extérieure ne vienne à les écraser.

Quelques observations sont nécessaires sur les tuyaux



473.

de retour d'eau. Avec le chauffage à la vapeur il y a quelquefois difficulté à renvoyer directement l'eau au générateur, parce que la vapeur étant la plupart du temps introduite dans les appareils en quantité inférieure à leur puissance maximum de condensation, il y existe toujours un vide qui s'oppose en partie au retour de l'eau dans le générateur. Le plus sûr est de recevoir cette eau dans une bache et de s'en servir pour alimenter la chaudière, soit au moyen d'une pompe, soit avec un appareil ordinaire de retour d'eau. On réussit cependant souvent à ramener dans le générateur l'eau condensée de l'appareil, quand il y a une pression suffisante, au moyen d'une disposition très simple, qui consiste à tourner le bout du tuyau d'alimentation en équerre sur le tuyau même, et dans la direction de l'arrière de la chaudière à l'avant, c'est-à-dire à diriger le bout du tuyau horizontalement, suivant le sens du courant de circulation d'eau, parce que autrement ce courant s'opposerait à la rentrée de l'eau. Quelquefois on perd l'eau condensée au bout des colonnes de tuyau, en y plaçant des petits tubes pliés en syphons, dont la branche extérieure est plus longue que la pression de travail de la vapeur, afin qu'elle reste toujours pleine d'eau, et laisse celle-ci s'évacuer librement sans que la vapeur puisse sortir.

Pour résumer et compléter sans trop de développements les principes de construction du chauffage à vapeur, nous allons donner une courte description de deux grands appareils que nous avons montés il y a douze ou quatorze ans, et qui ont fonctionné depuis ce temps sans interruption, et sans réparations; l'un est le chauffage à vapeur des Néothermes et l'autre celui du palais de l'Institut: tous deux à Paris (1). Le chauffage à va-

(1) Les détails complets et les plans du chauffage de l'Institut se trouvent dans le second volume des *Recueils des*

CHAUFFAGE.

peur de la Bourse a été depuis longtemps publié dans le Bulletin de la Société d'Encouragement.

L'établissement des bains médicaux des Néothermes, organisés d'abord par le docteur Bouland, outre des bains de toute espèce à eau chaude, à la vapeur, des fumigations, etc., etc., comprend des salons, salles à manger, billards, une large galerie vitrée, servant en hiver de promenade, et un nombre considérable de chambres destinées au logement des malades; l'établissement entier est chauffé par un seul générateur, à basse pression, et à fond plat, placé dans un caveau, sous le pavillon du bain. Des tuyaux portent la vapeur à toutes les salles de bains, et à tous les étages du bâtiment d'habitation.

Chacune des salles de bains est chauffée par un coffre rectangulaire en fonte, placé près d'un mur, où l'on introduit la vapeur, et d'où l'on évacue l'eau, au moyen de deux robinets placés en dessous et d'une vis d'aérage qui sert à l'échappement de l'air; le linge nécessaire aux baigneurs se chauffe sur ces vases.

Des logements et salons sont chauffés par d'autres vases rectangulaires aussi en fonte (fig. 474) étroits et élevés; les uns sont placés dans la chambre même debout sur un socle de marbre, qui reçoit et cache à l'intérieur leurs tuyaux et robinets, avec plateaux de marbre, et une galerie de cuivre; les autres sont logés dans le mur, dont ils forment le parement (fig. 475) avec un espace vide de 5 ou 6 centim. par derrière, ouvert en haut et en bas pour livrer passage à l'air de la salle qui s'y chauffe par un courant circulaire. Un socle inférieur en marbre et une galerie en cuivre leur servent aussi de décoration.

La grande galerie vitrée est chauffée par trois tuyaux de fonte logés parallèlement dans un caniveau réservé dans le sol, et recouvert de plaques de fonte décorées de manière à pouvoir s'y promener comme sur une chauffe à douce température.

Une boîte en fonte placée devant la porte d'entrée et qui est boulonnée aux trois tuyaux, sert à chauffer plus fortement et sécher les pieds des personnes qui arrivent, parce que la surface chauffée directement par la vapeur s'éleve à 85 ou 90° au lieu de rester à 40° comme celle des plaques chauffées seulement par des tuyaux enveloppés d'air. Quarante-vingts salles différentes sont là chauffées par le même générateur.

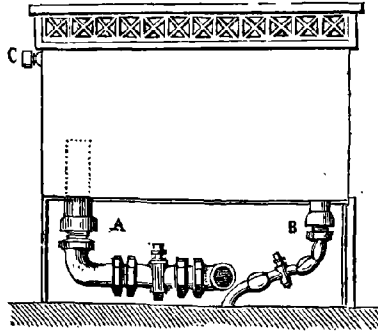
Le chauffage du palais de l'Institut, exécuté sous la direction d'une commission de l'Académie des Sciences dont faisait partie M. d'Arcet, est donné par un seul générateur à fond plat, assisté d'un second générateur de pèche. Il envoie aussi la chaleur dans un très grand nombre de salles de commissions, salle des séances des académies, bureaux, bibliothèque, escaliers, etc. Aucune difficulté de service, aucun accident, dérangement, qu'une réparation n'ont interrompu sa marche depuis 1833. Cette sécurité est due aux bonnes dispositions de l'appareil et à la perfection de l'exécution.

Passons en revue le chauffage des différentes salles. Au bas de l'escalier, au milieu du vestibule, se trouve logée dans le sol, une longue boîte de fonte décorée de deux mètres sur un mètre, dans laquelle on introduit

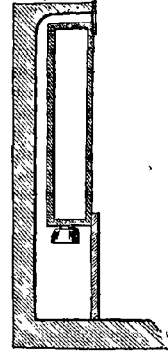
CHAUFFAGE.

de la vapeur, pour chauffer et sécher les pieds des personnes qui arrivent; l'eau et l'air sont ensemble expulsés au dehors.

Un long tuyau en fonte court dans toute la longueur du rez-de-chaussée, enveloppé dans un coffre rempli de poil de vache. Sur ce tuyau se branchent tous les tuyaux de cuivre qui vont alimenter les appareils divers; Tous



474.



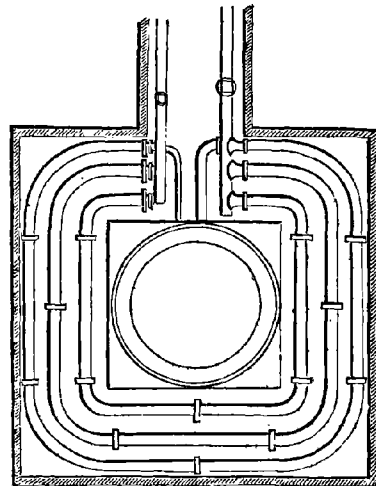
475.

ces tuyaux de distribution sont visibles et faciles à réparer au besoin, toutes les brides sont à la moulurine.

Les salles de commission et les bureaux sont chauffés par des piédestaux en fonte, munis d'un tuyau d'introduction de vapeur, et de deux tuyaux, l'un à eau, l'autre à air; l'eau retourne à volonté dans chacun des générateurs, ou bien dans une bêche où plonge une pompe qui la refoule dans la chaudière.

L'air évacué est conduit à travers les murs du dehors par un petit tuyau de cuivre, afin de ne pas verser dans les salles le peu d'odeur ammoniacale qui se dégage souvent quand la vapeur est en contact avec la fonte. Les piédestaux portent des bustes.

La salle d'attente est chauffée au centre par une boîte



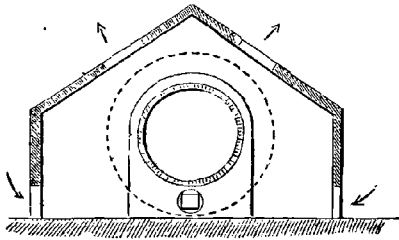
476.

décorée (fig. 476), remplie de vapeur directe et portée ainsi à 90°, et par un jeu de tuyaux de cuivre placés

Mémoires de M. D'Arcet, publiés par M. Ph. Grouvelle (chez Mathias, 40, quai Malaquais.)

autour de la première boîte, et recouverts de plaques de fonte chauffées indirectement à 40°, comme nous l'avons dit. Un autre cours de plaques de fonte, avec des ornements à jour, introduit dans cette salle l'air chaud nécessaire à sa ventilation. La salle des séances ordinaires est chauffée par quatre piédestaux tournés au dehors, et placés dans les quatre angles, et par un cours de tuyaux de cuivre placés dans une chaufferette recouverte de tôle et d'un tapis, et placée sous les tables pour recevoir les pieds des membres de l'Académie. Les bureaux du président et des secrétaires en ont également; sous cette salle, et dans un corridor, se trouve un coffre en maçonnerie où sont montés les tuyaux de fonte sur lesquels arrive l'air frais pris à l'extérieur par une trappe à coulisses; cet air chauffé est de là versé dans la salle par les chaufferettes percées d'un grand nombre de trous croissants à mesure que l'on s'éloigne du point de départ, et par des cadres en toile métallique placés sous les banquettes du public.

La Bibliothèque est chauffée par des tuyaux de fonte établis sous des chaufferettes à jour et sous les tables, de manière à recevoir les pieds des lecteurs (fig. 477).



477.

Un tuyau a été disposé, et les générateurs calculés pour porter la chaleur dans la Bibliothèque Mazarine adjacente à celle de l'Institut de France. Mais les chefs de cet établissement, à cette époque, n'ont pas cru devoir y appliquer ce moyen de chauffage.

La Bibliothèque de l'Institut est donc à notre connaissance, la seule à Paris qui soit chauffée avec sécurité absolue, et de la manière la plus agréable pour les bibliothécaires et les lecteurs. Espérons que cet exemple sera bientôt adopté dans les autres bibliothèques publiques.

Nous reviendrons en traitant de la VENTILATION, sur celle de salles semblables à celles des séances des Académies.

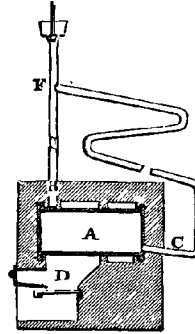
VII et VIII. — CHAUFFAGE A CIRCULATION D'EAU CHAUDE.

Le chauffage des habitations par la simple circulation de l'eau, c'est-à-dire par le passage de l'eau chaude dans des tuyaux, est connu depuis les Romains, qui l'employaient dans les étuves et les thermes; de nos jours encore, dans quelques localités, comme à Chaudesaigues, les eaux thermales sont envoyées dans des tuyaux pour chauffer les maisons. Mais ce qu'on appelle aujourd'hui *circulation d'eau*, c'est-à-dire la disposition d'appareil qui envoie, dans une série de tuyaux, de l'eau chauffée dans une chaudière, et la ramène, par une autre série de tuyaux faisant suite aux premiers, dans cette même chaudière, de manière à opérer une rotation continue, est de l'invention de Bonnemain, qui l'appliqua à son incubation artificielle de poulets, où la condition fondamentale était un chauffage lent, modéré, parfaitement égal, et avec lequel l'air de l'étuve ne pût pas devenir trop sec.

Conçu avant 1777, ce procédé fut amené par son auteur à une telle perfection, qu'un appareil, monté par

Bonnemain lui-même, fonctionne encore aujourd'hui au Pecq (voir INCUBATION ARTIFICIELLE). De France, ce procédé passa en Angleterre, où il a reçu de 1830 à 1836 un immense développement, et remplacé presque partout la vapeur pour le chauffage des lieux habités. Seul ou combiné au chauffage de l'air, il a été appliqué aux édifices publics, aux maisons particulières et aux serres, par les plus habiles ingénieurs, et Perkins lui a ouvert, en 1837, une route nouvelle, en inventant la circulation d'eau à haute pression. Plusieurs ingénieurs français enfin l'ont ramené à sa terre natale; mais, il faut le dire, il a reçu une grande impulsion d'un homme, M. Léon Duvoir, qui, quoiqu'il n'ait nullement inventé les appareils que l'on lui attribue, comme nous le montrerons plus loin, n'en a pas moins su entraîner avec lui nos administrations trop lentes, leur faire monter de grands appareils de chauffage, et les amener à en regarder aujourd'hui avec raison l'installation comme un objet de première nécessité dans tous les édifices que l'on élève. Nous reviendrons plus loin sur les appareils spéciaux de ce constructeur.

Si l'on suppose deux colonnes de tuyaux de même hauteur verticale, entièrement remplies d'eau, et en communication l'une avec l'autre par le bas et par le haut, de manière à former un circuit complet, comme le représente la fig. 478; si en outre les deux colonnes d'eau sont à la même température, elles seront en équilibre et resteront immobiles, quel que soit leur diamètre et leur longueur respective, en vertu des lois de l'hydrostatique.



478.

Si maintenant on chauffe d'une manière continue une de ces colonnes d'eau, et que de l'autre on enlève à mesure à l'eau chaude passée dans le haut de la colonne d'eau froide la chaleur qu'elle avait apportée, il résultera de la différence de densité de l'eau dans les deux colonnes une circulation continue, qui déterminera le passage non interrompu de l'eau froide dans le bas de la colonne chauffée et de l'eau chaude dans le haut de la colonne froide. C'est une question de théorie hydraulique: et si on y applique les principes de calcul, on reconnaît qu'une très légère différence de température, quand les tuyaux ont des diamètres assez grands, suffit, avec de petites hauteurs, pour produire des vitesses remarquables. Ainsi, à l'aide de la formule de Prony, qui donne la vitesse de l'eau dans une conduite d'un diamètre et d'une longueur déterminée, en raison d'une légère charge d'eau sur le réservoir supérieur, charge qui représente ici la différence de longueur des deux colonnes de même poids, mais de chaleurs et de densités inégales; à l'aide de cette formule, on trouve qu'avec une colonne d'eau de 4 mètres de hauteur, 50 mètres de longueur et 0,44 de diamètre, et une différence de température de 3 à 4°; la vitesse dans les tuyaux est de 0,03 par seconde, ou 4^m.80 par minute. En se servant donc de la première colonne ou colonne montante comme récepteur, et lui appliquant à son point le plus bas la chaleur que l'on veut distribuer, employant le reste de cette colonne comme moyen de transport de la chaleur, et la colonne descendante comme appareil émissur, on aura un système qui recevra toujours de la chaleur dans une des colonnes et en perdra toujours par l'autre, et ou, par conséquent, il se fera une circulation continue.

Au reste, le mouvement circulaire ne s'en produira pas moins, si au lieu d'employer exclusivement la co-

lonne ascendante comme organe de transport, elle sert en même temps d'appareil de distribution; on continuera à produire le mouvement, malgré un certain refroidissement dans la colonne montante, pourvu que le refroidissement continue aussi dans la colonne descendante, parce qu'alors la température moyenne de la première sera toujours plus élevée que celle de la seconde, condition suffisante du mouvement; la vitesse de circulation sera cependant alors moindre, parce que la différence des températures moyennes des deux colonnes sera moindre. Moins en effet il y aura de refroidissement dans la colonne montante, et plus il y en aura dans la descendante, plus aussi la vitesse sera grande.

Tout système de circulation d'eau consiste donc en un appareil de chauffage, en communication par la partie supérieure avec une série de tuyaux qui, après avoir monté jusqu'au point culminant du circuit, redescendent pour venir se brancher à la partie inférieure de l'appareil chauffeur. Si les tuyaux s'élevaient beaucoup au-dessus du niveau supérieur de l'appareil chauffeur, celui-ci est forcément clos, car l'eau du système entier se viderait immédiatement. Si, au contraire, la colonne de tuyaux chemine à peu près horizontalement, sans dépasser de plus de 1 mètre le niveau de la chaudière, comme dans les serres, celle-ci peut être découverte librement, et n'en formera pas moins un circuit complet dont la hauteur sera la distance verticale entre le point où le tuyau rentre dans la chaudière, et le point culminant de la colonne.

La vitesse que l'on obtient, surtout avec des hauteurs de 40, 45 et 20 mètres, permet d'envoyer ainsi des quantités considérables de chaleur sur les points à chauffer. Ainsi, à travail égal, l'augmentation dans la hauteur de la colonne permet d'en diminuer le diamètre, et on peut toujours proportionner les appareils aux besoins du service, si importants qu'ils soient. Or, comme l'eau chaude renferme une quantité considérable de chaleur, et qu'elle peut communiquer la chaleur nécessaire à un volume d'air 3,230 fois plus grand, ce procédé de chauffage devient un instrument très puissant et de beaucoup supérieur, comme moyen de transport et de distribution de chaleur, à l'air chaud, mais sous ce rapport inférieur, quoi qu'on en ait dit, à la vapeur; ce que nous prouverons en parlant du chauffage par l'eau et la vapeur.

Ainsi la circulation d'eau simple est le meilleur procédé de répartition de chaleur, dans des limites de distances qui ne dépassent pas 75 mètres de chaque côté, et un nombre d'étages ou de salles modéré; mais les précieuses qualités qui ressortent des principes généraux déjà posés, sont :

Une simplicité remarquable de construction et de conduite, car il faut seulement un feu plus ou moins égal, tel que celui qu'on entretient dans un calorifère à air chaud, ou dans un poêle, sans avoir besoin de s'occuper des appareils supérieurs. Pas d'alimentation, de surveillance, ni de nettoyage; une régularité extrême dans le chauffage, sans que la négligence, l'oubli du chauffeur, même pendant plusieurs heures, puissent arrêter tout le service; puisqu'il s'opère simplement alors un abaissement proportionnel général et très peu sensible dans la température de la circulation, une répartition très égale de la chaleur sur de grandes longueurs (car avec des circulations de 400 mètres, la différence de température d'une extrémité à l'autre ne dépasse souvent pas 4 ou 5°), que l'on compense facilement par une augmentation progressive de surface de chauffe.

L'extrême facilité avec laquelle on peut modérer le chauffage (propriété qu'aucun autre système n'offre au même degré) et le régler suivant les besoins du moment, par la seule conduite du feu.

L'abaissement de la température moyenne de la circulation est presque sans limites, jusqu'au degré de la température ambiante: car si léger que soit l'excès de température dans une partie de la colonne, il y produit une rupture d'équilibre et un mouvement. C'est une qualité précieuse, et que ne possède aucun autre système de chauffage: ni la vapeur qui exige toujours un chauffage maximum, ni l'air chaud qui se refroidit complètement dans les tuyaux de conduite et le passage des murs, comme nous le montrerons, quand sa température ne dépasse que de quelques degrés la température extérieure.

Enfin le refroidissement des appareils, avec la vapeur, est presque instantané; il est très rapide avec l'air chaud. Avec la circulation qui fait mouvoir dans un seul circuit des masses d'eau considérables et chauffées à un haut degré, renfermant par conséquent de grandes quantités de chaleur, ce refroidissement est très lent: puisque toutes les portions du liquide chauffeur contenues dans le système, viennent successivement au moyen de la circulation qui se ralentit par degrés, passer dans les appareils refroidisseurs pour y perdre à chaque passage une légère portion de leur chaleur. On emploie donc avec grand succès ce mode de chauffage dans les serres, où il faut une chaleur réglée et parfaitement égale, et où aucune autre disposition ne peut remplir les conditions rigoureuses du problème, dans les prisons, dans les édifices publics destinés à de grandes réunions, surtout quand on peut faire circuler des tuyaux sous le sol ou sous un amphithéâtre, partout il donne des résultats également avantageux, même en employant la disposition adoptée généralement en Angleterre, de chauffer de l'air par une circulation d'eau, pour le distribuer ensuite dans les salles à chauffer, sans qu'il puisse se trouver jamais altéré, ni chauffé au-dessus de 50 à 60°. Les surfaces chauffantes sont le plus souvent alors des boîtes plates en fonte dans lesquelles l'eau circule, et entre lesquelles l'air vient s'échauffer.

Les appareils de circulation peuvent être divisés en deux classes, ceux à basse et ceux à haute pression.

Les premiers sont ouverts librement à l'air, avec des colonnes d'eau et des charges sur l'appareil chauffeur qui ne dépassent pas une atmosphère.

Les seconds sont fermés entièrement avec de grandes hauteurs de colonne, et quelquefois des soupapes de sûreté, pour en régler la pression; d'autres fois, comme ceux de Perkins, ils sont clos hermétiquement par des vis taraudées.

Circulation à basse pression. Dans ces appareils, où les vitesses et les hauteurs de colonnes ne sont pas considérables, voir plus loin fig. 481, il faut des tuyaux d'un diamètre plus gros, de 0^m,44 à 0^m,45 par exemple. Leur surface, au reste, devra toujours être en rapport avec les dimensions des salles à chauffer.

Pour calculer ces surfaces, nous prendrons pour point de départ les bases données plus haut pour le chauffage à vapeur. Nous avons dit que, pour entretenir à 15 ou 16° centigrades, pendant les plus grands froids, une salle de 70 mètres cubes, ou un atelier de 400 mètres, il fallait une surface de fonte de 4 mètre carré chauffée à la vapeur, condensant 4^m,80 de vapeur, et laissant passer à l'extérieur 990 calories par heure.

Pour estimer la surface de chauffage d'eau, nécessaire pour donner ces 990 calories, on peut admettre sans erreur grave, suivant la loi de Newton, que les quantités de chaleur dégagées par une même surface sont dans le rapport direct des différences entre les températures intérieures et extérieures, bien qu'en réalité la quantité de calories émise par une surface, augmente plus rapidement que la différence des températures.

Ainsi, avec de la vapeur à 100° dans l'intérieur du tuyau, et de l'air à 15° à l'extérieur, la différence de

température est de 85°. Avec de l'eau au maximum à 80°, par exemple, et de l'air à 45°, la différence étant seulement de 65°, la surface de tuyaux de fonte nécessaire pour donner 990 calories sera de 4^m c. 30. Avec des tuyaux de cuivre, on compterait 4^m c. 50.

En pratique, il vaut mieux donner toujours aux appareils une surface un peu plus considérable, et il faut compter 4^m c. 50 à 4^m c. 75 de surface à l'eau, comme l'équivalent de 4 mètres de surface à la vapeur, ou 35 à 40 mètres cubes de salle ordinaire et de maison d'habitation pour 4 mètres carré de fonte chauffée par circulation d'air.

Cette surface sera donnée, soit en récipients de chaleur ou poêles d'eau, si on peut les placer dans les lieux à chauffer, soit en surface de tuyaux, soit en appareils de chauffage d'air, si on est obligé de mettre les surfaces de chauffe hors des salles. Mais il faut alors ou disposer les conduits pour faire circuler l'air même de la salle sur les tuyaux, ce qui est à peu près l'équivalent de l'établissement de l'appareil au milieu de la salle, ou si, au contraire, on est forcé d'envoyer dans la salle l'air extérieur, chauffé comme dans un calorifère, pour compenser la perte de chaleur due au renouvellement de l'air pris à - 12°, par exemple à l'extérieur, et évacué à + 15°, il faudra ajouter cette perte aux 990 calories nécessaires pour 70 mètres cubes.

Il faut donc, pour chauffer une salle de 70 mètres cubes :

1° Surface à raison de 4 mét. car. pour 40 mètres. 4 mét. car. 75

2° Pour chauffer de 45° l'air, en supposant qu'il entre dans la salle à 60°, soit 45° de différence utile, soit 70 mètres cubes d'air qui emporteront 650 calories par heure, et qui exigeront par conséquent en surface de chauffe excédante. 4 mét. car. 00

Soit en tout, pour 70 mètres. 2 mét. car. 75

ou 2 fois 1/2 la surface nécessaire au chauffage à vapeur, quand cette surface ne chauffe qu'indirectement la salle, et 4 fois 3/4 quand la surface est directe.

Il faudra donc toujours, à moins de nécessité absolue, placer les appareils chauffeurs dans les salles mêmes à chauffer. On voit qu'il y a là une économie considérable dans les surfaces nécessaires, et par conséquent dans les frais d'établissement et dans ceux de chauffage. En parlant spécialement des serres, nous donnerons les proportions à y employer.

Les poêles d'eau (voir fig. 481) s'interposent sans difficulté dans une circulation comme en faisant partie, sous la seule condition de faire arriver l'eau par en haut, et de l'évacuer par en bas, les tuyaux de circulation se trouvent ainsi interrompus, et le poêle forme une portion des tuyaux de circulation. En donnant à la colonne montante une assez grande puissance motrice, que l'on calcule aisément, on peut faire remonter diverses fractions de la colonne descendante, de manière à aller passer dans les poêles d'eau, après avoir couru sous le plancher qui les porte.

Les tuyaux et appareils chauffeurs s'établissent en fonte, en tôle ou en cuivre. En fonte, ils sont plus solides et plus sûrs, et prennent mieux des formes décoratives : la quantité de chaleur émise est aussi un peu plus considérable. La tôle n'est guère employée pour les tuyaux, mais bien pour les vases chauffeurs, qui sont plus faciles à construire sous de grandes dimensions, avec moins de poids et moins de dépense qu'avec la fonte, et, s'il y arrivait des accidents, qu'ils ne peuvent avoir lieu qu'avec les chauffages à haute pression, l'appareil se déchirerait simplement, sans explosion, mais la résistance à la pression et aux accidents im prévus est beaucoup moins grande. En cuivre ils coûtent

plus cher qu'en tôle, se conservent mieux, durent plus, mais sont moins résistants encore aux pressions, surtout extérieures.

Cependant nous verrons plus loin que, sous forme de tuyaux, le cuivre mince s'emploie avec avantage pour les circulations d'eau à basse pression, dans les serres et ailleurs, en soudant ensemble les tuyaux à l'étain.

Les tuyaux de communication, qui portent seulement l'eau aux récipients ou poêles d'eau, ne doivent pas avoir un diamètre aussi grand que s'ils servaient de tuyaux de chauffage, surtout s'il y a un peu de hauteur; il suffira de 0^m,08 de diamètre avec 4 ou 5 mètres de pression. Tous ces tuyaux, ceux de circulation et de chauffage seront, bien entendu, posés et soutenus de manière à pouvoir se dilater et se raccourcir sans résistance aucune, car ils seraient immédiatement brisés. S'ils sont horizontaux et d'un gros diamètre, on les portera sur des galets, ou sur des supports en tresses de fil de fer, avec tous les soins indiqués dans la pose des tuyaux de vapeur.

Les joints, si les tuyaux sont en cuivre, sont soudés à l'étain, avec de longs embottements, quand une fuite ne présente pas de danger, comme dans une serre, et que ces tuyaux sont à découvert, et faciles à réparer, en ayant cependant la précaution d'établir de place en place une bride en fer boulonnée pour faciliter les démontages.

Quelquefois, quand on voudra toute sécurité, les tuyaux de cuivre seront bridés et boulonnés.

Les tuyaux de fonte seront embottés et mastiqués au mastic de fonte, comme ceux de conduites de gaz ou d'eau, assemblage très solide, mais moins cependant que les collets boulonnés, dont nous avons parlé plus haut.

C'est toujours là, dans un grand appareil destiné à un édifice public, la disposition la plus simple et la plus sûre. On peut remplir ensuite les joints à l'extérieur de mastic, de limaille de fonte. Si ces tuyaux ne devaient servir qu'au transport de la chaleur et non à un chauffage, il faudrait les envelopper comme nous l'avons dit plus haut.

Quant aux appareils de chauffage, il faut avant tout qu'ils aient assez de surface de chauffe pour recevoir largement toute la chaleur nécessaire aux divers appareils distributeurs du système, parer à toutes les pertes de transmissions et autres pertes pour lesquelles il faut ajouter 25 p. 400 au moins à la somme totale des besoins de l'appareil. On pourra compter sur une absorption de 4 à 45,000 calories au minimum par chaque mètre carré de surface de chauffe de chaudière convenablement disposée.

Les formes peuvent et doivent varier avec les localités, les dimensions des appareils et le système adopté.

Dans une serre, avec un petit chauffage à circulation, la chaudière pourra avoir la forme des chaudières de teinture circulaires avec un couvercle mobile en cuivre. Quand il y aura nécessité de fermer la chaudière complètement avec une pression modérée, on lui donnera la forme de celles dites en tombeau, très avantageuses pour la construction du fourneau. (Voir, fig. 479 et 480, la chaudière des serres de l'école de pharmacie.)

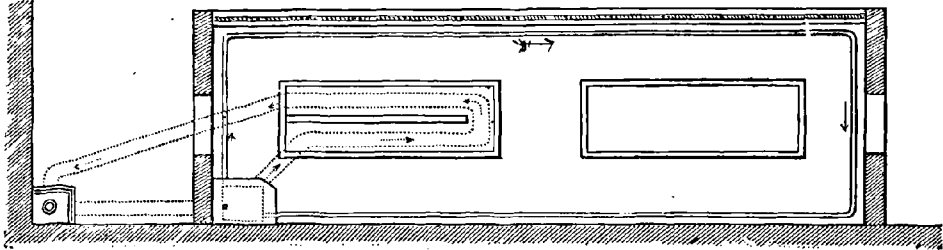
D'habiles constructeurs de chauffage de serres emploient des formes compliquées, qui multiplient les surfaces de chauffe, mais qui nous paraissent moins avantageuses que des dispositions plus simples. Les chaudières de chauffage de bain, avec un foyer intérieur et un gros serpent in ascendant, nous paraîtraient excellentes pour des circulations d'eau, même de grandes dimensions.

Quand enfin ces appareils seront de grandes dimensions, et devront travailler avec pression, on prendra des générateurs cylindriques, avec ou sans foyer intérieur, capables de résister à des pressions beaucoup

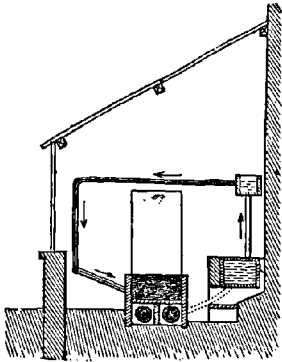
plus grandes. M. Léon Duvoir, comme on le verra, a adapté des formes de chaudières qui ont les plus grands inconvénients, sans avoir, à notre avis, aucun avantage particulier.

La capacité de ces chaudières doit évidemment être en rapport avec les dimensions des appareils; elle

est tible à brûler par heure pour suffire au chauffage demandé, en faisant la somme du nombre de calories nécessaires de tout le système, y compris les pertes, et se rappelant qu'avec un fourneau bien construit, 1 kilogr. de houille ou de coke transmet à la chaudière de 3,200 à 4,000 calories, en moyenne 3,500; 4 kilogr. de bois,



479.



480.

peut varier dans de grandes limites, sans inconvénient fondamental; mais en modifiant seulement quelques-unes des conditions de l'appareil. Si, par exemple, on adopte des appareils chauffeurs de grande capacité, on n'aura pendant la nuit qu'un refroidissement très lent, puisqu'il y aura là un grand réservoir de chaleur accumulée, mais aussi le matin on sera beaucoup plus longtemps à chauffer. C'est là un défaut grave, surtout dans les serres, où l'on a besoin quelquefois, lors d'une gelée subite, de chauffer en une demi-heure, sous peine de voir périr toutes les plantes.

Dans un édifice public, il vaut toujours mieux avoir d'assez grandes masses d'eau accumulées dans les appareils distributeurs que dans ceux de chauffage.

La capacité de ces appareils peut varier depuis 45 jusqu'à 30 p. 400 du cube total des appareils distributeurs; mais il faut, qu'en calculant la vitesse de la circulation dans l'appareil, il y ait toujours assez d'eau dans la chaudière, pour que sa température ne s'élève pas au-dessus du degré maximum réglé, et que par conséquent la chaleur développée par le combustible, soit utilisée aussi bien que possible.

Les fourneaux se construisent d'après les règles ordinaires, comme nous les avons données dans le chapitre premier de *Guide du chauffeur de machines à vapeur*, pour tous les fourneaux employés dans les industries. Règle générale, il faut aussi les calculer de manière à leur donner un léger excès de puissance sur les appareils d'absorption et d'émission.

En veillant soigneusement à la stricte observation des dimensions et des conseils pratiques que nous avons donnés, on calculera facilement la quantité de combus-

4,520 calories; et 1 kilogr. de tourbe, de 42 à 4,400, suivant sa qualité.

Ces appareils chauffeurs seront disposés avec les précautions nécessaires, pour que jamais les charpentes ou menuiseries de l'édifice à chauffer ne puissent être incendiées. On place en général ces appareils chauffeurs dans les caves, et là il n'y a aucun danger; mais quelquefois leur fumée est utilisée pour chauffer de l'air, pour obtenir une ventilation, ou pour chauffer des plaques de fonte placées dans le sol du rez-de-chaussée, et alors on peut leur faire traverser des planchers, ce qu'on doit faire dans des encavetures, larges et garnies solidement de briques et de terre.

Si l'on établissait une circulation complète dans des appareils métalliques, hermétiquement clos, il est évident que l'eau, en s'échauffant et se dilatant, viendrait à rompre ces appareils qui, enveloppés d'air froid, se dilatent moins que l'eau. Pour éviter ce danger, et en même temps livrer passage à l'air, qui s'échappe toujours de l'eau nouvellement mise dans l'appareil, ou qui s'y introduit par quelque joint inférieur, et qui, si on le laissait s'accumuler dans les coudes supérieurs de la circulation, l'arrêterait complètement, on a soin d'établir, au point culminant de tout chauffage à circulation, un réservoir de niveau et de remplissage communiquant directement avec la colonne montante, et que l'eau de ce système ne remplit qu'à moitié, de manière à lui laisser de la place pour se dilater quand elle s'échauffe sans rien briser.

Ce réservoir, appelé vase d'expansion, est ouvert quand l'appareil est à basse pression, fermé et boulonné, mais muni d'une soupape de sûreté réglée à une certaine charge, quand ce système est à haute pression, comme celui de M. Léon Duvoir. Il sert aussi à évacuer l'air de l'appareil.

Dans la circulation des serres à chaudières découvertes, où les tuyaux qui dépassent le niveau supérieur de la chaudière sont complètement fermés, on installe au point culminant de chaque circulation une petite pompe à air, que l'on fait jouer une ou deux fois par jour pour enlever l'air qui s'accumule sur ce point.

Un phénomène remarquable, et qui avait été déjà découvert par Bonnemain, c'est que si dans une circulation complète, on établit à la suite d'une seule colonne ascendante plusieurs colonnes descendantes, la circulation de l'eau s'opère avec la plus grande égalité dans toutes, sans qu'il soit nécessaire de les régler ensemble par des robinets; les appareils d'éclosions de poulets, de Bonnemain, sont établis sur ce principe, et il n'est aucun besoin en pareil cas de donner à la colonne montante unique, une section égale à la somme

des sections des colonnes descendantes. La vitesse augmente alors proportionnellement dans la colonne anoyante.

Ce phénomène d'égalité de répartition d'eau dans plusieurs tuyaux descendants, se représente aussi dans les tuyaux de fumée des calorifères, bifurqués et descendants. Il est dû à la diminution de pression qui résulte de la moindre densité de l'air traversant de haut en bas un premier tuyau, d'où résulte le passage simultané de la fumée par les autres tuyaux.

On emploie, pour régler ou arrêter les circulations, suivant leur diamètre, des robinets ou des valves coniques, conduits par des vis à une manivelle, ou enfin dans les chaudières ouvertes des serres, des obturateurs ou bouchons de bois coniques revêtus de toile, qui viennent fermer l'ouverture du tuyau par le bas, et sont manœuvrés du haut par une fourchette à deux branches et une vis serrant sur le haut du tuyau même.

Circulation à haute pression. Les principes de la circulation à haute pression sont les mêmes que ceux déjà développés, si ce n'est qu'au lieu de fonctionner à des températures inférieures ou égales à l'eau bouillante, elle travaille sous des pressions de plusieurs atmosphères, et par conséquent à une température bien supérieure à 100°.

Nous rangeons dans cette classe deux systèmes principaux, celui de M. Léon Duvoir et celui de Perkins. Le premier porte ses appareils jusqu'à cinq atmosphères. Le chauffage monté à la Chambre des Pairs exerce cette pression sur l'appareil chauffeur. Le second travaille à des pressions qu'on ne peut pas évaluer, puisqu'il n'y a aucun instrument ni moyen de mesure, qui peuvent s'élever à 15 et 20 atmosphères et plus, la température n'étant pas inférieure à 200° degrés.

Il y a à l'emploi de ces hautes pressions quelques avantages de construction; les surfaces de chauffe et les sections des tuyaux sont plus petites, les passages des murs plus faciles, et la différence de température, entre la colonne de départ et celle de retour, étant plus grande, les vitesses sont plus considérables, ce qui permet d'élever l'air que l'on chauffe sur l'appareil à un degré plus haut qu'avec l'appareil à basse pression. Mais à côté de ces qualités, il y a des défauts spéciaux qui nuisent au système: le principal est, surtout dans les appareils de chauffage et dans les poêles de M. Duvoir, un danger d'explosion réel et profond. Dans les appareils de Perkins, composés uniquement de tuyaux de fer étiré, de 25 millimètres de diamètre, essayés à une pression de plus de 100 atmosphères, réunis par des assemblages très solides, ne contenant que des quantités d'eau très faibles, le danger est presque nul, tandis qu'avec de grands poêles, souvent en fonte, et surtout des appareils chauffeurs à cloches, munis de foyers intérieurs, combinés de manière à éprouver des pressions du dehors au dedans, c'est-à-dire les plus désavantageuses pour la résistance des matériaux, avec des appareils ainsi chargés de 5 atmosphères de pression, il y a toujours danger d'explosion et d'épanchement subit d'une grande masse d'eau à 140°; car s'il survenait seulement une fissure, par des différences de dilatation ou un joint défectueux à un des appareils, l'eau du système se viderait par là en se répandant partout en vapeur brûlante, et l'accident serait d'autant plus grave que, dans les installations de M. Duvoir, il y a un grand nombre de poêles en communication directe l'un avec l'autre, et que formant un seul conduit ils s'épancheraient tous à la fois par la même fuite. Ces appareils sont essayés sans doute à une pression réglée et bien supérieure à celle sous laquelle ils fonctionnent habituellement; mais l'essai de tous les générateurs n'empêche pas de temps en temps des accidents très graves, sans que l'on puisse souvent s'en expliquer les causes. Puis ces ap-

pareils résistent bien quand ils sont neufs, mais au service ils s'altèrent; les tôles se brûlent ou s'oxydent, les masticages se délitent, et une série d'accidents, tous imprévus, viennent à éclater. Il n'y a sécurité complète, qu'en réduisant le plus possible la pression, et donnant aux appareils les formes les plus solides.

Un autre défaut du système de chauffage de M. Léon Duvoir, c'est de placer des vases énormes au centre des galeries et des salles qu'ils encombrant, et où ils nuisent à la décoration, et au style de l'architecture; c'est les exposer évidemment à être rejetés plus tard par les réclamations de l'art.

M. Léon Duvoir a donné comme étant de lui, trois objets, dont les deux derniers n'ont rien de nouveau. Des appareils de chauffage qui sont composés d'une cloche en fonte à double enveloppe, pleine d'eau, ayant à l'intérieur un foyer, surmonté d'un cylindre creux aussi rempli d'eau. La flamme et la fumée, au sortir du foyer, passent quelquefois dans un calorifère ordinaire, en fonte, qui envoie son air chaud dans une partie des salles à chauffer. D'autres fois la fumée chauffe, en circulant, des conduits où passe de l'air extérieur, et dans lesquels descendent aussi les tuyaux de retour d'eau de l'appareil. Ces dispositions, très compliquées, ne présentent aucun avantage. La forme de la chaudière offre peu de résistance à la pression et peu de surface de chauffe. Le calorifère à air chaud ne peut avoir aucun but, si la surface de la chaudière est suffisante pour refroidir convenablement la fumée. On doit employer les formes les plus simples, employées partout, qui sont en définitive les seules bonnes formes de chaudières, coûtent le moins à établir, sont calculées pour résister mieux aux pressions et être les plus faciles à nettoyer et à réparer.

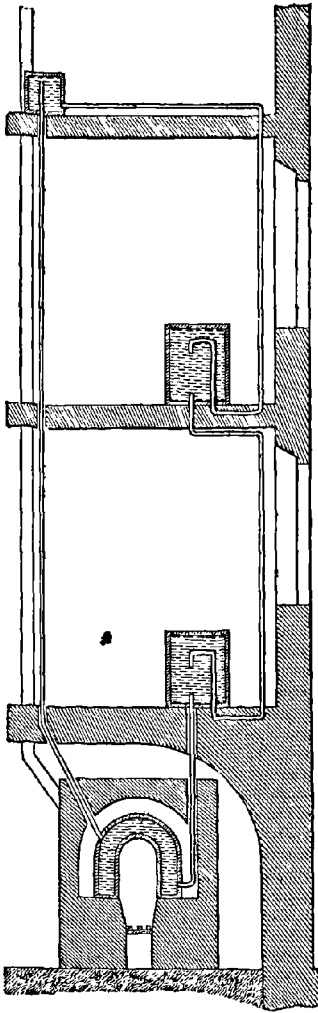
Un second procédé de M. Duvoir est le chauffage de l'air extérieur sur les tuyaux de circulation d'eau chaude. Cette disposition d'un heureux et fréquent usage, était employée dans bien des endroits, en Angleterre, longtemps avant la prise du brevet de M. Duvoir, et notamment dans la galerie de l'Institution des ingénieurs civils à Londres.

La troisième disposition de M. Léon Duvoir, et celle-ci forme la base de tous ses appareils, est un système de poêles à eau, placés dans la salle même, à différents étages superposés et chauffés en les faisant traverser par une seule circulation d'eau dont ces poêles font partie intégrante.

Pour rendre à chacun ce qui lui appartient, nous dirons que ces poêles d'eau, avec leurs doubles capacités concentriques remplies d'eau, et entre lesquelles vient passer l'air que l'on veut chauffer, recevant l'eau par un tuyau qui descend du vase d'expansion placé à un étage supérieur et qui passe dans les murs et sous les planchers, et envoyant cette eau par un tuyau semblable à un poêle pareil placé à l'étage inférieur, et de là au bas de la chaudière, nous dirons que le système entier de M. Duvoir, tel qu'il le construit, même avec son poêle d'eau et son vase d'expansion, et toutes ses dispositions, ont été publiés, décrits et tracés en 1834, cinq ans avant son brevet, dans le *London journal of arts and manufactures*, comme un brevet pris en Angleterre le 20 août 1829. Deux frères, MM. Henry Cruger Price, de Bristol, et Charles Fox Price, serruriers, sont les inventeurs mêmes du nom de poêle-d'eau, *waterstove*, et c'est à eux qu'en revient l'honneur. La chaudière seule a été changée par M. Duvoir. MM. Price, habiles praticiens, comme lo prouve la création d'un ensemble d'appareils que l'on a depuis lors si peu modifiés, avaient choisi la forme ordinaire de générateur employé dans les ateliers, comme la plus simple et la plus avantageuse à l'application du feu. M. Duvoir a donc opéré là une addition défectueuse par son système de chaudière.

En somme, nous donnons une simple description des

appareils de M. Duvoir, pour les faire comprendre, si en ayant pas les détails complets.



484.

L'appareil (fig. 484) se compose d'une chaudière en fonte et en tôle, à foyer intérieur, ainsi que nous l'avons décrit, d'un tuyau de large diamètre en fonte, montant directement dans le comble du bâtiment à chauffer, et muni de compensateurs, pour éviter toute rupture par suite de dilatations; au sommet de cette colonne, un vase d'expansion et de niveau d'eau, est ouvert librement quand on veut travailler sans autre pression que celle de la colonne d'eau ascendante qui pèse sur la chaudière ainsi fermée : et muni d'une soupape de sûreté ou d'un manomètre à air libre, quand on veut forcer ou monter la pression et la température de l'eau au-dessus de la simple pression atmosphérique, ce que M. Duvoir fait toujours dans ses grands chauffages.

Un tuyau latéral sert dans les appareils sans pression à conduire la vapeur d'eau qui se forme sous la grille du fourneau, et guide le chauffeur dans la conduite de son feu, et de l'appareil qui ne doit jamais don-

ner de vapeur puisqu'il ne s'en forme que quand l'eau entre en ébullition.

Un vase ou un tuyau placé aussi sur le vase d'expansion sert à y introduire l'eau nécessaire pour maintenir l'appareil plein, soit à la main, soit avec une pompe.

Du vase d'expansion partent des tuyaux de distribution d'un petit diamètre, et préservés soigneusement de tout refroidissement, en nombre plus ou moins considérable suivant les besoins du système et qui vont se rendre, en passant sous les planchers, dans les poêles d'eau placés aux différents étages, poêles où ils pénètrent par le bas en montant presque jusqu'à leur partie supérieure pour s'y ouvrir et s'y terminer. Un autre tuyau, ou plutôt la suite du tuyau de circulation, branché au bas du même poêle, passe sous le plancher et va chauffer un ou deux poêles placés aux étages inférieurs, disposés exactement comme le précédent, et d'où le tuyau de retour d'eau se rend dans le bas de la chaudière, en chauffant sur son chemin de l'air extérieur versé dans les salles du rez-de-chaussée.

Les vitesses données par les hautes colonnes d'expansion, et les différences assez grandes de température qui résultent d'aussi longues circulations de retour dans des appareils d'émission à grandes surfaces, tandis que la colonne montante est soigneusement préservée du refroidissement, ces vitesses, disons-nous, sont assez grandes pour vaincre les résistances données par les tuyaux de retour qui montent dans chacun des poêles successifs que traverse le courant.

Ces poêles formés de récipients pleins d'eau, tantôt avec des tuyaux intérieurs à air, tantôt avec des enveloppes concentriques, sont tantôt placés dans la salle même, tantôt recouverts de doubles enveloppes en tôle ou en fonte, qui chauffent directement ou par circulation l'air de la salle, ou l'air extérieur qui doit être versé à l'intérieur.

Des appareils à peu près semblables ont été établis dans différents lieux, par M. Duvoir.

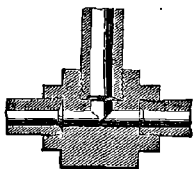
Il faut le dire toutefois, pour être juste, M. Léon Duvoir, malgré les défauts graves qu'il n'a pas su éviter ou corriger, a tiré un grand parti de ces appareils, qui ne sont pas, comme nous l'avons dit, aussi originaux que beaucoup de personnes l'ont cru, mais il en a fait d'importantes applications.

En traitant de la ventilation nous parlerons d'une disposition qu'on lui avait également attribuée, et qui avait été employée depuis plus d'un siècle, la ventilation par le foyer des fourneaux.

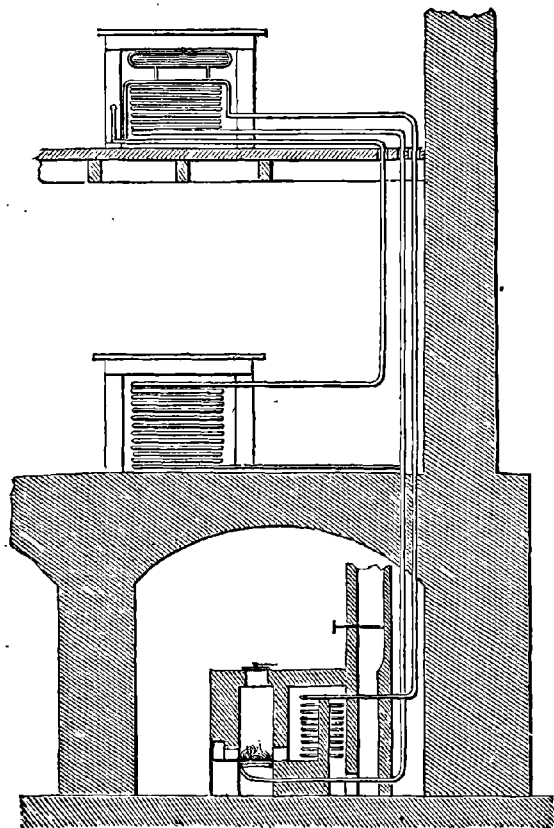
Dans la construction d'appareils de ce genre la pensée principale doit toujours être de réduire le plus possible la pression, d'isoler les appareils de chauffage, dont la dépendance est toujours un défaut; de disposer les tuyaux de manière à éviter toute rupture par dilatation; de choisir des modes d'assemblages comme aussi des formes d'appareils solides, simples, et faciles à réparer, de donner partout un libre dégagement à l'air, qui, s'il s'amassait dans des tuyaux ou des coudes, arrêterait la circulation; de compter toujours largement les surfaces de chauffe aussi bien des appareils de distribution que de la chaudière : en un mot, au lieu de chercher du nouveau dans des formes et des dispositions inusitées, compliquées, il faut prendre autant que possible les dispositions et formes justement appréciées des manufacturiers, les meilleurs juges des qualités pratiques d'un instrument.

Appareils de Perkins. Le chauffage à haute pression de Perkins, moins dangereux peut-être que celui de M. L. Duvoir, par le petit diamètre des tubes et leur faible charge d'eau, plus économique encore de surface et de place, plus facile à passer dans les murs et planchers et à loger partout, à le défaut d'avoir souvent des fuites par les joints sous ces hautes pressions, et a même causé

des incendies, en carbonisant à la longue les bois auprès desquels il passe, en vertu de la haute température à laquelle sont élevés ses tubes. Par leur disposition, il est en effet impossible d'en mesurer jamais la pression et la température. Les tubes en fer étiré de 0,025 de diamètre, qu'on y emploie, sont essayés à de très hautes pressions. Les raccords trouvés par Perkins sont admirablement combinés pour la fermeture (fig. 482), ils consistent à serrer l'un contre l'autre, au moyen d'un petit manchon tarardé, deux tuyaux dont l'un est dressé sur ce bout, et l'autre taillé en biseau, jusqu'à ce que le biseau ait pénétré dans le tube plan. Les embranchements s'exécutent par le même artifice; seulement dans ces chauffages, il y a impossibilité jusqu'à présent d'adapter de bons robinets, ou des fermetures convenables; on laisse donc circuler l'eau dans tous les appareils à la fois.



482.



483.

L'appareil entier consiste en un long tube continu et qui, aussi bien pour donner le générateur ou appareil récepteur de chaleur, que pour donner les récipients d'émission ou poêles, se replie simplement sur lui-même

en hélice et multiplie ainsi les surfaces sous un petit volume. La fig. 483 en donne un exemple. Il s'agit du chauffage d'une maison à plusieurs étages; au bas de l'appareil est un fourneau en briques avec foyer, qui enveloppe une hélice ou révolution multipliée du tuyau général, pour y verser toute la chaleur nécessaire au chauffage de la maison. Le bout supérieur de l'hélice monte directement jusqu'à l'étage supérieur à chauffer; là il se replie et se roule sur lui-même, en une nouvelle hélice qui commence le tuyau de descente ou de retour, et forme un appareil chauffeur ou poêle destiné à chauffer soit l'air de la salle, soit de l'air extérieur qu'on y verse. Une enveloppe en bois, en pierre, ou en métal, recouvre cette hélice, et verse l'air dans la salle par de larges bouches grillagées; c'est ce qui forme l'équivalent du poêle d'eau.

Après avoir ainsi chauffé une salle et un étage, le tuyau général continue sa route, descend à l'étage inférieur où il forme aussi un second poêle tout semblable, et ainsi de suite à chaque étage, jusqu'à ce qu'il vienne se brancher avec l'extrémité inférieure de l'hélice logée dans le fourneau chauffeur pour compléter le cercle. Au point culminant de la circulation, sont placés deux tuyaux fermés par des vis solidement serrées. L'un sert à évacuer l'air qui se trouve toujours dans l'eau, et qui s'y loge; l'autre sert à ajouter à l'appareil une certaine quantité d'eau; ce qui est indispensable tous les quatre ou cinq jours, parce que par les joints ou au travers même du fer et des soudures, il s'opère une évaporation impossible à reconnaître, mais sensible à la diminution régulière du liquide contenu.

Quand on veut chauffer deux séries de pièces avec un même appareil, en vertu du principe de circulation simultanée dans les tubes descendants, principe qui est aussi vrai pour le chauffage Perkins que pour toutes les circulations, il suffit de faire partir du sommet de la colonne unique d'ascension deux tubes de retour dont chacun suit pour son compte, et indépendamment de l'autre, sa route particulière, en chauffant une série de pièces distinctes, et qui viennent seulement comme condition nécessaire d'une bonne marche, se brancher ensemble pour ne former qu'un seul tuyau de rentrée dans le fourneau.

Comme nous l'avons dit pour toutes les circulations employées, le tube commun à deux séries d'appareils de retour ne doit avoir que bien peu de diamètre de plus que quand il ne sert qu'à un système; souvent même dans ces petits diamètres, il a le même diamètre ou 25 millimètres en dedans. On compte en Angleterre sur 4 mètre carré de surface de tubes pour 80 mètres cubes de capacité, ce qui correspond à peu près à la surface nécessaire avec un chauffage à vapeur: ainsi si on voulait déduire de là la température moyenne de ces tubes, dans la colonne de retour, on trouverait qu'elle doit être de 400° centigr. environ; ce qui supposerait, à cause de la grande différence entre la colonne d'ascension, et celle de descente due au long développement de cette dernière, au moins 450 à 200° dans la colonne ascendante. Si, en effet, la différence de température n'était pas grande, malgré la précaution

prise de ne donner jamais aux circulations plus de 450 à 200 mètres de développement, l'on n'obtiendrait pas la puissance nécessaire pour faire circuler l'eau dans des tubes d'un aussi petit diamètre, ou, avec de grandes vi-

teses, les frottements deviennent énormes. Il faut avouer qu'aucune disposition d'appareil ne peut être plus simple, plus commode à disposer, plus facile à passer et à porter partout; aussi en fait-on grand usage en Angleterre, surtout dans toutes les habitations particulières, où l'établissement de grands appareils de circulation à basse pression est trop cher ou trop difficile.

IX. — CHAUFFAGE PAR L'EAU ET LA VAPEUR.

Comme nous l'avons dit, la circulation d'eau directement chauffée par un foyer a des défauts qui en rendent l'emploi, ou plus difficile, ou plus dangereux, ou moins complet.

1° Les hautes pressions que supportent les appareils quand on veut chauffer plusieurs étages avec une seule circulation, et les accidents qui peuvent en résulter.

2° La dépendance forcée des vases chauffeurs ou poêles d'eau superposés d'étage en étage, et desservis par une seule circulation, sans que l'on puisse jamais chauffer l'un sans l'autre, et l'impossibilité d'arrêter un ou plusieurs d'entre eux, ou de les régler à différents degrés de chauffage, suivant leurs besoins respectifs d'heures et de température.

3° La nécessité de restreindre dans les limites assez resserrées d'un développement de tuyaux de 200 mètres à peu près et de 60 à 80 mètres de hauteur le service multiple d'un même appareil chauffeur conduisant avec son tuyau d'ascension un certain nombre de circulations descendantes; d'où résulte la nécessité absolue de multiplier dans les grands édifices les chaudières et les foyers, et par conséquent d'encombrer les caves, et d'augmenter les soins et les frais de conduite, et encore plus de surveillance; de là résulte encore une inégalité inévitable entre divers appareils producteurs de chaleur, isolés les uns des autres, d'où multiplicité des centres de chauffage, et dépendance des appareils de répartition, ce qui est directement contraire à tous les principes d'un bon travail.

Chaque procédé de chauffage, il est vrai, a ses qualités et ses défauts, inhérents à sa nature; et le constructeur trop absolu qui prétend en employer un seul, dans toutes les circonstances possibles, se trompe gravement; à chaque cas spécial, convient un procédé spécial, c'est celui qui a pour la circonstance le moins de défauts et le plus de qualités; le talent de l'ingénieur est de savoir peser toujours les considérations décisives, et appliquer chacun des procédés connus là où il convient mieux que tout autre.

Accoutumé à puiser dans les diverses industries des procédés et des ressources appliqués ensuite avec de grands résultats à d'autres travaux, nous avons remarqué que le chauffage des édifices publics manquait d'un moyen général central et simple de production et de répartition de chaleur, qui n'eût ni les défauts que nous venons de montrer pour la circulation d'eau directe, ni ceux que nous avons déjà signalés dans le chauffage à vapeur, et qui sont un chauffage impossible à graduer dans les températures modérées, par conséquent toujours au maximum; la difficulté de régler la température avec égalité sur une grande longueur; et enfin le refroidissement instantané de tout l'appareil au moment où l'introduction de la vapeur est suspendue.

Nous avons reconnu que ces qualités qui manquent au chauffage à vapeur, c'est-à-dire les qualités d'émission et d'égalisation de chaleur, sont positivement les plus hautes qualités de la circulation d'eau, et qu'au contraire, les qualités importantes qui manquent au chauffage à circulation, celles de transport et de distribution, se trouvent à un haut degré dans le chauffage à vapeur, le plus puissant et le plus rapide moyen de transport de chaleur qui existe.

Nous nous sommes demandé si par leur combinaison ces deux procédés ne se complèteraient pas réciproquement, et ne donneraient pas un système capable de suffire pleinement et largement aux besoins les plus compliqués des édifices publics et des habitations particulières, et nous avons trouvé dans les manufactures de toiles peintes, les blanchisseries, les teintureries, etc., le procédé complet et tout pratique que nous cherchions, c'est-à-dire la vapeur employée uniquement comme *moyen de transport*, pour chauffer de nombreux réservoirs d'eau placés à tout niveau et à toute distance, jusqu'à plus de 500 mètres si l'on veut.

Nous avons alors compris qu'en fractionnant les circulations d'eau et les poêles, par étage et par localités, et en leur envoyant la chaleur dont ils ont besoin au moyen de la vapeur sortie d'un générateur unique et central, pour un édifice entier, si grand qu'il puisse être, et si nombreux que soient les points à chauffer, nous atteindrions complètement le but, par un moyen tout nouveau dans son application particulière au chauffage des monuments publics, mais éprouvé dans l'industrie par les plus belles applications.

Circonstance heureuse qui donne ainsi d'avance au procédé nouveau la sanction de l'expérience.

L'édifice pour lequel nous avons trouvé et proposé ce procédé, ne pouvait être chauffé par aucun autre dans les mêmes conditions d'unité de service général et d'indépendance des appareils particuliers, c'est la prison qui doit remplacer la *Force* à Paris, et qui aura 1,200 cellules.

Les projets présentés en concurrence avec la circulation par la vapeur, avaient aussi plus de sept appareils chauffeurs, nous avons fait tout le service avec un seul générateur.

Dix-huit appareils de circulation d'eau complets, mais isolés les uns des autres, et sans aucune charge d'eau, desservant chacun les dix-huit étages qui forment les six ailes de bâtiments, sont chauffés par de grands récipients qui font partie de la circulation, et au milieu desquels sont des appareils à vapeur en cuivre, qui transmettent leur chaleur à l'eau à travers leur surface; appareils munis chacun de trois tuyaux pour l'introduction de la vapeur et l'évacuation de l'eau et de l'air, comme nous les avons déjà décrits en parlant du chauffage à vapeur.

Le tuyau de départ de la circulation, fig. 484, part du haut du vase, et, après avoir parcouru tout l'étage, il revient se brancher au bas du vase.

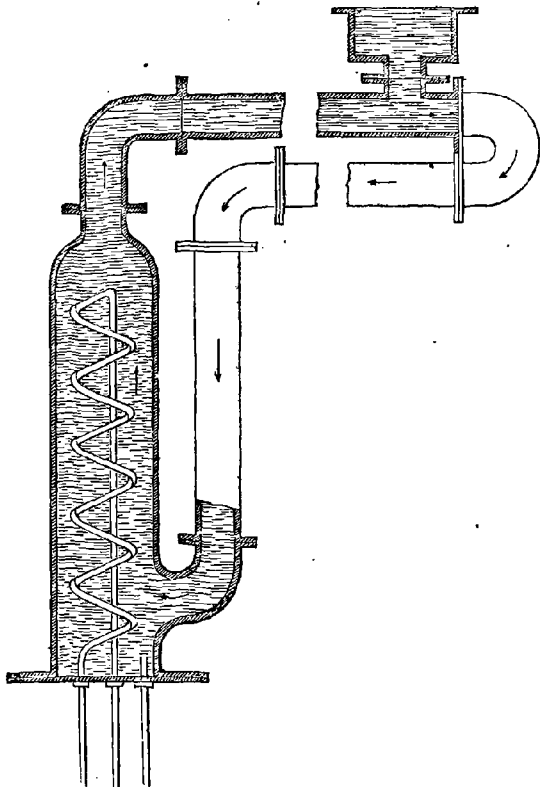
Des poêles d'eau et des circulations indépendantes sont placés dans les bureaux et dans toutes les salles de service du bâtiment d'administration, et ils sont aussi chauffés par la vapeur développée au même foyer central.

Il est donc très facile à un seul chauffeur de conduire tous ces appareils de front, et au même degré ou chacun à son degré, puisqu'il se guide sur la pression du manomètre du générateur placé auprès de lui, sous la rotonde centrale, et sous l'œil même des inspecteurs, qui stationnent dans cette rotonde au point de rayonnement de la prison.

Il est très facile aussi de les arrêter tous ou chacun d'eux, de leur donner à volonté plus ou moins d'intensité de chauffage, par la simple manœuvre d'un robinet, de manière à supprimer complètement le chauffage dans tout étage qui ne serait pas occupé.

Les tuyaux de circulation d'eau sont placés dans des gaines en pigeonnage dans lesquelles on introduit l'air extérieur pour le chauffer et le verser dans le bas des cellules, d'où il est emporté par les tuyaux de vidange des sièges et par des gaines de ventilation jusqu'à une cheminée centrale, unique, de 4 mètres carrés de section, où l'appel est établi par un foyer à coke d'une forme particulière, et qui reçoit aussi la fumée du gé-

nérateur. On proportionne aisément ces appareils aux besoins du service. Les circulations et les poêles d'eau se calculent comme nous l'avons dit. Quant à la sur-



484.

face de tuyaux de vapeur nécessaire pour chauffer chaque appareil, il suffira de savoir que 4 mètr. car. de cuivre plongé dans l'eau, à 25° centigr., condense par heure, si on expulse complètement l'air, de 400 à 450 kilogr. de vapeur, ce qui suffit pour déterminer la surface de chauffe de chaque appareil.

La description détaillée d'un appareil qui n'est pas encore construit irait mal ici; nous dirons seulement que ce projet, approuvé après de longues études par une commission composée des hommes les plus compétents, et sur le rapport de MM. Peclot et Leblanc, a été définitivement adopté par le conseil général du département de la Seine. Les savants rapporteurs, en donnant leur approbation complète au nouveau procédé que nous avons inventé, ont jugé qu'il devait remplacer plus tard tous les autres appareils dans le chauffage des grands édifices.

Si, en effet, on se demande comment chauffer un grand hôpital composé de nombreux corps de bâtiments, séparés par des cours, et des services répartis sur une grande surface, il est évident qu'avec la circulation simple il faudrait au moins autant d'appareils chauffeurs, de foyers, etc., qu'il y aurait de bâtiments, ainsi qu'une comptabilité de combustible et une surveillance compliquées et sujettes à bien des abus.

Notre chauffage breveté, avec un seul générateur

ou deux, pour couvrir les chances d'accident, travaillant chacun à leur tour et avec un seul chauffeur, fera le service de l'établissement entier, et ira chauffer jusque dans les salles les tisanes et les pieds des malades. Pour les bibliothèques publiques, les avantages de ce procédé sont plus grands encore.

Outre la nécessité de placer sous une grande bibliothèque, comme le serait celle qui devrait remplacer la Bibliothèque royale, avec de nombreux bâtiments nécessaires à de grandes classifications, de nombreux appareils à circulation d'eau directe, il faudrait toujours établir les foyers de ces appareils dans les caves, avec des approvisionnements de combustible, des lampes sans cesse allumées, des passages et services d'ouvriers, et des cheminées dans les murs: en un mot, avec tous les dangers de ces dispositions, incendie ou brisement des pièces, qui inonderaient les livres d'eau bouillante à très haute pression et de vapeur, tandis qu'avec la circulation d'eau par la vapeur, chaque appareil de circulation serait isolé de tous les autres, sans pression aucune, et le générateur de vapeur unique, avec sa cheminée, son foyer et son combustible, pourrait être placé loin des bâtiments de la bibliothèque, sans aucune communication avec eux que le passage des tuyaux de vapeur à travers les murs. Quelle complète et absolue sécurité on trouverait ainsi, et quels avantages dans le service, de pouvoir chauffer toujours à volonté chacune des salles par leur circulation partielle ou leur poêle d'eau.

Aucun autre procédé ne permet d'obtenir les mêmes résultats.

X. CHAUFFAGE DES ÉDIFICES PUBLICS, DES ÉTABLISSEMENTS PARTICULIERS ET DES SERRES.

Après avoir donné les principes et les règles de construction des quatre grands systèmes d'appareils de chauffage, nous avons à résumer leurs qualités et leurs défauts, et à en déduire les règles qui doivent présider à leurs applications; car, nous le répétons, chacun d'eux a des conditions nécessaires, qui le rendent bon dans certaines circonstances et mauvais partout ailleurs.

L'ingénieur doit être pénétré de ces qualités diverses, et d'après les bases imposées dans chaque cas particulier et les ressources qui lui sont offertes, en localité, en dépense, ou en installation de service; il doit choisir le procédé qui convient le mieux dans chaque cas spécial, sans se laisser dominer par son expérience plus particulière d'un appareil, ou par des idées systématiques.

Il en est de même pour la construction des roues hydrauliques; celui qui applique un système absolu et unique à tous les cours d'eau, à toutes les chutes, et à tous les genres de travaux, tombera inévitablement dans de graves erreurs.

Nous avons dit que le chauffage par calorifère avait l'avantage de tenir peu de place, de se conduire presque sans surveillance, par l'entretien d'un feu confié à un manoeuvre; enfin et surtout, d'être très économique d'installation, puisque le chauffage d'un logement complet de sept ou huit pièces au moins par calorifère, ne coûte pas, bien monté, plus de 4,500 fr., tandis qu'avec une circulation d'eau ou un chauffage à la vapeur, il coûterait plusieurs milliers de francs; mais, par compensation, le chauffage à air chaud exige de gros tuyaux

dans les planchers et dans les murs, ce qui n'est souvent praticable qu'au moment de la construction des bâtiments.

De nombreuses difficultés de distribution rendent, avec l'air chaud, presque impossible aussi, un bon, égal et simultané chauffage de plusieurs étages, et encore plus, de plusieurs corps de bâtiments.

Ce procédé fournit surtout un air souvent altéré par son passage sur la fonte chauffée au rouge, ou au moins doué par son élévation de température d'une telle puissance d'absorption pour l'eau, si on n'a pas pris la précaution de lui en donner artificiellement, qu'il affecte péniblement les organes.

Le chauffage à la vapeur, rapide dans son action, réglé à volonté par le jeu d'un robinet, puissant, comme moyen de distribution sur tous les points les plus éloignés d'un cercle de 6 à 800 mètres, et ralenti ou activé partout suivant les besoins, loge ses petits tuyaux dans les plus petits passages, et transmet en un temps donné, par sa vitesse immense, des quantités de chaleur plus grandes que tout autre procédé. Mais il a le défaut de ne pouvoir pas se modérer comme le chauffage à circulation, en raison de faibles besoins extérieurs, d'exiger toujours un chauffage maximum, et de se refroidir aussi instantanément que la vapeur se condense.

Le chauffage à circulation, doué au plus haut degré des qualités de modération et de lent refroidissement, qui manquent au chauffage à vapeur, simple d'installation et de conduite, et distribuant sur 100 ou 150 mètres de longueur la chaleur qu'on lui confie, en quantités parfaitement égales, a le défaut grave de lier entre eux une partie des appareils installés, sans en permettre le fonctionnement isolé, d'exiger ainsi une multiplication fâcheuse de foyers pour échauffer des grands établissements à plusieurs ailes et à plusieurs étages, et de demander de gros tuyaux qui passent difficilement dans les murs, menaçant en même temps l'établissement d'inondations subites, comme cela est arrivé au marché de Covent-Garden, à Londres, ou bien si l'on veut éviter ces gros tuyaux, il réclame forcément l'emploi des hautes pressions, qui ajoutées à la réunion des appareils superposés, et à la grande hauteur de charge qui pèse sur le générateur, laissent toujours peser sur lui une crainte fondée de rupture, d'explosion ou d'inondation.

Enfin la circulation de l'eau chauffée par la vapeur réunit, comme nous l'avons dit, presque tous les avantages des autres systèmes, sans en avoir les inconvénients, et se prêle à des distributions d'appareils qu'aucun autre procédé ne peut donner: puissance de distribution centrale, isolement des appareils, comme la vapeur, travail gradué à volonté, et refroidissement lent et successif comme la circulation d'eau, sans exiger de plus grandes dépenses d'installation.

Ces éléments donnés, et lorsqu'une question importante se présente, l'ingénieur doit, avant tout choix de procédé, se rendre un compte bien net des bases du problème, des conditions imposées, soit par la nature de l'établissement, soit par les nécessités du service, soit par les intentions de l'administration, ou même par les dispositions locales, si elles sont arrêtées quelquefois, même exécutées d'avance, enfin du but à atteindre, car il faut que ce chauffage se plie aux besoins du service, et non pas le service aux besoins du chauffage.

De ce travail préliminaire, s'il est bien fait, découle naturellement le choix du procédé, car il y en a toujours un qui répond mieux que tous les autres à ces besoins.

Les conditions à remplir pour une prison ne sont pas évidemment les mêmes que pour une église, une bibliothèque, un collège ou un hôpital; c'est de ces bases que doit sortir d'un seul jet l'ensemble du système de chauffage dans la tête de l'ingénieur, et nous ne saurions trop insister sur la nécessité de concevoir dans son ensemble ce système, en laissant seulement les détails à

l'étude lente et laborieuse du cabinet. En effet, le système simple et complet qui sortira seul de la position du problème, se prêtera toujours sans peine aux bonnes dispositions, et satisfera à toutes les exigences.

Le plan général arrêté, vient l'étude des détails avec les lois mathématiques du calcul pour point de départ invariable, en les contrôlant et les confirmant par les résultats de l'expérience, et c'est ici, dans la fixation des dispositions d'exécution si variées, dans la manière de ployer les appareils aux localités sans nuire à leur bon travail, dans la combinaison si difficile des formes et du fond, c'est ici que toute la science, toute la puissance d'intelligence et d'imagination et la hardiesse prévoyante de l'ingénieur trouvent un large développement et les plus belles applications.

Puis enfin, quand il arrive à l'exécution, toutes les ressources de la pratique des ateliers doivent lui servir de guide constant, car rien ne serait fait si un grand appareil, en même temps qu'il est simple et large dans la conception du système, profondément étudié dans ses détails, n'était pas parfait dans son exécution. Un bon appareil de chauffage ne peut sortir que des meilleurs ateliers.

Nous n'avons pas à tracer ici les règles particulières de chauffage pour chaque genre d'édifice, nous ne pouvons que poser des conseils généraux, sans aborder la description de l'édifice entier chauffé et ventilé, comme nous pourrions le faire à l'article VENTILATION DES ÉDIFICES PUBLICS, car le chauffage ne se peut jamais séparer de la ventilation, et il n'y a pas de bons appareils de chauffage s'ils ne satisfont pas à cette double condition.

Outre les conditions générales de placer les appareils producteurs de chaleur sur des points à proximité, et en même temps isolés des salles à chauffer, pour que le service du combustible et des ouvriers soit hors de la portée de ces salles, et des installer, par exemple, dans les caves avec des entrées indépendantes;

Outre les mesures de sûreté à prendre, soit pour se conformer aux ordonnances ministérielles, soit pour donner pleine sécurité à toutes les craintes;

Outre les précautions de doublement de chaudières et de pièces de rechange, ordinairement prises contre tout accident;

Outre le soin de disposer les appareils, de manière à pouvoir être tous visités et démontés au besoin sans démolition ni difficultés;

Outre les précautions à prendre contre les pertes inutiles de chaleur, les fuites, etc.;

Outre les diverses mesures à adopter dans tous les appareils, il y en a de particulières à chaque localité à chauffer, et que l'expérience ou l'intelligence et l'étude des bons modèles apprendront bien vite.

Ainsi, dans un hôpital, il faut porter la chaleur dans les salles mêmes occupées par les malades, et y installer des poêles assez multipliés, et distribués dans toute la longueur et au centre de la salle et des lits, afin que les convalescents ou les malades, qui se trouvent debout, puissent s'asseoir à l'entour, et se chauffer les pieds; il faut que ces poêles soient disposés à leur partie supérieure pour tenir chauds les tisanes et les mets, et donner au besoin l'eau chaude nécessaire au service.

Il faut surtout que ces appareils versent en même temps, dans la salle chauffée à un degré modéré, tout l'air nécessaire à sa ventilation, à raison de 6 à 8 mètres cubes par heure et par lit; un puissant appel sera établi pour les lieux d'aisances placés ordinairement près des salles.

On peut donner avec avantage à une partie des appareils, surtout dans les salles de fermes, la forme de chaufferettes.

Si l'on organise un promenoir, on aura soin de pla-

cer dans le sol une série de plaques de fonte chauffées, soit à l'eau chaude, soit par la fumée des appareils mêmes ou d'un four à coke. Tous les corridors et escaliers seront chauffés de même, et une partie du service de la cuisine, des bains et de la buanderie pourra peut-être se combiner avec l'appareil de chauffage.

Dans une bibliothèque publique la chaleur pourra encore être portée directement, soit dans les salles de lecture, sous forme de tuyaux de fonte logés dans les chauffeuses sous les tables pour recevoir les pieds des lecteurs et des bibliothécaires, comme nous l'avons fait à la Bibliothèque de l'Institut, voir fig. 477, soit sous forme de poêles qui serviront de décorations et supporteront des statues ou des objets d'art. Une ventilation très modérée, et destinée seulement à enlever toute humidité de la salle sera nécessaire.

Dans une prison cellulaire, comme on les construit aujourd'hui, les appareils doivent, au contraire, être placés hors de la portée des détenus, auxquels ils serviraient à l'instant de moyen de communication. Amener les appareils le plus près des cellules sans les y faire pénétrer, les fractionner par étage et par cellule, de manière à ne pas être forcé de chauffer un aile entière pour un petit nombre de cellules occupées; répartir la chaleur avec une parfaite égalité entre toutes les cellules; joindre à l'action de ces appareils une puissante ventilation, seule garantie donnée à la salubrité des cellules; tel est le but que nous avons cherché à atteindre dans les dispositions adoptées pour la nouvelle Force, et que nous avons déjà brièvement décrites.

Dans un hôtel particulier la pensée de la décoration doit présider à tout le système. Il faut là cacher dans les murs ou sous les planchers les appareils qui sont rarement beaux à voir; s'en servir pour verser dans les salons et chambres, l'air chaud nécessaire pour leur fournir toute la chaleur dont elles ont besoin, et pour satisfaire au tirage des cheminées ouvertes; enfin ne montrer les appareils que dans les vestibules, escaliers, corridors et salles à manger, où ils se placent très bien.

Telles sont les idées principales qui s'appliquent à tous les édifices publics dont nous avons parlé. Il leur faut la circulation d'eau simple, s'ils ne sont pas considérables et que l'on puisse leur donner sans inconvénient une seule série d'appareils, et la circulation par la vapeur, dans tous les autres cas.

On applique le chauffage par calorifère aux maisons d'habitation, où on ne voudrait pas dépenser ce qui serait nécessaire pour établir des circulations d'eau, car celle-ci, comme perfection de distribution, est bien supérieure.

On sait en effet les difficultés infinies que l'on rencontre pour chauffer, par un calorifère, une maison entière, comme celles de Paris, par exemple, à cinq ou six étages et à plusieurs ailes, de manière à obtenir le chauffage en commun, que beaucoup de propriétaires veulent aujourd'hui fournir à leurs locataires. Eh bien, avec la circulation par la vapeur, on aurait, il est vrai, plus de dépenses d'établissement; mais aussi quelle perfection de service et de régularité, au moyen de poêles d'eau isolés, munis de serpentins chauffeurs, ou même avec la circulation à haute pression de Perkins.

Quant aux ateliers et bureaux des usines, ils se chauffent presque toujours par des tuyaux dans lesquels on envoie de la vapeur, et le plus souvent la vapeur perdue des machines à vapeur employées dans l'établissement. La première condition d'une bonne distribution de vapeur partant d'une machine entre diverses séries de tuyaux de chauffage, c'est un grand récipient en tôle bien solide pour résister aux impulsions données par le dégagement de la vapeur, à chaque coup de piston; récipient nécessaire pour égaliser le passage dans tous les tuyaux à la fois. De ce récipient partent tous les tuyaux de chauffage, réglés entre eux ou interceptés par de

grandes valves avec des boîtes à étoupes. Un tuyau sert à conduire au dehors la vapeur, quand on ne veut pas chauffer les appareils. A la suite d'un récipient semblable, on peut, sans difficulté, placer 150 mètres de tuyaux de chauffage continus, pourvu qu'ils aient un grand diamètre de 0,43 à 0,45, ou à 0,20 environ; on peut les intercepter par des poêles à vapeur, et enfin verser l'excédant de vapeur au dehors. L'on donne, bien entendu, des pentes pour écouler les eaux dans le sens du mouvement de la vapeur.

Nous avons monté un appareil de ce genre dans la belle fabrique de caoutchouc de MM. Rattier et Guibal aux Thernes, où la vapeur d'une machine de 25 chevaux est complètement utilisée, au chauffage d'immenses ateliers et d'une étuve.

Chauffage des serres. Il serait facile de donner ainsi les dispositions générales de chaque grand système d'établissement; nous en laissons le soin aux traités spéciaux; mais un article comme celui-ci ne serait pas complet si nous ne parlions pas du chauffage des serres. Ces appareils tout particuliers sont d'une application de tous les jours, et ne se déduisent pas directement des règles posées plus haut.

Il faut au chauffage d'une serre les conditions suivantes :

Une parfaite égalité de température sur toute sa longueur, un chauffage doux ou puissant à volonté, pour suffire à tous les degrés de froid de l'hiver.

Un procédé avec lequel l'air de la serre ne soit jamais assez chauffé pour absorber avidement l'humidité des plantes, ce qui a lieu souvent avec un calorifère, où l'air à injecter dans les serres peut être élevé à 50 ou 60° et devenir ainsi mortel aux plantes. Il faut une puissance d'appareils assez grande pour compenser pendant les plus grands froids le refroidissement d'une énorme surface de vitrage. Enfin un chauffage rapide pour faire face à des nécessités imprévues, et ensuite un refroidissement lent et régulier.

Il faut le dire, un seul procédé de chauffage répond à tous ces besoins, c'est la circulation d'eau. En effet, on a essayé au Jardin des Plantes d'Orléans de chauffer les serres par un calorifère qui y verse de l'air préalablement chauffé sur des pièces de fonte, élevées à la température rouge, et où des précautions sont prises pour saturer cet air d'humidité, en y injectant de la vapeur d'eau, mais il est arrivé là, comme il était déjà arrivé dans de grandes serres chauffées à Paris par le même moyen, que la négligence d'un jardinier, qui avait laissé l'appareil sans eau, a amené de désastreuses pertes de plantes desséchées et asphyxiées par l'air chaud.

Avec la circulation d'eau, les tuyaux chauffés même à 80°, mais placés au milieu de la serre, ne peuvent pas élever l'air au-dessus de 45 ou 20°, et le bassin toujours placé dans la serre, et même de l'eau mise en vapeur sur les appareils de circulation, donnent à cet air le degré d'humidité que réclament beaucoup de plantes.

La presque totalité de la surface extérieure d'une serre est en vitrage, les pertes de chaleur par les murs sont relativement peu importantes; elles doivent entrer cependant dans le calcul rigoureux d'un appareil de serre, mais avec les méthodes pratiques que nous donnons ici, on se contentera sous notre climat, pour proportionner les appareils d'une serre à ses besoins, de compter un mètre carré de surface de tuyaux de circulation pour cinq mètres carrés de vitrage, recouvert de paillasse pendant les plus grands froids, et une chaudière de 1/6 environ de la capacité totale des tuyaux. Avec ces proportions d'appareils, on peut maintenir une serre à 30 ou 32° au-dessus de la température extérieure dans les plus grands froids.

Les tuyaux sont en fonte ou en cuivre; ceux de cuivre se font avec un grand succès brasés sur la lon-

CHAUFFAGE.

gueur, et soudés à l'étain ensemble, comme nous l'avons dit; toutes les règles des appareils de circulation que nous avons données s'appliquent d'ailleurs à ceux des serres.

La description du chauffage assez complet de la serre de l'École de pharmacie de Paris, monté par nous, et dont nous avons donné le tracé fig. 479 et 480, servira d'exemple pour ce genre d'appareils.

Cette serre a 46 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur; elle est fort élevée.

Une petite chaudière de cuivre à fond plat est placée dans un des angles, sur un fourneau à la houille, de construction ordinaire, dont la bouche est à l'extérieur. Du haut de la chaudière part un tuyau de cuivre de 0,43 de diamètre qui s'élève à 2^m,50 au-dessus, et se termine par une cuvette ouverte; c'est la colonne montante et le vase d'expansion du système; du côté de ce vase, et au-dessous du point où on maintient l'eau, part un tuyau également en cuivre et de même diamètre, qui, passant au-dessus de l'une des portes de la serre, va courir avec une légère pente le long du mur de face, au-dessous de la tablette de pierre qui porte le vitrage, et dans toute la longueur de la serre, porté sur de simples supports en fer, scellés, mais sans galets; là ce tuyau descend pour passer sous les marches de la seconde porte, et revient vers la chaudière, au bas de laquelle il se branche comme tuyau de retour, en suivant l'autre côté de la serre, et une bêche adossée au mur de fond; le tuyau est aplati dans cette partie pour occuper moins de place dans le passage qu'il suit.

La fumée du combustible, après avoir chauffé le dessous de la chaudière et l'avoir enveloppé par une circulation de carneaux, peut suivre deux routes par la manœuvre de deux registres; en ouvrant la clef d'un tuyau montant légèrement au-dessus de la chaudière, on envoie la fumée très chaude dans le tuyau de cheminée de l'appareil placé à 2 mètres de là, et hors de la serre, pour échauffer ce tuyau et déterminer le tirage.

Puis, quand le tirage est bien établi, on ferme cette clef, et en ouvrant le second registre, la fumée est forcée, avant de se rendre dans la cheminée, d'aller par dessus le sol passer dans deux tuyaux de terre cuite placés sous une bêche de plantes, qu'elle échauffe fortement, de sorte que la partie de la serre occupée par cette bêche, et séparée de l'autre par un vitrage, se trouve plus chauffée, puisqu'elle l'est par la fumée du fourneau, et par le tuyau de circulation d'eau.

On brûle par jour, en hiver, dans cet appareil, en moyenne, un demi-hectolitre de houille.

Supplément. Depuis que l'article précédent a été écrit pour la première édition de ce Dictionnaire, nous avons pu constater quelques faits nouveaux et quelques résultats en bien et en mal donnés par les appareils dont il a été question. Il ne sera pas sans intérêt de les consigner ici.

I. CHEMINÉES.

Les cheminées de Descroizilles, tristes d'aspect et compliquées de dispositions, sont tombées.

Les tabliers de Lhomond sont partout employés avec le bois seul, ou avec le bois et la houille, ou même avec les grilles à houille, comme avec les foyers roulants de Bronzac.

La cheminée nouvelle de M. Fondet est venue faire sa place et a déjà rendu de nombreux et vrais services.

Une série de tubes prismatiques en fonte, de 25 millimètres de côté, à angles vifs, disposés diagonalement et dont le nombre varie de 35 à 65, suivant la puissance des appareils, enveloppe le foyer par derrière et établit la communication entre deux boîtes à air.

CHAUFFAGE.

La flamme du combustible, obligée de se briser entre les tubes très resserrés, chauffe rapidement et fortement le volume d'air considérable qui les traverse, et qui vient sortir à grand courant par de larges bouches de chaleur et à 400 ou 420°.

L'élévation de chaleur développée est considérable, et la fonte jusqu'à présent ne paraît pas souffrir de l'action du feu.

II. POÊLES.

Les poêles de Lecocq ont beaucoup d'emploi. Leur chauffage est économique. Ceux qui sont portatifs sont commodes pour des pièces sans cheminée ou à chauffer momentanément; mais quelque lente que soit la combustion, les gaz brûlés qui se répandent dans la salle donnent une légère odeur.

Le commerce des poêles en fonte, à très bas prix, prend un grand développement; mais leurs dispositions laissent à désirer.

III. CALORIFÈRES A AIR CHAUD.

Nous avons appliqué notre calorifère à de grands établissements publics et particuliers, et notamment à l'église de Passy près Paris, où la température, maintenue pendant l'hiver avec une consommation de 80 kilog. de houille par jour, est de 14°, ce qui est la chaleur la plus convenable à une église, où l'on doit rester couvert et ne pas être exposé, en sortant, à des refroidissements dangereux.

Un calorifère à air chaud est très bon dans une église où il n'y a jamais à craindre d'avoir de l'air trop sec.

M. Chaussenot jeune a aussi installé de bons calorifères dans de nombreux établissements.

IV. CHAUFFAGE A CIRCULATION D'EAU.

Nous avons établi plusieurs chauffages à circulation d'eau directe dans de petites prisons cellulaires, où la distribution de la chaleur se fait beaucoup plus également par ce système que par les calorifères à air chaud.

Un grand appareil monté par nous fonctionne aussi dans l'église de Saint-Roch à Paris, la plus grande église qui ait été chauffée jusqu'à présent, et chauffée complètement.

Les résultats sont, avec une dépense de 500 kilog. de houille par jour, une température de 14° pendant les temps les plus froids, et la plus entière égalité de chauffage d'une extrémité à l'autre, et du bas en haut de l'édifice.

M. Léon Duvoir-Leblanc a continué à construire d'importants appareils de chauffage à circulation directe.

L'expérience a démontré et démontrera de plus en plus l'exactitude de toutes les observations que nous avons faites primitivement sur son système. Ses qualités, comme égalité de répartition et lenteur de refroidissement, et sa plus grande facilité de conduite, se montrent entières dans les établissements de dimensions restreintes. Ses défauts, au contraire, se manifestent tous les jours dès qu'on veut l'appliquer à de grands établissements, ou à des services multiples et distincts.

Ces défauts sont: l'impossibilité de porter la chaleur à de grandes distances et à plusieurs bâtiments sans multiplier d'une manière fâcheuse les foyers chauffeurs; l'impossibilité de chauffer de nombreuses salles au même degré et isolément les unes des autres, ou plus l'une que l'autre, ce qui doit être la condition de tout bon système.

CHAUFFAGE.

A la gare du chemin du Nord, pour élever à une température convenable les salles du rez-de-chaussée, il faut porter les bureaux placés aux étages supérieurs à 22° et plus, ce qui ne se peut supporter, et il est impossible d'y arrêter ou d'y ralentir le fonctionnement des appareils.

Nous connaissons un grand établissement dont les bureaux, liés à la circulation générale qui chauffe les ateliers, ne peuvent pas être chauffés avant que ces ateliers ne le soient, à l'entrée de l'automne, comme cela a lieu partout.

La difficulté de régler des circulations d'eau entre les diverses pièces qu'elles traversent est telle, que partout le constructeur n'y arrive qu'à grands frais et après beaucoup de tâtonnements et de changements. Les tuyaux multipliés qu'exigent ces circulations nécessitent aussi de nombreux percements dans les édifices. Un autre défaut plus grand encore, c'est que, dans un vaste établissement comme un hôpital, le constructeur, ne pouvant établir des appareils chauffeurs doubles sans augmenter hors de toute proportion les dépenses déjà très élevées de son système, n'établit que des appareils simples sans *foyer de rechange*, comme on doit cependant le faire partout, et alors tous les malades de l'établissement restent sans chauffage, sans ventilation et sans eau à la moindre réparation ou au moindre nettoyage.

Tous ces inconvénients disparaissent avec notre système de poêles à eau chauffés par la vapeur, qui permet d'isoler chaque salle, de chauffer plus l'une que l'autre, l'une sans l'autre, ou toutes également, de passer partout les tuyaux de vapeur, sans aucune difficulté; enfin d'avoir à peu de frais des *appareils doubles* nécessaires pour la sécurité du service. Rien ne sera d'ailleurs plus facile que de changer les grands *appareils à circulation directe* en *appareils à eau chauffés par la vapeur*, en employant les tuyaux de circulation d'eau comme tuyaux à vapeur; et certainement, dans quelques années, c'est ce qui se fera pour les grands établissements chauffés aujourd'hui par les circulations directes.

V. CHAUFFAGE PAR LA VAPEUR ET L'EAU.

Depuis sept ans ce système de chauffage, qui nous appartient, a reçu plusieurs grandes applications; et malgré les résistances et les difficultés que rencontre toute invention à sa naissance, il a pris place parmi les procédés pratiques les plus complets.

Les applications principales sont le chauffage de la maison de M. B., négociant, rue du Sentier, n° 6, à Paris, et celui de la maison Mazas. Dans le premier, 35 poêles en tôle (fig. 483) hermétiquement clos, remplis d'eau, qu'on ne renouvelle pas de l'hiver entier, isolés complètement et chauffés chacun par un petit serpentin où la vapeur est envoyée ou interceptée à volonté au moyen de robinets, chauffent de vastes magasins, des bureaux, des pièces d'appartement, le tout occupé par différents locataires qui payent au propriétaire les frais de chauffage avec leur loyer. Plus de 8,000 mètres cubes de capacité sont chauffés par environ 70 mètres carrés de surface de chauffe, une chaudière à vapeur de 8 chevaux et 45 ou 50,000 kilog. de houille environ par hiver, depuis six années et sans aucune plainte des locataires.

Le chauffeur, quand la température ne descend qu'à 1° ou 2° au-dessous de zéro, chauffe tous les poêles à eau, de manière qu'à huit heures du matin tous soient à la même température, qui est, à quelques degrés près, celle de la chaudière à vapeur.

Il commence par les salles à manger, les bureaux, etc.; puis, pendant plusieurs heures, toute la quantité de chaleur accumulée dans l'eau des récipients

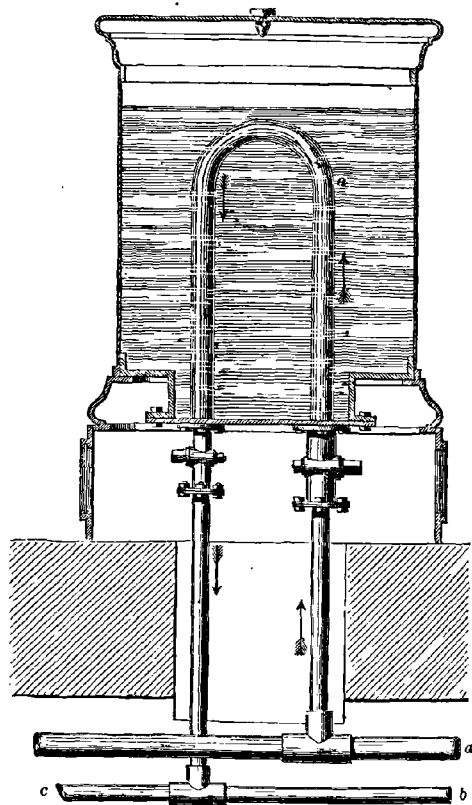
CHAUFFAGE.

se répand lentement dans les salles, qu'elle entretient à la température demandée.

A trois heures après midi, le chauffeur donne une seconde chauffe qui suffit pour la soirée, sauf quelques fois les appartements qu'on réchauffe encore le soir. Quand la température extérieure l'exige, on fait trois chauffés par jour.

Cet appareil se gouverne avec la plus grande facilité; et la présence de l'eau dans les poêles, en donnant moyen d'y amasser en peu de moments une grande quantité de chaleur, permet, s'il le faut, de porter ensuite toute la puissance du générateur sur d'autres récipients, et de faire ainsi un service considérable avec une chaudière à vapeur proportionnellement petite.

Avec la circulation directe, il aurait fallu au moins deux appareils chauffeurs, et on n'aurait jamais fait convenablement à la fois le service de bureaux, de magasins et d'appartements qui demandent des heures et des températures de chauffage toutes différentes.

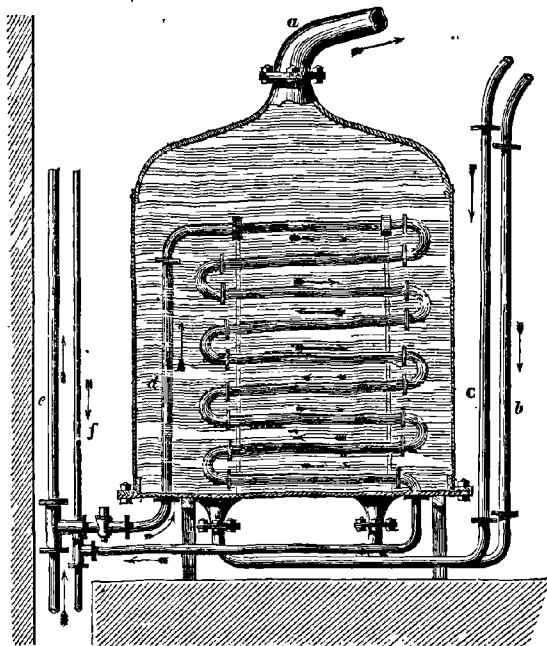


485.

Maison Mazas. Les appareils de chauffage de la prison de la *Nouvelle Force*, dite *Maison Mazas*, dont nous avons indiqué le principe en 4845, ont été complètement exécutés par nous, et fonctionnent en service régulier depuis deux ans.

Le problème était le plus compliqué et le plus difficile qui ait jamais été posé : 4,220 cellules divisées en six corps de bâtiments, les corridors où elles s'ouvrent, les parloirs, les services généraux et les bâtiments de l'administration, en un mot un cube de

50,000 mètres, divisé en un nombre infini de localités différentes, à chauffer et à ventiler, sans que les appareils soient à la main des détenus et, s'il était possible, avec un foyer unique, seul moyen d'obtenir



486.

une égalité complète de température avec l'indépendance nécessaire entre les services, et de centraliser le travail du chauffeur pour qu'il conduise en même temps les appareils de ventilation.

Chacun des dix-huit étages, de soixante-huit cellules, a un vase chauffeur (fig. 486), d'où part une circulation d'eau en tuyaux de fonte, indépendante des autres, complètement close, et dont le tuyau supérieur *a* se bifurque pour couvrir devant chaque rang de cellules de l'étage, et revenir, dans le même coffre en plâtre, ramener l'eau de circulation au bas du vase chauffeur par des tuyaux *b* et *c*. Dans l'intérieur sont placés deux serpents à vapeur *d* qui servent à chauffer l'eau de la circulation. Ce passage des tuyaux, aller et venir, dans le même coffre, *a* pour objet d'égaliser le chauffage des premières et des dernières cellules, en compensant l'un par l'autre ces deux tuyaux, qui sont à des températures différentes.

Chaque cellule a un appareil qui lui appartient, indépendant de tous les autres, et pris cependant sur l'appareil commun de l'étage. Cet appareil est composé de 2^m,33 de tuyau d'aller, et 2^m,33 de tuyau de retour, qui avec 0^m,081 de diamètre donnent 1^m,20 de surface de chauffe par cellule, à 100° de température moyenne; il est séparé de celui de la cellule voisine par une cloison qui coupe le coffre en plâtre où courent les tuyaux.

Sur ces tuyaux vient s'échauffer en passant l'air pur pris dans les corridors, où il est amené de l'extérieur, déjà en partie chauffé. Cet air va ensuite porter sa chaleur dans chaque cellule en la ventilant, et y entretenir une température uniforme de 13 à 15°.

Les corridors sont facilement maintenus au même degré par la chaleur perdue des coffres de chauffage. Au point culminant de chaque circulation, un vase de trop

plein reçoit le volume d'eau qui se dilate et l'air qui se dégage quand on chauffe.

Des mesures sont prises pour compenser l'effet des dilatations et pour alimenter les appareils.

Plusieurs chaudières à vapeur accouplées ensemble, fonctionnant comme une seule, avec un seul manomètre (celui de Bourdon, le meilleur que nous connaissons), produisent dans les caveaux placés sous le centre de la prison la vapeur nécessaire à tous les services. Cette vapeur est ensuite envoyée par un système de tuyaux *e*, aux serpents *d* des dix-huit vases chauffeurs de circulation (fig. 486), et, de plus, à tous les poêles (fig. 485) qui chauffent les greffes, les salles de dépôt et de visite, la lingerie, etc.

L'eau condensée de tous ces appareils revient des points les plus éloignés par un système de tuyaux de retour *f*, jusque dans des appareils d'alimentation qui la renvoient dans les chaudières.

Si les ordonnances relatives aux machines à vapeur nous avaient permis de placer sous un bâtiment habité des chaudières plus grandes que celles de la troisième classe, nous aurions établi seulement trois chaudières de trente chevaux, dont une de rechange.

Nous dirons plus loin, à l'article VENTILATION, comment s'opèrent la ventilation et l'assainissement des 4,220 cellules et de l'édifice entier. Celle-ci est combinée avec les appareils de chauffage.

La dépense de houille sera avec 25 mètres cubes de ventilation par cellule et par heure, et l'ouverture facultative des fenêtres pour chaque détenu, de 2,000 kil. environ par jour moyen de chauffage.

Pendant dix-huit mois, une commission spéciale a fait subir à nos appareils, la prison étant occupée en service courant, les épreuves les plus variées et les plus complètes. Ces expériences remplissent des registres et sont résumées dans un rapport que nous allons publier, et qui, malgré toutes les attaques dont notre travail a été l'objet, servira plus tard de modèle pour la réception de tous les édifices publics qui seront chauffés et ventilés.

PH. GROUVELLE.

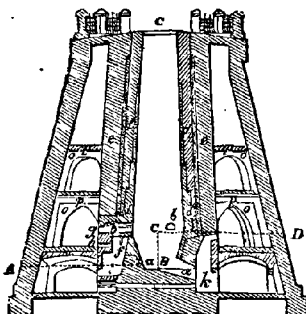
CHAUX (CUISON DE LA) (*angl.* burning of lime, *all.* kalkbrennen). La chaux vive s'obtient en calcinant des pierres calcaires, et sert surtout à fabriquer les mortiers. Nous traitons d'une manière complète, à cet article, de la cuisson de la chaux et de la construction des fours destinés à cet usage.

Dans ces fours, le calcaire est en général mélangé avec le combustible; dans un cas, et c'est le seul que nous traiterons ici, cet usage a des inconvénients graves, c'est lorsqu'on fait usage de la tourbe, qui renferme presque toujours une proportion considérable de cendres qui, mélangées à la chaux, se fondraient et causeraient un déchet considérable.

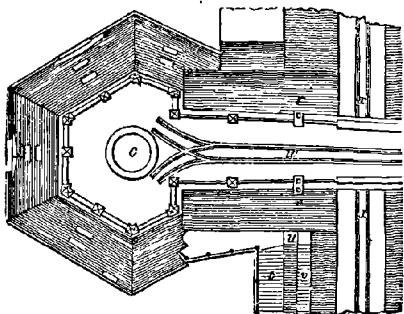
Les fig. 487 à 491 représentent un excellent fourneau destiné à éviter cet inconvénient, qui a été construit à Rüdersdorf, près Berlin; la fig. 487 est une coupe verticale; la fig. 488 le plan au niveau du gueulard; la fig. 489 une élévation longitudinale; enfin les fig. 490 et 491 sont deux coupes horizontales, l'une au niveau A B; l'autre au niveau C D. Le vide intérieur du four a la forme de deux troncs de cône qui se raccordent suivant leur large base, qui a 2^m,50 de diamètre; au fond et au gueulard il n'a que 1^m,90 de diamètre. Sa hauteur totale est de 12 mètres; la hauteur du cône inférieur est de 2^m,20. La chemise, en briques réfractaires

CHAUX.

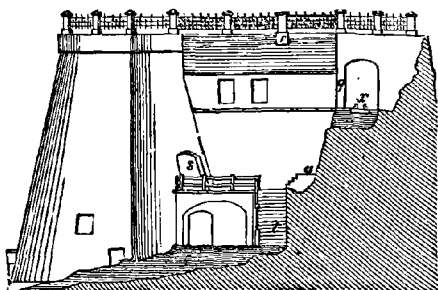
d' d', sur une hauteur de 7^m.80, et en briques ordinaires *d d'*, sur le reste de la hauteur, est séparée du massif extérieur *ee*, du fourneau, formé de pierres cal-



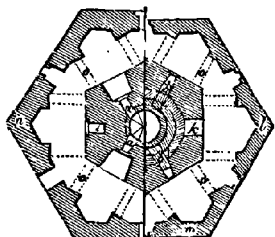
487.



488.



489.



490. 491.

caires, par un espace annulaire rempli de cendres tassées, afin de permettre à la chemise de se dilater par l'action de la chaleur intérieure, sans déterminer des mouvements et des fissures dans le massif extérieur. Le

CHAUX.

fourneau est entouré d'un manteau de murs *lmn*, ayant la forme d'un tronc de pyramide hexagonale, et divisé en quatre étages par des voûtes *o, o*, surmontées de planchers *p, p*; de cette manière la perte de chaleur par rayonnement est très faible. Les deux étages inférieurs servent au service du fourneau, les deux autres à abriter les ouvriers pendant la nuit.

La combustion de la tourbe s'opère dans trois foyers latéraux voûtés, *b, b, b*; on charge la tourbe par des ouvertures, munies de portes en tôle recouvertes intérieurement d'argile, sur les grilles, qui sont formées de briques réfractaires soutenues par un arceau transversal *f*. L'air nécessaire à la combustion arrive par les canaux *h; h; h*, *i, i, i*, sont les cendriers, fermés par des portes que l'on n'ouvre que pour les vider. On retire la chaux par les trois ouvertures *a, a, a*; des hottes, *k, k, k*, placées au devant, entraînent le courant d'air chaud qui s'échappe par ces ouvertures et l'empêchent d'incommoder les ouvriers. Le gueulard est entouré d'une forte balustrade en fer pour prévenir tout accident; la pierre calcaire y est amenée dans de petits wagons roulants sur un chemin de fer *w*. Entre le fourneau et la colline auquel il est adossé, sont des constructions pour loger les ouvriers; on y arrive par les escaliers *t, u, x*. Les étages de ce bâtiment communiquent avec ceux des fourneaux, et ont des entrées particulières *g* et *s*. En *x*, on voit un chemin de fer qui conduit au gueulard d'un autre four à chaux.

Pour mettre le four en feu, on le remplit de pierre calcaire jusqu'au niveau *CD*, et on la calcine complètement en brûlant du bois dans les canaux *a, a, a*; on remplit ensuite avec précaution les fourneaux de calcaire, et on allume alors le feu sur les foyers *b, b, b*. On produit environ 400 hectolitres de chaux par vingt-quatre heures. On dépense un mètre cube et demi de tourbe pour la cuisson de un mètre cube de pierre calcaire, et on obtient environ un mètre cube de chaux pesant 600 kil.

L'expérience a montré que la cuisson de la chaux est extrêmement facilitée par la présence de la vapeur d'eau, aussi l'opération marche-t-elle plus rapidement par un temps humide que par un temps sec; il est plus avantageux, par la même raison, d'employer le calcaire encore humide, immédiatement au sortir de la carrière, que de le laisser d'abord sécher par une exposition prolongée à l'air. Il en est de même, comme nous l'avons dit, d'un courant d'air très vif, tandis que d'un autre côté il résulte des expériences de MM. Gay-Lussac et Faraday, que le carbonate de chaux n'est nullement décomposé par l'action de la chaleur dans une atmosphère d'acide carbonique pur; c'est pour cette raison qu'il est très difficile de ramener la chaux carbonatée à l'état caustique, en la calcinant dans des creusets.

Il arrive souvent dans les fours à chaux, qu'une faible portion du calcaire n'est qu'en partie décomposée; ces morceaux, qui portent le nom d'*incuits*, ne se délitent point dans l'eau, ou y laissent un résidu considérable.

La chaux est très employée en agriculture et dans la confection des MORTIERS. Parmi les autres applications, nous citerons son emploi dans la clarification des sucres; la purification du gaz d'éclairage; la fabrication des alcalis caustiques; la préparation de divers CEMENTS ou luts; la confection d'une pommade épilatoire qui se fait en y ajoutant du sulfure d'arsenic, etc.

CHEMIN DE FER (*angl.* railway, *ait.* Eisenbahn). Les premiers chemins de fer n'eurent d'abord pour but que de desservir des houillères, des carrières, des usines et, en général, une industrie locale, soit pour faciliter l'arrivage des matières premières, soit pour transporter les produits aux bords d'un canal ou dans quelque grand centre de consommation. Les wagons ou véhicules servant au transport étaient alors traînés

CHEMIN DE FER.

soit par des hommes, soit par des chevaux. Cet état de choses dura près de deux siècles.

Plus tard, lorsque l'accroissement des richesses eut déterminé une plus grande activité dans la consommation, on s'occupa sérieusement de suppléer à l'insuffisance des moyens ordinaires de transport par l'emploi de chemins de fer, sur lesquels le remorquage des wagons se fit d'abord au moyen de chevaux. Le premier essai de l'application des machines à vapeur au transport sur les routes ordinaires fut fait à Paris en 1769 par un ingénieur français, Nicolas-Joseph Cugnot, et sur les chemins de fer en 1804, en Angleterre, par MM. Tréviticq et Vivian. Ces essais toutefois ne donnèrent lieu à aucune application suivie de la vapeur au transport sur les chemins de fer placés à la surface du sol, qui prenaient dès lors un grand développement en Angleterre pour le service des mines de houille. Bien que dans l'expérience précitée, faite en 1804, on eût pu remarquer à la vitesse de 8 kilomètres à l'heure, sur le chemin de fer de Morthyr-Tydvil, un train de 10 tonnes, sur une longueur de 44 kilomètres 1/2, sans renouveler l'eau contenue dans la chaudière, l'opinion dominante alors et partagée par les inventeurs était que l'on rencontrerait des obstacles insurmontables dans le défaut d'adhérence des roues sur la surface polie des rails. Ce ne fut qu'en 1813 que de nombreuses expériences, exécutées par Blakett sur le chemin de fer de Wylam vinrent renverser cette opinion et prouver que le frottement ou l'adhérence des roues sur les rails fournirait un point d'appui suffisant pour la locomotion à la vapeur.

NOMS DES PAYS.	LONGUEUR EN KILOMÈTRES des chemins de fer :			
	En exploitation	En construction	Votés ou concédés.	TOTAL
Prusse.	2,968	»	»	2,968
Autriche (Etats allem.)	4,529	245	»	4,774
Bavière.	626	46	»	672
Wurttemberg.	266	»	»	266
Saxe.	531	220	»	751
Hanovre.	365	28	»	393
Bade.	316	»	»	316
Deux-Hesso.	490	»	»	490
Mecklembourg.	230	»	»	230
Holstein.	409	»	»	409
Saxe-Weimar.	76	»	»	76
Anhalt.	90	»	»	90
Brunswick	87	»	»	87
Autres Etats de l'Allem.	207	»	»	207
Total pour l'Allemagne	7,890	539	»	8,427
Galicie.	65	»	»	65
Hongrie.	436	»	»	436
Russie.	227	750	»	977
Hollande.	227	»	»	227
Belgique.	609	950	»	953
Grande-Bretagne.	9,998	832	7,295	18,125
France.	3,499	893	230	4,612
Roy. Lombardo-Vénit.	209	»	»	209
Piémont.	»	262	»	262
Toscane.	20	»	»	20
Naples.	81	»	»	81
Total pour l'Europe.	23,254	3,626	7,525	34,402
Amérique du Nord.	16,552	16,238	»	32,790
Total général.	39,803	19,864	7,525	67,192

CHEMIN DE FER.

Bientôt après Georges Stéphenson parvint à construire des machines du poids de 40 tonnes, avec leur approvisionnement, pouvant remorquer un train de 30 tonnes, poids des wagons compris, avec une vitesse de 40 kilomètres à l'heure. Enfin, en 1827, M. Séguin aîné, par l'invention des chaudières tubulaires et du tirage artificiel au moyen d'un ventilateur, remplacé en 1829, en Angleterre, par l'action de la vapeur, permit à Robert Stéphenson de se présenter au concours ouvert, le 29 avril 1829, par les directeurs du chemin de fer de Liverpool à Manchester, avec une locomotive, la *Fusée*, à quatre roues, pesant 4,316 kilogrammes, et qui remorqua sur niveau, à la vitesse de 22 kilomètres 1/2 à l'heure, y compris son approvisionnement, un poids de 42,942 kilogrammes.

La *Fusée* comprenait la plupart des dispositions que l'on retrouve encore dans les machines actuelles, comme nous le verrons à l'article LOCOMOTIVE. De ce jour mémorable date le développement considérable qu'ont pris les chemins de fer, dont les lignes sillonnent actuellement toutes les contrées civilisées, et dont le tableau suivant ainsi que celui ci-contre donneront une idée :

Chemins de fer exploités en France, au 1^{er} janvier 1852 :

NOMS DES CHEMINS DE FER.	LONGUEUR exploitée en kilomètr.	NOMBRE de locomotives.
Alais à Beaucaire et à la Grand-Combe, Amiens à Boulogne.	124	30
Andrézieux à Roanne.	68	16
Anzin à Denain et Somain.	20	8
Avignon à Marseille.	426	45
Bordeaux à La Teste.	52	8
Centre.	244	55
Dieppe et Fécamp à Rouen.	50	5 ⁹
Montpellier à Nîmes.	52	12
Montpellier à Cette.	27	7
Montereau à Troyes.	401	16
Nord et embranchement sur Saint-Quentin, Calais et Dunkerque.	585	205
Orléans à Bordeaux.	226	50
Paris à Lyon.	383	125
— Orléans.	133	93
— Rouen.	431	59
— Strasbourg.	476	88
— Saint-Germain et Argenteuil.	21	45
— Versailles (rive droite).	19	19
— Versailles (rive gauche).	17	14
— Soeaux.	12	7
Rouen au Havre.	95	28
Strasbourg à Bâle.	161	29
Mulhouse à Thann.		
Saint-Etienne à Lyon.	58	42
— à Andrézieux.	22	7
Tours à Nantes.	198	29
Ouest.	88	19
Total.	3,499	4,028

De ce qui précède, il s'ensuit que l'étude des chemins de fer se divise tout naturellement en deux parties : l'une comprenant les chemins destinés au service des mines et usines, l'autre ceux servant de voies de grande communication.

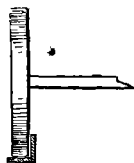
I. CHEMINS DE FER DESTINÉS AU SERVICE DES MINES ET USINES.

Les chemins de fer employés pour le service des mines aux usines consistent ordinairement, soit en

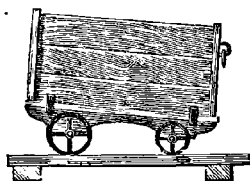
bandes parallèles ou ornères creuses et à rebords, soit en ornères saillantes fixées à la surface du sol. Cependant on emploie encore dans quelques exploitations des chemins suspendus, dont nous parlerons dans un paragraphe spécial.

Les chemins à ornères creuses, ou *tramm-road* en anglais, dont la fig. 492 donnera une idée, ont d'abord été employés, et il en existe encore un très grand nombre, soit dans l'intérieur des mines de houille, soit à la surface du sol dans le sud du pays de Galles. Les bandes qui forment les ornères creuses à rebords sont toujours en fonte, le rebord habituellement placé du côté de l'intérieur de la voie; leur écartement est maintenu par des traverses en bois, comme dans les chemins de fer ordinaires, et, en outre, on les soutient quelquefois en les fixant sur des lignes continues de longrines en bois, dans le but de s'opposer aux causes de rupture. Les roues des chariots ou wagons, qui circulent sur les *tramm-road*, sont mobiles sur les fusées des essieux, lesquels sont invariablement fixés à la caisse du wagon; ces roues, construites en fonte, ont une jante très mince, de sorte qu'elles présentent à peu près la forme d'une lentille, quand on fait abstraction du moyeu; cet amincissement des roues à la circonférence a pour but de diminuer les résistances au mouvement occasionnées par les ordures qui s'accumulent aisément sur la partie horizontale des bandes de fonte par l'effet de leur rebord saillant. Les chiffres suivants permettront d'apprécier le coût de ces chemins. A la mine de Landor, la largeur de la voie est de 0^m,70; chaque ornère ou rail pèse 24 kilogrammes par mètre courant; la distance des deux essieux est de 0^m,50 d'axe en axe; les roues dont le diamètre est un peu plus faible sont des disques presque pleins, ayant 40 millimètres d'épaisseur au milieu et 20 millimètres seulement à la jante; chaque wagon coûte environ 175 francs et contient 1,450 kilos de houille; un cheval en traîne deux à la fois dans l'intérieur de la mine sur un parcours de 1,400 mètres environ. Dans d'autres mines, ainsi que sur des chemins à la surface, la largeur de la voie atteint jusqu'à 1^m,00 et le diamètre des roues 0^m,60; mais on dépasse rarement ces limites. Sur ces chemins, un cheval peut traîner dans les mines jusqu'à 3,000 kilos, et à la surface du sol jusqu'à 4,000 kilos de houille.

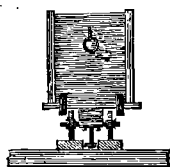
Le chien de mine (fig. 493 et 494), usité de temps im-



492.



493.



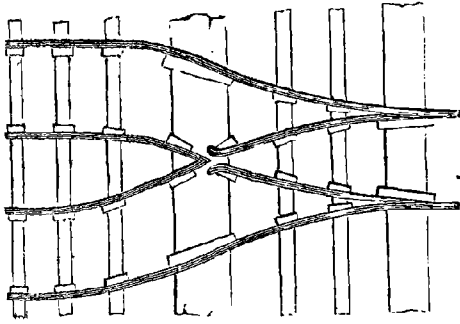
494.

mémorial dans les mines d'Allemagne pour le transport des minerais dans des galeries ordinairement étroites et tortueuses, rentre dans la classe des *tramm-road*. Il consiste en une caisse prismatique à base quadrangulaire longue, haute et étroite, portée sur quatre roulettes ordinairement placées au-dessous de son fond, pour ne pas diminuer sa largeur. L'essieu des roues de devant est plus court que celui des roues de derrière, et ces deux essieux sont fixés, l'un tout près de la partie antérieure du chariot, l'autre en arrière du milieu et un peu au-delà de la verticale, passant par

le centre de gravité de la caisse chargée. Au milieu de l'essieu antérieur est fixée verticalement une cheville en fer qui sert à guider le chariot, ce qui est d'autant plus nécessaire que les rouleurs circulent en général sans lumière et en courant sur les voies de roulage souterraines. La voie de roulage est formée par deux lignes parallèles de solives en bois de 0^m,05 à 0^m,06 d'épaisseur et 0^m,40 à 0^m,42 de largeur au moins. Ces solives, quelquefois recouvertes de bandes de fer mince ou de plaques de fonte, sont fixées par des chevilles sur des traverses en bois posées sur le sol de la galerie ou appuyées par leurs extrémités dans des entailles faites dans les parois. Leurs faces verticales intérieures laissent entre elles un intervalle d'environ 0^m,03, dans lequel est engagée la cheville directrice que l'on termine en général par un galet horizontal. Le rouleur se place derrière le chien et le pousse devant lui en s'appuyant sur sa partie postérieure.

Actuellement on se sert presque partout, dans les galeries souterraines d'une certaine dimension et à la surface du sol, de chemins de fer à ornères saillantes ou rails. Dans les mines et usines, les rails sont simplement formés de bandes de fer laminé de 0^m,07 à 0^m,08 de hauteur sur 0^m,040 à 0^m,045 de largeur, et pesant 5 à 7 kilos par mètre de longueur, placées ou encastées de champ, bout à bout, dans des traverses en bois plus ou moins rapprochées. A cet effet, on pratique vers les extrémités de ces traverses, et à une distance égale à celle de la voie, ordinairement 0^m,70 à 0^m,80, deux rainures qui pénètrent jusqu'au milieu de leur épaisseur et dont la profondeur est moindre que la hauteur du rail, que l'on y loge et que l'on y maintient serré au moyen de coins en bois enfoncés latéralement du côté de l'intérieur de la voie. Sur un pareil chemin, on peut faire circuler des wagons portant 600 à 700 kilos de houille. Le peu de hauteur des galeries et la nécessité de pouvoir tourner dans des courbes d'un faibleryon, limitent ordinairement le diamètre des roues à 30 ou 40 centimètres et la distance des essieux à 0^m,05 à 0^m,06 en sus de ce diamètre. Les roues sont habituellement fixées aux essieux, lesquels tournent dans des boîtes attachées aux cadres des wagons. Toutefois il est préférable, pour les chemins de mines et d'usines, en conservant toujours les essieux mobiles et une des roues invariablement fixée à chaque essieu, de laisser l'autre roue libre de tourner autour de la fusée, afin de prévenir le glissement sur les rails dans le sens du mouvement. Les jantes des roues sont larges, cylindriques ou légèrement coniques, et portent du côté de l'intérieur de la voie un rebord annulaire ou boudin qui sert à les maintenir sur les rails. Très souvent et afin d'éviter des transvasements des matières à transporter ou à élever au jour, on réduit les wagons à de simples plates-formes reposant sur les essieux, sur lesquelles on place les beunes ou tonnes remplies de houille ou de minerais aux lieux d'abatage. En général ces chemins sont à simple voie et présentent de distance en distance des gares d'évitement où la voie est double. Il est très rare que, pour les croisements ou embranchements de voies, on se serve d'aiguilles mobiles; on se contente, comme l'indique la fig. 495, de laisser dans les rails, aux points de croisement ou de bifurcation, des entailles suffisantes pour le passage des boudins des roues, et on dirige l'effort de traction du moteur animé dans le sens convenable pour faire passer les roues sur les rails de la voie que l'on veut suivre. Il est presque impossible de disposer dans les mines des plateaux tournants. Il en est souvent de même dans les usines, les halles, magasins, etc. On y supplée alors d'une manière très simple, en supprimant tout à fait les rails dans les centres de changements de voie et couvrant

CHEMIN DE FER.



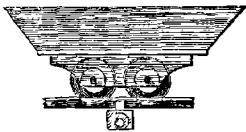
495.

le sol de plaques unies en fonte sur lesquelles les wagons peuvent circuler en tous sens en roulant sur les loutins des roues. Pour faciliter le passage des wagons, sans tâtonnements, du plancher en fonte sur une voie y aboutissant, on arrondit en dessus l'extrémité des rails et on dispose sur la plaque de fonte deux saillies curvilignes (fig. 496), ordinairement obtenues à la fonte, qui viennent se rencontrer en avant de la voie sur le prolongement de son axe, et servent à diriger les roues du wagon à leur rentrée dans la voie.

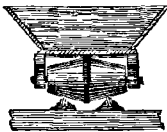


496.

Dans les cas où la mobilité du sol ne permet pas de maintenir la voie dans un état de régularité et de propre convenable, il est certainement avantageux d'employer le système appliqué par M. Serveille aîné dans une carrière de pierre à bâtir située près de Meudon. Le chemin de fer qui dessert cette carrière a une voie d'une largeur variable de 0^m,27 à 0^m,30, sur laquelle circulent des chariots chargés de 600 kilogr. de moellon et dont les roues sont remplacées par des troncs de cône opposés par leur grande base. Les fig. 497 et 498 représentent un de ces chariots; ils circulent dans

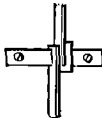


497.



498.

des courbes d'un rayon excessivement court et sur un chemin dont la voie est fort irrégulière, tant pour la largeur, qui n'est pas constante, que pour le plan de pose des rails, les deux rails parallèles étant sur plusieurs points situés à des niveaux différents. Malgré ces irrégularités et des rayons de courbure très petits, les chariots n'abandonnent points les rails, sur lesquels ils prennent des positions inclinées d'un côté ou de l'autre, suivant l'inclinaison transversale de la voie et aussi suivant la position du centre de gravité du chariot et la direction de l'effort de traction. La fig. 499 indique la manière de fixer les chaires ou coussinets sur les traverses en bois au moyen de deux vis, et d'y assujettir les bandes de fer méplat qui constituent les rails.

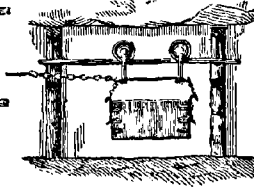


499.

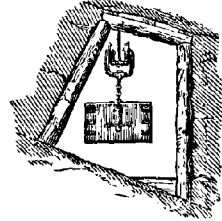
On emploie quelquefois dans les exploitations de mines des chemins de fer suspendus dits chemins à la

CHEMIN DE FER

Palmer. Nous en donnerons une idée en décrivant un chemin de cette espèce, établi à Marvelay près Epinac par M. Delvaux. La voie (fig. 500 et 501) se compose d'une suite de longrines assemblées à leur extrémité à



500.



501.

mi-bois et reliées par des boulons à écrous. Cette voie est suspendue aux chapeaux des cadres de soutènement par de longs clous taraudés à l'extrémité qui doit s'engager dans le chapeau; elle est destinée à supporter quatre roues ou galets reliés deux à deux par un essieu recourbé qui passe sous la voie suspendue. Le galet est maintenu à l'extérieur par une petite clavette (fig. 502); chacun des essieux est lié par un boulon à écrou à une grande tringle longitudinale, à laquelle la caisse est suspendue au moyen de deux petites chaînes terminées par une ferrure en patte d'oie solidement clouée à une des parois de la caisse.



502.

Pour les croisières et changements de voie, une des longrines est entaillée à mi-bois et est renforcée dans cette partie par une bande de tôle fixée par des boulons. Une autre pièce, taillée à mi-bois de la même manière que la première, s'adapte sur celle-ci par un tenon autour duquel elle peut tourner; cette pièce se termine par un biseau qui va s'adapter, au moyen d'un petit tenon en fer, dans une autre bande de longrines appartenant à une autre voie, et constitue ainsi une véritable aiguille qui permet facilement au chariot de passer d'une voie sur l'autre. L'extrémité de la bande et la pièce tournante doivent être arrondies près du pivot à leur partie extérieure, afin de pouvoir permettre le libre mouvement des galets.

Dans les chemins de fer qui desservent les mines et usines, on se sert pour la traction de moteurs animés, l'homme ou le cheval, et dans quelques cas de l'action de la gravité. Les fortes rampes sont franchies au moyen de BALANCES D'EAU, d'écluses sèches ou de plans automoteurs dont il est donné une description détaillée à l'article PLANS INCLINÉS, qui sont desservis dans certains cas par des roues hydrauliques ou des machines à vapeur, et munis de freins, pour modérer la vitesse, et parfois, dans des cas exceptionnels, de régulateurs à volant pour prévenir tous accidents.

II. CHEMINS DE FER SERVANT DE VOIES DE GRANDE COMMUNICATION.

Bien que quelques chemins anciens ou secondaires soient encore desservis par des chevaux, ce que nous dirons dans ce chapitre s'appliquera surtout aux chemins à grande vitesse desservis par des locomotives.

Tracé des chemins de fer. La première et la plus importante question que soulève l'établissement d'un chemin de fer devant servir de voie de grande communication, est la détermination de son tracé.

Dans les pays neufs, comme l'Amérique, où les populations sont encore indistinctement disséminées, où il n'y a que peu ou point d'intérêts créés, d'habitudes

formées, la question d'art prédomine dans le tracé des chemins de fer ; mais dans un pays de civilisation ancienne, comme l'Europe, où les populations sont agglomérées, il faut respecter les droits, consulter les intérêts, interroger les habitudes, en un mot se préoccuper avant tout de la question économique, ne pas négliger les parcours partiels, et procurer la plus grande somme d'avantages matériels au pays traversé.

Si au point de vue de la circulation des voyageurs il peut être parfois avantageux, pour augmenter le parcours partiel, de faire subir à une ligne des déviations, il n'en est pas toujours de même au point de vue des marchandises, dont les chemins de fer tendent de plus en plus à s'assurer le transport. En effet, les envois de marchandises en grandes masses ne se font guère par chemins de fer que pour des parcours assez étendus, car les frais accessoires de camionnage, chargement et déchargement, qui ne varient pas quelle que soit la distance parcourue, entrent pour une assez forte proportion dans les frais totaux de transport à de faibles distances, tandis qu'ils en deviennent une fraction assez minime lorsqu'il s'agit de longs parcours. D'un autre côté, sauf quelques exceptions, comme la marée et autres substances alimentaires, les marchandises ne réclament pas un transport à grande vitesse ; elles ne peuvent être attirées que par le bas prix du transport, prix qui augmente en raison des sinuosités auxquelles on astreint la ligne de fer pour desservir les populations situées de part et d'autre du tracé direct entre ses extrémités. Il y a donc là, sous le point de vue de la question économique, un moyen terme, dont la détermination est de la plus haute importance pour l'avenir d'un chemin de fer : 1° s'approcher le plus possible des centres de population, pour faciliter la circulation des voyageurs ; 2° adopter entre les deux extrémités de la ligne le tracé le plus direct possible pour attirer les marchandises.

Ayant ainsi, pour ainsi dire, jalonné la direction moyenne et les principales inflexions d'un chemin de fer par les considérations qui viennent d'être exposées, on procède aux détails du tracé d'après la configuration et le relief du terrain. Dans cette étude viennent se placer deux considérations importantes, qui ont la plus grande influence sur le prix d'établissement des chemins de fer, ce sont celles qui se rapportent aux pentes et aux courbes.

En principe, des pentes tant soit peu prononcées sont très désavantageuses à la parfaite exploitation d'une ligne ; mais l'importance des inconvénients qu'elles présentent varie singulièrement suivant la nature de l'exploitation : les fortes déclivités sont, en thèse générale, extrêmement défavorables aux convois de marchandises, parce qu'elles obligent à réduire considérablement la masse composant chaque convoi ; elles préjudicient beaucoup moins aux convois de voyageurs, parce que ces convois ne cheminant presque jamais à pleine charge, disposent toujours d'un excès de force qu'on réserve pour les parties difficiles du parcours. Dans ce dernier cas, les pentes n'ont pour conséquence qu'une diminution de vitesse qui, pour peu que la rampe ne soit pas trop longue, est peu sensible sur le temps du trajet total. Cependant, cet accroissement du temps de parcours pourrait dans des cas donnés devenir notable, car le temps employé à parcourir un kilomètre sur une pente de 0,003 est de 32 à 34 p. 400 plus long que le temps nécessaire au parcours d'un kilomètre horizontal : sur une pente de 0,006 l'augmentation de temps est de 70 p. 400 ; sur la pente de 0,014 le temps est doublé.

Dans tous les cas, une conséquence des pentes est d'augmenter notablement la dépense du combustible.

Une pente d'inclinaison déterminée ne peut, en général, être rejetée par le motif seul qu'elle est plus ou moins forte ; car on a dû voir par ce qui précède qu'il

importe moins de considérer la déclivité d'une pente que sa position et sa longueur. Si une rampe est très courte, et placée à la suite d'une pente en sens opposé, elle sera franchie, fût-elle même très raide, sans difficulté et sans ralentissement sensible de la marche, en vertu de la vitesse acquise par le convoi. Une même rampe d'inclinaison et de longueur déterminée pourra être ou n'être pas accessible aux locomotives, suivant qu'en raison de sa position sur la ligne de parcours elle pourra être abordée par les convois avec ou sans vitesse acquise. C'est ainsi que sur le chemin de Liverpool les plans inclinés de Sutton et de Rainhill (d'une inclinaison de 0,0404 sur une longueur de 2 kilomètres $\frac{1}{2}$) sont franchis par les locomotives, tandis que sur la même ligne, à la sortie de Liverpool, un plan incliné de même pente et de même longueur (0,0413 sur 2 kilom. $\frac{2}{10}$) est desservi par des machines fixes.

Quand les pentes fortes devront être courtes, ce sera une circonstance heureuse que de pouvoir les placer au pied des stations : car, à l'arrivée, les convois useront leur vitesse sur la rampe ; au départ, ils reprendront plus vite leur rapidité de marche.

Quand les pentes fortes devront être longues, il sera préférable, au contraire, que les stations soient à leur pied, surtout si ce sont des stations de quelque importance, parce que les convois y devront prendre des locomotives de renfort.

Il suffit d'être mis sur la voie de pareilles considérations pour trouver de soi-même les combinaisons qu'on doit rechercher ou s'interdire dans des vues de facile exploitation.

Il sera bon le plus souvent, quand les circonstances le pourront permettre, de n'adopter aucune pente qui fasse anomalie dans le système général des inclinaisons admises sur la ligne. Cependant, si une exception est absolument nécessaire, il vaudra presque toujours mieux adopter résolument une forte pente qu'une pente intermédiaire, ne fût-on pas dans l'exécution trop chèrement acheter une diminution de déclivité ; surtout si le point d'emplacement de cette forte pente n'est point éloigné du lieu naturel de stationnement d'une locomotive de secours, parce que l'emploi additionnel de la locomotive de secours sur la forte rampe permettra de conserver sur tout le reste de la ligne les convois à pleine charge ; ce que n'eût point permis la pente intermédiaire franchie sans renfort.

La déclivité des rampes franchies par les locomotives en service habituel ne dépasse guère 0^m.040.

Entre 0,04 et 0,03, les plans inclinés sont desservis par des machines fixes, remorquant à la montée, ou retenant à la descente les convois, au moyen des cordes.

On n'a guère construit en Angleterre, dans des chemins de grande exploitation, des plans inclinés dont la pente excède 0,027 ou 0,028. En Belgique, le plan incliné de Liège a une inclinaison de 0,03 sur 4800 mètres de longueur. Les Américains ont poussé beaucoup plus loin la hardiesse, on pourrait dire la témérité : ils ont, sur de faibles longueurs il est vrai, des plans inclinés de 400 à 200 millimètres par mètre. C'est un peu trop se confier à la solidité des cordes.

Cependant les cordes sur des plans d'inclinaison ordinaire de 0,04 à 0,03 ne sont pas le seul motif de sécurité qu'aient les voyageurs : si la corde cassait, il serait très aisé de retenir le convoi à l'aide de freins, et de l'empêcher de prendre une accélération dangereuse. Le frottement de première espèce ou glissement sans rotation du fer sur fer est d'environ $\frac{1}{40}$; il suffirait donc d'arrêter, en serrant progressivement les freins, la rotation des roues d'un tiers des voitures composant le convoi pour neutraliser complètement la composante de la gravité suivant la pente. Seulement, sur un chemin qui offre de pareilles déclivités, il est

prudent, en le voit, de faire entrer dans la composition des convois une forte proportion de voitures (du tiers à la moitié) munies de freins.

Quand un plan incliné est en ligne droite, l'emploi de la machine fixe se comprend et se justifie; mais, lorsque le tracé amène en même temps une pente et des courbes, il est impossible de se servir d'une machine fixe.

Les premières expériences qui aient été faites dans le but de substituer la locomotive à l'emploi des chevaux ou des machines fixes, ont été faites en France sur le chemin de la Loire, et répétées dix ans plus tard sur le chemin de Harzburg, en Allemagne. Ce dernier chemin, qui part de Brunswick, se développe d'abord en plaine jusqu'à Wiennburg, puis gravit la montagne, à partir de cette station, avec des pentes dont l'inclinaison s'élève successivement jusqu'à 0^m,0217 à l'approche de la station de Harzburg. Pendant les premières années, les locomotives s'arrêtaient à Wiennburg et les wagons étaient traînés par des chevaux jusqu'à Harzburg. On ne tarda pas à reconnaître que ce mode d'exploitation ne pouvait suffire à tous les besoins de la circulation, et, après quelques essais préliminaires, on eut recours à des locomotives à six roues accouplées par des bielles et pesant chacune 27,000 kilogrammes, y compris le poids du tender chargé d'eau et de combustible. Ces machines parvinrent à franchir la rampe de 0^m,0217 en remorquant un convoi de trente-cinq wagons pesant brut 72,000 kilogrammes. On comprend aisément que l'accouplement des roues augmente l'adhérence en vertu de laquelle a lieu le mouvement, et utilise ainsi pour produire cette adhérence tout le poids de la locomotive portée sur ses six roues.

Nous avons vu plus récemment le service journalier de la rampe du chemin de fer atmosphérique de Nanterre à Saint-Germain, également fait par de puissantes machines locomotives à six roues accouplées.

M. Verpilloux a encore été plus loin sur les chemins de Saint-Etienne à Lyon : non-seulement il a accouplé ensemble les roues de la locomotive pour en utiliser la totalité du poids à la production de l'adhérence, mais il a encore augmenté celle-ci en accouplant également les roues du tender et en transmettant à ces dernières le mouvement par des cylindres à vapeur placés sous le tender.

Enfin nous devons parler de la proposition faite récemment par M. Nicklès d'augmenter cette adhérence par une disposition très ingénieuse, consistant à faire circuler en hélice un courant galvanique autour de la partie inférieure des roues motrices, de manière à transformer celles-ci en aimants artificiels dont l'on peut faire varier à volonté la force avec le degré d'immersion de l'élément zinc de la pile employée, et dont l'action sur les rails produit le degré d'adhérence qui est nécessaire. Des essais faits sur des modèles en petit ont donné des résultats satisfaisants; mais l'expérience faite en grand dans les ateliers du chemin de Lyon vient de réduire à peu de chose les résultats qu'on pouvait espérer. En effet, on a reconnu que la persistance de l'aimantation dans les roues en fer dur fait naître un pôle sur celle-ci en arrière du point de contact, et que l'adhérence diminue rapidement avec la vitesse de rotation de la roue, de telle sorte qu'à des vitesses un peu grandes de puissants appareils électriques, compliqués et embarrassants, n'augmenteraient pas de plus de un dixième l'adhérence des roues due au seul poids de la machine.

En résumé, pour les plans inclinés dont la pente ne dépasse pas 0^m,03 et vu l'état de perfection auquel sont arrivées les locomotives, les frais de traction sont moindres avec des locomotives construites d'une ma-

nière spéciale pour ce service que lorsqu'il est effectué par des machines fixes et, d'un autre côté, dans la plupart des cas où l'on a eu recours à l'emploi de ces dernières pour remorquer les trains sur des plans inclinés, il eût été plus facile et plus économique d'atteindre le même niveau, en faisant suivre au tracé les contours des vallées ou les flancs des coteaux, et en réduisant l'inclinaison beaucoup au-dessous des limites qu'il a fallu atteindre pour obtenir les alignements droits nécessaires au jeu des câbles.

On comprend facilement, d'après ce qui précède, que bien souvent il sera plus avantageux de percer un contre-fort que de le graver en plan incliné.

Pour le passage des chaînes circonscrivant des bassins de certain ordre, le percement deviendra souvent de nécessité absolue : alors on établit le chemin de fer en souterrain.

Les souterrains des chemins de fer sont habituellement plus grands que ceux construits pour l'établissement des canaux; mais il est une circonstance qui rend parfois, malgré cela, les prix des uns et des autres assez comparables; c'est que les souterrains des canaux sont presque toujours, dans la vue de mieux assurer l'alimentation du point de partage, établis au-dessous du niveau des eaux souterraines; tandis que les souterrains des chemins de fer doivent être percés le plus possible au-dessus de ce niveau. On conçoit que l'augmentation de dépenses qu'il faut faire pour les épuisements durant la construction des premiers, compense dans une certaine mesure l'accroissement de frais résultant de la plus grande section des seconds.

Il faut dire d'ailleurs que le prix de percement d'un souterrain est bien loin d'être proportionnel, du moins en ce qui regarde l'extraction des déblais à l'aire de la section qu'on lui donne. Dans les souterrains en grand nombre qu'il a fait exécuter dans des bancs de rocher calcaire pour la construction du canal de Marseille, M. de Montricher a expérimenté que le percement de la première galerie dont la section était de 12 mètres avait fait revenir à 48 fr. le prix d'extraction du mètre cube de rocher; tandis que pour l'élargissement ultérieur de cette même galerie, le prix d'extraction du mètre cube n'avait plus été que de 6 francs.

On n'établit jamais dans les souterrains les dés ou traverses immédiatement sur le fond de rocher; le roulement des convois y serait trop rude. Loin de là, on établirait plutôt une plus grande épaisseur de ballast que sur toute autre partie de la voie, afin d'assurer plus complètement l'écoulement des eaux à une certaine profondeur au-dessous des rails. On réserve ordinairement au ballast une épaisseur de 0^m,60.

La cheminée des locomotives s'élève à 4 mètres au-dessus des rails. On voit d'après cela que la hauteur d'un souterrain de grande exploitation ne saurait être de moins de 6^m à 6^m,50, pour peu qu'on veuille conserver d'espace libre au-dessus de la cheminée de la machine. Mais, pour l'aérage, il est désirable que l'espace restant libre à la partie supérieure du souterrain soit plus considérable. Les gaz carbonés et les vapeurs sulfureuses qui s'échappent de la cheminée ne circuleraient que difficilement dans un si petit espace, et après le passage d'un ou de plusieurs convois, on ne pourrait ni respirer, ni voir dans le souterrain.

Dans les derniers projets exécutés ou proposés, on a adopté pour les souterrains une hauteur de 7^m,50 à 8 mètres. On donne aux souterrains une section presque circulaire et un revêtement en maçonnerie dans les terrains qui sont peu solides et susceptibles de s'affaïsser par l'action des eaux.

Indépendamment des pentes, nous avons dit qu'une autre considération, celle des courbes, avait une grande influence sur le tracé des chemins de fer. Les résistances que présente le passage des courbes tiennent

au parallélisme invariable des essieux, à la solidarité des roues avec l'essieu et à la force centrifuge.

La résistance due au parallélisme des essieux provient du frottement des rebords des roues contre les rails. Pour le diminuer, il faut agrandir le rayon des courbes ou rapprocher les essieux. On facilite aussi le passage dans les courbes, soit en supprimant les plaques de garde destinées à maintenir le parallélisme des essieux, soit mieux en laissant entre elles et les boîtes à graisse un jeu tel qu'elles ne servent plus réellement que comme appareils de sûreté, en cas de rupture des ressorts, ce qui permet aux essieux de se déplacer légèrement et de converger un peu vers le centre de la courbe. On favorise encore cette tendance en se servant de menottes en cuir ou en fer pour suspendre la caisse aux ressorts.

La solidarité des roues avec l'essieu force la roue extérieure à parcourir un développement plus grand que la roue intérieure. Pour que cela puisse avoir lieu sans qu'il y ait glissement d'une des roues sur les rails, on donne généralement aux bandages des roues une concavité d'environ $1/16$, de manière à ce que, dans une courbe, la roue extérieure, sollicitée vers la tangente, roule sur un plus grand diamètre que la roue intérieure.

Enfin, on remédie à l'effet de la force centrifuge, qui tend à presser contre le rail le rebord de la roue qui parcourt la courbe extérieure, en sur-élevant plus ou moins le rail extérieur dans les courbes d'après leur rayon et la vitesse avec laquelle elles sont franchies.

Avec le système de matériel anglais, généralement adopté en Europe, il convient que le tracé d'un chemin de fer ne présente pas de courbes de moins de 500 mètres de rayon, et presque partout on a adopté comme minimum un rayon de 300 à 900 mètres. Avec le système de matériel américain, dans lequel on rapproche les essieux et on les assujettit deux à deux à un châssis partiel mobile autour d'une cheville ouvrière fixée au châssis général, on peut circuler sans de trop fortes résistances dans des courbes de 200 mètres, et même moins, de rayon.

On comprend aisément que dans nombre de cas la nécessité d'éviter les courbes d'un faible rayon augmente considérablement les frais de premier établissement d'un chemin de fer. Dans le but d'annuler cette nécessité, M. Arnoux a proposé de remplacer le matériel actuellement employé par un système de matériel articulé de son invention, avec lequel on peut circuler sans danger dans des courbes de tous rayons, et il a appliqué ce système en grand sur le chemin de fer de Paris à Sceaux. Bien que ce système ne paraisse pas devoir être adopté pour aucune ligne importante de chemins de fer, comme il peut être appliqué dans certains cas à des lignes secondaires, dans le but de réduire de beaucoup les dépenses de premier établissement et de les mettre en rapport avec la circulation des voyageurs et marchandises sur ces lignes, nous en donnerons ici une description sommaire :

Chaque voiture (fig. 503 et 504) est composée d'un avant et d'un arrière-train; dans chaque train, l'essieu est traversé par une cheville ouvrière autour de laquelle il peut tourner; une couronne horizontale qui y est attachée à le même axe que la cheville ouvrière. Les roues sont libres sur les fusées.

Les deux trains sont réunis par une flèche à branches, aux extrémités de laquelle sont attachés, en dessous, des plateaux ou sautoires concentriques aux chevilles ouvrières, et qui tournent à frottement doux sur les couronnes.

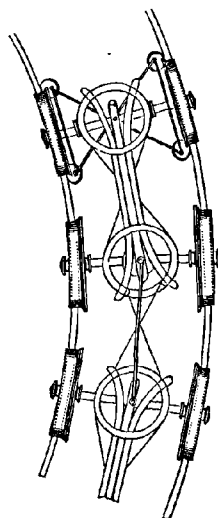
Des chaînes attachées sur la circonférence des couronnes, de manière à se croiser sous la flèche, unissent les deux essieux, les obligent à se mouvoir simultanément

et en sens contraire autour des chevilles ouvrières en faisant des angles égaux avec l'axe de la voiture.

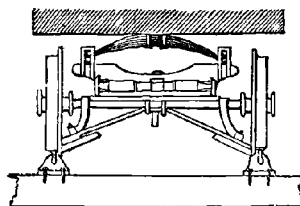
Si donc on fait marcher cette voiture sur un railway circulaire, de manière que le premier essieu soit toujours normal à l'axe du chemin, le second essieu sera normal aussi au même axe.

M. Arnoux fait diriger, ce premier essieu par le chummin lui-même, au moyen de quatre galets ou petites roues qui roulent sur les faces intérieures des rails, et qui sont à l'extrémité de fourches attachées au-dessous de l'essieu.

Les voitures sont liées l'une à l'autre : 1° par une espèce de timon traversé par la cheville ouvrière de l'arrière-train de la voiture qui précède, et par celle de l'avant-train de la voiture qui suit; 2° par deux chaînes



503.



504.

qui se croisent sous le timon, et qui sont attachées, d'un bout, à la circonférence de la couronne de l'avant-train de la seconde voiture; et de l'autre bout, à la circonférence d'une couronne plus petite fixée sous la flèche de la première voiture et traversée par la cheville ouvrière de l'arrière-train.

Ainsi, il y a trois couronnes horizontales à chaque voiture; deux de même rayon sont fixées aux essieux, et une autre d'un rayon plus petit fait corps avec la flèche de l'arrière-train.

Il résulte de cette dernière disposition que la flèche de la première voiture ne peut changer de direction sans produire en même temps le changement de la direction des essieux de la seconde voiture, et, en déterminant convenablement le rayon de la petite couronne, les essieux de la seconde voiture seront, comme ceux de la première, normaux à la courbe que les deux voitures parcourent. Par exemple, dans le cas le plus simple, qui sera celui de la pratique, les timons étant égaux aux flèches, et les couronnes des essieux de toutes les voitures ayant le même rayon, les anneaux des flèches doivent être moitié plus petits que ceux des essieux.

La traction s'opérant par les flèches et les timons qui tournent autour des chevilles ouvrières, et l'inclinaison des essieux ayant lieu par le moyen des chaînes croisées qui sont attachées aux couronnes, toutes les voitures doivent venir successivement passer sur les traces de la première.

Le développement du chemin de fer de Sceaux, construit d'après ce système, est de 44,450 mètres, sur lesquels 4,600 mètres sont en ligne droite et 6,850 mètres en ligne courbe, tant en arcs de cercle qu'en pa-

raboles. Ce dernier raccordement a été adopté pour éviter toute transition brusque en passant d'une ligne droite dans une ligne courbe, et réciproquement. Entre Paris et Bourg-la-Reine, le rayon de courbure minimum est de 420 mètres; entre Bourg-la-Reine et Sceaux, il est de 55 mètres; dans cette dernière partie, dont la longueur est de 3,250 mètres, la pente est uniforme et de 0^m,0415. Aux bouts de ligne, à Paris et à Sceaux, la voie, dont la largeur est de 4^m,80, se termine par une espèce de raquette dont le petit diamètre est de 50 mètres, disposition à laquelle se prête parfaitement le matériel, et qui a l'avantage de simplifier les manœuvres de gare, en supprimant les plaques tournantes, et de réduire par suite le personnel qui y est employé.

Travaux d'art. Les conditions auxquelles se trouvent assujettis les tracés de chemins de fer en rendent l'exécution beaucoup plus coûteuse que celle des routes ordinaires. Nous n'entrerons pas ici dans les détails de la construction de la chaussée, qui se trouvent décrits dans ce Dictionnaire aux articles TERRASSEMENTS, TUNNEL et PONTS. Nous nous contenterons de faire remarquer que l'on ne peut établir de voie de fer sur un pont suspendu.

De la voie de fer. Les chemins de fer sont à simple ou à double voie. Dans ce dernier cas le service est plus facile, chaque voie étant exclusivement affectée à l'un des sens du parcours, et le chemin est susceptible d'une circulation plus considérable. Aussi, sur les chemins à une seule voie, on a toujours soin, en prévision de l'avenir, de faire les terrassements et autres ouvrages d'art en prévision de la pose ultérieure d'une seconde voie.

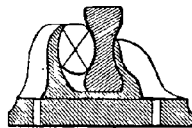
Il est indispensable, pour que le service des chemins de fer qui sont en communication les uns avec les autres puisse se faire avec économie et sans transbordement, que le matériel de chacun d'eux puisse circuler indistinctement sur toutes les voies; aussi, dans presque tous les pays, des dispositions réglementaires ont prescrit une largeur de voie uniforme de 4^m,44. Les seuls chemins qui fassent exception à cette règle sur le continent européen sont : en Allemagne, le chemin du Taunus, qui a 4^m,50 de largeur entre les rails, et les chemins badois, dont la largeur de voie est de 4^m,60; en Angleterre, sur la ligne du Great-Western, l'écartement des rails est de 2^m,13.

Des raisons analogues ont fait adopter pour largeur de l'entre-voie 4^m,80 à 2^m,00 dans les chemins à double voie.

Rails. Dans l'origine on a beaucoup employé de rails en fonte; depuis on les a abandonnés parce qu'ils sont trop fragiles, d'une pose plus difficile, exigeant toujours des longrines en bois, et en définitive aussi coûteux que ceux en fer malléable. Les rails en fer sont fabriqués au laminoir (voyez FER) et leur profil est très variable. Leur longueur est de 4^m,50 à 5^m,00, et leur poids de 20 à 40 kilogrammes par mètre courant.

Nous avons dit plus haut que pour les chemins desservant les mines et usines, on se sert fréquemment de rails à section rectangulaire formés par une bande de fer méplat, posée de champ dans des entailles ménagées dans les traverses qui supportent la voie, et maintenue dans une position invariable par des coins en bois. Sur les chemins à locomotives, on a également employé d'abord des rails rectangulaires posés à plat sur des longrines en bois et fixés à ces longrines par des vis, les longrines étant elles-mêmes supportées par des traverses en bois ou des dés en pierre. Ces rails coupaient les bandages des roues, fléchissaient sous le passage des trains, et résistaient mal à la pression latérale occasionnée dans les courbes par la force centrifuge. On augmente la résistance du rail en produi-

sant à sa partie supérieure un renflement auquel on donne le nom de *champignon*; on fait venir aussi à la partie inférieure un léger bourrelet destiné à l'empêcher de se soulever. Souvent on remplace le bourrelet inférieur par un second champignon (fig. 505), de manière à pouvoir retourner le rail à volonté, et dans ce cas on donne parfois plus d'é-

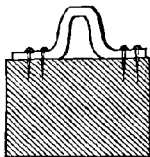


505.

paisseur à la partie du champignon qui regarde l'intérieur de la voie qu'à la face extérieure.

Les rails à simple ou à double champignon sont généralement adoptés en France et en Belgique. Sur beaucoup de chemins allemands et sur la plupart de ceux des États-Unis, on se sert du rail américain ou rail de Vignole, qui présente à la partie supérieure un renflement ou champignon, et à la partie inférieure un empattement qui repose immédiatement sur les traverses ou les longrines, où il est fixé par le moyen de vis à bois ou de crampons.

Enfin, sur quelques chemins anglais, américains et allemands, on se sert de rails en U renversé, ou rails Brunel (fig. 506), qui se fixent directement sur les longrines comme le précédent. Le seul avantage que l'on attribue à ces rails est la grande résistance qu'ils présentent sous un poids peu considérable, et



506.

l'économie qui en résulte lorsque le fer est cher et le bois à bon marché.

On a également essayé des rails ondulés présentant la forme d'un solide d'égalé résistance dans leur profil inférieur; la faible distance qui sépare deux traverses successives rend presque insensible l'avantage que présente cette forme comme résistance, et, d'un autre côté, leur fabrication est plus difficile et plus coûteuse, enfin, en cas de bris, ils ne peuvent être soutenus par des traverses comme les rails droits; aussi l'emploi de ces rails est actuellement abandonné. Dans tous les cas, l'expérience a démontré qu'il convenait de donner à la surface du champignon une légère courbure et non de le terminer par une partie plate, comme cela a encore lieu sur beaucoup de chemins.

Supports de la voie. Dans les premiers temps, les rails étaient toujours portés par des longrines en bois assises sur des traverses en bois ou sur des dés en pierre. Quoique la quantité de bois nécessaire pour l'établissement d'un système de supports à longrines ne soit pas notablement plus considérable que pour des traverses seules, on l'abandonne maintenant partout; les difficultés de pose et d'entretien, et surtout de renouvellement, sont beaucoup plus grandes dans le premier cas que dans le second; en outre, les longrines gênent l'écoulement des eaux, dont on a tant d'intérêt à se débarrasser, soit pour la solidité de la chaussée, soit pour la conservation des bois. Les dés en pierre présentent également de grandes difficultés de pose et de relevage, à cause de l'inclinaison qu'il est nécessaire de donner aux rails en dedans de la voie; et, en outre, ils offrent peu de résistance à l'écartement des rails. Les traverses les plus généralement employées sont en bois de chêne et quelquefois en bois résineux, placées en travers de la voie à une distance moyenne de 4^m,00 les unes des autres; comme elles se détériorent assez rapidement et que leur renouvellement forme une portion importante des frais d'entretien de la voie, on a essayé d'augmenter leur durée sur plusieurs lignes par l'un ou l'autre des procédés

qui se trouvent indiqués à l'article CONSERVATION DES BOIS. On a également proposé divers systèmes de supports en fonte et fer, sur lesquels l'expérience n'a pas suffisamment prononcé.

Certains rails se fixent directement sur les traverses ou longrines au moyen de vis à bois ou de crampons en fer; ce sont les rails plats et les rails à empattement (rail américain et rail en U renversé). Pour les rails à simple ou à double champignon, on ne peut les fixer sur les traverses, dès ou longrines que par l'intermédiaire de coussinets. Les coussinets sont en fonte douce; on les distingue en coussinets à joints, c'est-à-dire pour former la jonction de deux rails, et en coussinets intermédiaires: les premiers ont 0^m,14 et les seconds 0^m,40 de largeur. Les rails sont ordinairement assujettis dans les coussinets avec des coins en bois (voir fig. 505) qu'il convient de placer en dehors; par cette disposition, ils s'élèvent plus haut, le serrage est meilleur, et le coin forme une espèce de matelas élastique qui communique les chocs latéraux à la saillie des coussinets, avantage très important dans les courbes. Pour le joint des rails à empattement, on se sert aussi d'une sorte de coussinet composé d'une plaque en fonte ou en fer laminé, armée de rebords, dont la saillie est égale à la hauteur des bords de l'empatement, et percée de trous carrés, dans lesquels passent des crampons qui l'assujettissent sur la traverse ou la longrine en même temps que les rails.

Les coussinets sont fixés sur les traverses ou les longrines au moyen de vis à bois ou de crampons. On n'emploie guère de dés en pierre que lorsque la localité fournit une roche très facile à tailler et à percer, et en même temps présentant une grande solidité; dans ce cas, les dés sont percés de trous, dans lesquels on enfonce des chevilles en bois qui forment un premier lien entre le coussinet et son support; puis on chasse dans les chevilles en bois des chevilletes en fer à large tête: lorsque le dé ne se fend pas, il reste invariablement lié avec le coussinet; pour rendre à la voie une partie de l'élasticité que lui accraient données les traverses, on intercale souvent entre le coussinet et le dé une plaque de feutre goudronné de 0^m,007 à 0^m,008 d'épaisseur.

Pose de voie. Nous avons déjà indiqué dans ce qui précède les principales conditions de la pose de la voie, de sorte qu'il nous reste peu de chose à dire à ce sujet. La nécessité de donner aux bandages des roues une forme conique (on fait en général l'inclinaison de 1/46) entraîne celle d'incliner en dedans de la voie, au moyen d'entailles faites dans les traverses, soit sous les rails, soit sous les coussinets, les rails qui, sans cela, seraient soumis à un effort latéral tendant à les renverser et à arracher les chevilles ou les crampons. Cette inclinaison doit être égale à celle des bandages des roues, lorsque les rails sont à la surface plane, parce que, sans cela, le contact ne s'établirait que par une arête. Cette condition n'est plus indispensable pour les rails à surface bombée, mais la différence entre les deux inclinaisons ne doit jamais être considérable.

Dans les courbes, on exhausse, comme nous l'avons dit plus haut, le rail extérieur, c'est-à-dire celui qui est placé du côté de la convexité de la voie, afin d'y contre-balancer par la pesanteur du train l'effet de la force centrifuge. Cet exhaussement est de :

40 millim.	dans les courbes de 1,000 à 1,200 ^m de rayon.
8	— — — 4,500 —
4	— — — 2,000 —
3	— — — 3,000 —
2	— — — 6,000 —

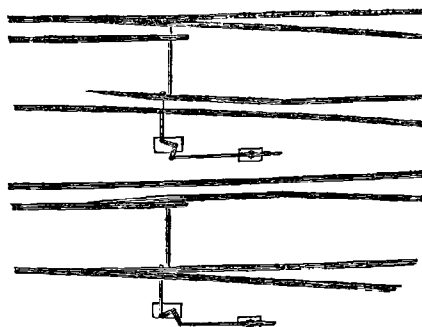
Les rails une fois placés, on procède au balastage,

opération qui consiste à enterrer les traverses dans une forme en sable. Il convient, autant que possible, que ce sable ne soit pas trop fin, et il vaut mieux qu'il soit calcaire que siliceux. La chaussée sur laquelle sont placées les traverses est aussi ordinairement formée à sa partie supérieure par une couche de sable ou balast perméable, qui remplit le triple but de donner une certaine élasticité à la voie, de contribuer à répartir le plus également possible sur toute la chaussée la pression exercée lors du passage des trains, et de préserver les traverses contre l'humidité en asséchant le sol sur lequel elles reposent immédiatement.

Lorsque les rails sont à surface plane, avec quelque soin qu'aient été faits le sabottage des traverses et la pose de la voie, il arrive inévitablement que l'inclinaison ne correspond pas toujours à la concité du bandage de la roue; la jante porte tantôt sur l'arête extérieure, tantôt sur l'arête intérieure du rail, et le rayon sur lequel roulent les roues n'est jamais constant; par suite de cette différence, dont le sens varie à chaque instant, les wagons et les machines sont jetés tantôt à droite, tantôt à gauche, et le convoi ne tarde pas à prendre un mouvement serpentant d'autant plus sensible que la vitesse est plus grande et auquel on a donné le nom de *mouvement de lacet*. Lorsque les rails sont mal posés ou que la voie n'a pas assez de jeu, ou enfin que, par suite de l'usure des bandages à la gorge, les mentonnets ne se raccordent plus à la jante par une courbe continue, chaque oscillation se termine par un choc des roues contre les rails qui rend le mouvement de lacet beaucoup plus sensible. Ce mouvement oscillatoire est souvent beaucoup plus prononcé dans certains wagons que dans le reste du train; cette différence provient alors de ce que ces wagons présentent un défaut dans le parallélisme des essieux, ou dans l'égalité de diamètre des roues d'une même paire.

Changements de voie. Les raccordements de deux voies se font, soit sous un angle très aigu, soit à angle droit. Dans le premier cas, on se sert de rails mobiles ou *aiguilles*, que l'on manœuvre à l'aide d'excentriques ou de leviers, de manière à établir la communication de la voie unique avec l'un ou l'autre des embranchements. Tantôt le levier ou l'excentrique directeur est fixé dans chacune de ses positions par un verrou ou un cran, tantôt il est muni d'un contre-poids qui ramène de lui-même les aiguilles dans une position déterminée. Les fig. 507 et 508 indiquent suf-

507.



508.

amment la manière dont s'établissent et se manœuvrent ordinairement les aiguilles.

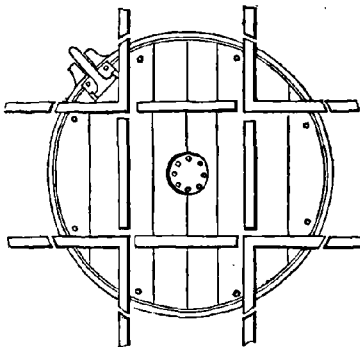
Les excentriques ou leviers qui servent à la manœuvre des aiguilles font également mouvoir des signaux

qui servent à indiquer au mécanicien sur laquelle voie les aiguilles peuvent livrer passage au train.

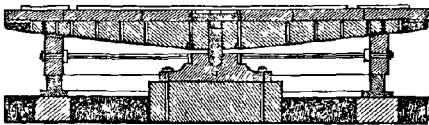
Dans quelques cas spéciaux, les changements de voie s'établissent sans aiguilles, en interrompant simplement les rails aux points de croisement pour laisser passage aux boudins des roues.

Pour passer d'une voie sur une autre qui lui est perpendiculaire, on se sert de plates-formes tournantes dont les fig. 509, 510 et 511 donnent le plan, la coupe

509.



510.



511.

et l'élevation. Elles sont construites en fonte, bois et tôle, ou seulement en tôle, et leurs dimensions, ordinairement calculées pour une locomotive ou une voiture, sont quelquefois suffisantes pour recevoir à la fois deux voitures ou une locomotive avec son tender, sans qu'il soit nécessaire de les désassembler. On manœuvre les petites plaques à bras d'hommes, et les grandes au moyen d'engrenages à manivelles. En employant deux plaques tournantes, on peut facilement faire passer les locomotives et wagons d'une voie sur une autre voie parallèle. Les plaques tournantes peuvent d'ailleurs être appliquées à tous les croisements de voie rectilignes, quel que soit l'angle de rencontre de ces voies. On passe quelquefois d'une voie sur une autre voie parallèle en reliant ces deux voies par un fossé, dans lequel circule sur une ligne de rails une plate-forme qui vient affleurer à la surface du sol, et qui porte elle-même dans la direction des voies des bouts de rails qui viennent se raccorder avec ceux de l'une ou l'autre des voies, lorsque la plate-forme se trouve aux extrémités de sa course et sur lesquels on cale les roues du wagon à faire passer d'une voie sur l'autre.

Passages de niveau. Lorsqu'une ligne de fer vient à être traversée par une route ordinaire, on garantit la voie en surélevant la chaussée jusqu'à l'affleurement du rail à l'extérieur, et plaçant en dedans de la voie une poutrelle ou longrine en bois garnie de fer, dite

contre-rail, de manière à ménager entre le rail et le contre-rail une rainure pour livrer passage aux montonnets des roues. Les traversées de niveau sont toujours interceptées au moment du passage des trains par le moyen de barrières, et les garde-barrières sont en même temps chargés de veiller à ce que les ornières creuses que présente la voie auxdits passages soient constamment maintenues dans un parfait état de propreté.

Gares et stations. Les dispositions des gares et stations varient suivant leur importance, et se relient souvent d'une manière intime au tracé du chemin, au moins pour les gares ou stations principales.

D'un côté, on doit chercher à réduire autant que possible les manœuvres de gare, les transports des bagages et marchandises, ainsi que le service des voyageurs, c'est-à-dire les frais d'exploitation; et, d'un autre côté, à diminuer les frais de premier établissement, condition parfois directement opposée à la précédente, surtout lorsque le chemin se trouve établi en remblai ou en déblai.

Il en résulte que nous ne pourrions entrer utilement dans plus de détails qu'en sortant du cadre de cet ouvrage, et en donnant de nombreux exemples de gares et stations établies dans diverses conditions. Toutefois nous observerons que l'on se décide en général beaucoup trop souvent à établir dans certaines localités des stations de tête, c'est-à-dire avec des rebroussements, dont le premier résultat est d'augmenter très notablement les dépenses et les difficultés de l'exploitation.

A certaines stations, on trouve des magasins de combustible et des GRUES HYDRAULIQUES pour l'alimentation des machines, et des ateliers pour l'entretien et la réparation du matériel roulant.

Matériel. Le matériel roulant des chemins de fer se divise en matériel de traction, comprenant la locomotive et son accessoire le tender, dont il sera question dans l'article LOCOMOTIVE, et le matériel de transport, dont nous allons dire quelques mots. Les voitures ou wagons employés sur les chemins de fer sont à quatre, six ou huit roues. Dans les uns et les autres, les roues sont toujours invariablement fixées aux essieux qui tournent dans des boîtes à graisse fixées à un châssis par l'intermédiaire de ressorts et maintenues par des plaques de garde.

Lorsque les voitures sont à quatre ou à six roues, il n'y a qu'un seul châssis. En France et en Angleterre, on attache en général les plaques de garde aux longs côtés du châssis, et la caisse de la voiture est placée au-dessus des roues. En Belgique et sur beaucoup de chemins allemands, les longs côtés du châssis, placés à l'extérieur des roues, sont supportés par quatre ou par six traverses, réunies par couples, et aux extrémités desquelles sont attachées les plaques de garde et les ressorts de suspension; par suite de cette disposition, les roues pénètrent dans les caisses, sous les banquettes. Enfin, sur quelques chemins allemands, on trouve des wagons à six roues, dont les caisses sont suspendues sur les boîtes à graisse au moyen de ressorts d'une forme particulière qui facilitent, dans certaines limites, la convergence des essieux et leur déplacement dans le sens transversal à la voie; on supprime alors les plaques de garde, et on place seulement, au-dessus de chaque essieu et entre les roues, des plaques de tôle découpées en fourchettes, et destinées à soutenir la caisse en cas de rupture d'un ressort; le mouvement de ces voitures est très doux et elles passent sans effort dans des courbes d'un petit rayon.

Les voitures et wagons américains sont à huit roues. Leur longueur et leur capacité sont doubles de celles des voitures à quatre roues, de telle sorte que la

charge de chaque essieu reste sensiblement la même dans les deux systèmes. Les essieux sont placés par couples aux deux extrémités de la caisse et fixés à un même châssis partiel ou avant-train, lié seulement au châssis général par une cheville ouvrière. Le poids de la caisse repose, par l'intermédiaire de sabots en fonte ou de galets, sur les bancards de chaque avant-train, qui sont recouverts aux points de contact de plaques en fonte ou en fer; les essieux de chaque train partiel sont invariablement parallèles entre eux; leur écartement ne dépasse pas 4^m,00, le diamètre des roues étant compris entre 0^m,75 et 0^m,90. Les boîtes à graisse sont le plus souvent extérieures; elles supportent habituellement le poids de la caisse par un seul ressort pour chaque paire de boîtes d'un même côté; ce ressort s'appuie par ses deux extrémités sur les boîtes à graisse, et supporte la charge par son sommet. L'écartement des avant-trains de centre en centre varie de 6 à 9 mètres. Le nombre des voyageurs que peut contenir une seule voiture dépasse quelquefois cent; les voyageurs montent et descendent par les extrémités, au moyen d'escaliers qui aboutissent à une plate-forme où se tient un conducteur. Les banquettes sont à deux places; elles sont disposées transversalement à l'axe de la voie, et laissent au milieu un passage pour la circulation; les dossiers, formés par une barre de bois, rembourrée dans les voitures de première classe, sont quelquefois mobiles autour d'une charnière placée à la partie inférieure des pieds qui supportent les banquettes et se renversent, suivant que les voyageurs veulent se placer dans le sens de la marche ou à reculons.

Les voitures américaines sont avantageuses pour franchir les courbes d'un rayon très faible; l'écartement des essieux, réunis deux à deux dans un même avant-train, est aussi faible que possible, et, par suite, la résistance due à leur parallélisme se trouve diminuée. On arrive, du reste, sensiblement au même résultat avec les voitures ordinaires à six roues, en donnant aux plaques de garde tout le jeu nécessaire dans le sens transversal et longitudinal; et, d'un autre côté, c'est moins le parallélisme des essieux que la conicité insuffisante entre les rails et les mentonnets qui limite le rayon des courbes. Si les voitures américaines offrent plus de stabilité, en cas d'accident, que des voitures plus légères, à cause de leur poids considérable, d'un autre côté la mobilité des avant-trains autour de la cheville ouvrière est un obstacle à la grande vitesse que l'on tend de plus en plus à imprimer aux convois qui circulent sur les chemins de fer; les voitures devant marcher indifféremment en avant et en arrière, la cheville ouvrière ne peut pas être excentrée, et l'avant-train n'est sollicité à rester entre les rails que par la conicité et les mentonnets des roues; il en résulte un mouvement d'oscillation qui tend nécessairement à augmenter avec la vitesse, et peut, au-delà de certaines limites, devenir dangereux. En outre, pour le service des voyageurs, ces voitures sont trop grandes et leur manœuvre dans les gares est un peu gênante. Pour le service des marchandises à petite vitesse, au contraire, les wagons américains peuvent présenter dans beaucoup de cas des avantages; pour un même poids de véhicule, ils présentent une plus grande capacité, ce qui peut être favorable au chargement de certaines marchandises encombrantes, telles que le bois, le fer en barres, les bestiaux, etc., et il est toujours utile de faire entrer quelques wagons américains dans la composition du matériel de transport de toute exploitation importante de chemin de fer.

On emploie en général la graisse solide pour le graissage des wagons; cependant l'huile procure des frottements plus doux, et on l'emploie sur quelques

chemins, en y ajoutant, pendant les grands froids de l'hiver, un peu d'essence de térébenthine pour la maintenir liquide. Les boîtes à huile employées sur le chemin de fer de Leipzig à Dresde ne diffèrent pas essentiellement des boîtes à graisse ordinaires. Dans la cavité destinée à recevoir la graisse se trouve une plaque de fonte, portant à l'avant un petit réservoir et à l'arrière un entonnoir qui pénètre dans le trou dont la boîte à graisse est percée. Le réservoir est plein d'huile jusque vers la moitié de sa hauteur, et, à ce point, sa paroi est percée d'un trou à travers lequel passe une mèche de coton tressée, dont l'extrémité descend à travers l'entonnoir et à travers l'œil du coussinet jusqu'à la fusée de l'essieu. Cette mèche fait siphon et sa grosseur est calculée pour qu'elle débite trois gouttes d'huile par minute. L'huile se dépense d'une manière continue et maintient la fusée constamment lubrifiée; elle tombe ensuite sur le demi-cylindre qui forme la partie inférieure de la boîte à graisse; une rigole creusée suivant l'arête inférieure de ce demi-cylindre, et un trou percé à son extrémité antérieure, amènent l'huile versée en excès sur la fusée, dans un réservoir en tôle où on la recueille pour l'employer de nouveau.

Sur les chemins du Hanovre, l'appareil est tout différent: la partie inférieure de la boîte se termine par une capacité prismatique, dont la paroi antérieure est percée d'un trou carré. On introduit par ce trou un tiroir rempli d'huile et par dessous une pièce à ressort qui le maintient invariablement dans sa position; cette pièce s'enlève facilement à la main, mais aucune secousse ne peut la déplacer pendant la marche. Le tiroir porte un levier à contre-poids qui applique contre la fusée une mèche plate en coton, dont les bouts plongent dans l'huile. La partie supérieure du tiroir est fermée par une paroi, percée seulement d'un orifice rectangulaire suffisant pour le passage de la mèche, mais en même temps exactement fermé par celle-ci. L'huile monte dans la mèche par l'effet de la capillarité et maintient constamment la fusée lubrifiée; elle ne peut pas être projetée hors du tiroir par l'effet des chocs. On peut renouveler facilement l'huile en enlevant le tiroir, ce qu'un homme peut faire d'une seule main; on peut encore se servir d'un tube recourbé saillant à l'extérieur, fermé par un bouchon en métal ou en liège, et faisant en même temps fonction de bouton pour enlever ou mettre en place le tiroir. En ôtant ce bouchon, les ouvriers chargés du graissage reconnaissent immédiatement s'il reste une quantité d'huile suffisante et peuvent en ajouter sans démonter l'appareil.

Avec l'une ou l'autre de ces dispositions, la dépense d'huile est insignifiante.

Les roues de wagons sont en fonte, en fonte avec bandages seulement en fer forgé ou presque entièrement en fer forgé; nous décrivons leur mode de fabrication à l'article LOCOMOTIVE.

Les châssis qui supportent les caisses des wagons sont munis ordinairement de ressorts ou tampons de chocs, et d'autres ressorts au moyen desquels on communique la traction d'un wagon à l'autre. Ces ressorts sont souvent en caoutchouc. Les wagons sont réunis entre eux par des barres et des chaînes d'attelage.

Il nous reste quelques détails à donner sur la forme des caisses de voitures. Cette forme doit évidemment dépendre de la nature des matières qui doivent charger le wagon. Nous aurons à examiner :

- | | | |
|---|---|---------------------------|
| 4 ^o Wagons de terrassement | } | versant par devant; |
| | | — sur le côté; |
| 2 ^o Wagons d'ensablement / employés à l'entretien du sable sur la voie); | } | — par devant et sur côté; |

3 ^e Wagons pour le transport de la houille	}	engros mor-
		ceaux ;
4 ^e Wagons	—	des métaux ;
5 ^e Wagons	—	des balles de coton ;
6 ^e Wagons	—	des grandes pièces de bois, grands arbres, solives ;
7 ^e Wagons	—	de la chaux ;
8 ^e Wagons	—	des voyageurs ;
9 ^e Wagons	—	des bestiaux ;
10 ^e Wagons	—	des voitures particulières ;
11 ^e Wagons-postes.		

Les wagons qui versent par le bout servent à allonger le remblai ; ceux qui versent par le côté l'élargissent.

Les wagons d'ensablement sont spécialement destinés à entretenir le sable du chemin ; ils sont portés sur ressorts en bois. La caisse est rectangulaire ; le chargement et le déchargement s'exécutent à la pelle.

Les wagons pour la houille en gros morceaux sont rectangulaires ; on charge et l'on décharge à la main.

Pour la houille menue, le fond de la caisse peut s'ouvrir ; on décharge la houille dans des espèces de cuves communiquant avec la voie.

Les caisses pour le transport de la chaux sont en tôle, parce que souvent la chaux est encore chaude quand on la transporte ; les métaux reposent sur de simples châssis horizontaux.

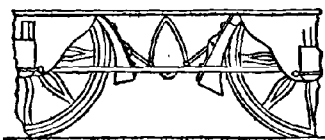
Pour le transport des cotons de Liverpool à Manchester, on pose simplement sur un châssis un plancher sur lequel on place deux files de rails ; sur ces rails, on pose les balles de coton. On conçoit facilement avec quelle célérité peut s'opérer le chargement ou le déchargement.

Le transport des grandes pièces de bois se fait à l'aide de deux trains de wagons reliés par une chaîne et un peu moins distants que la longueur des arbres.

Les wagons qui servent au transport des voyageurs sont des caisses de forme analogue à celle des diligences, mais plus grandes.

Dans les voitures à six roues, ces caisses peuvent contenir de 2¹/₂ à 40 voyageurs à l'intérieur, suivant leur classe, et quelquefois, en outre, 16 à 20 voyageurs sur l'impériale.

Ordinairement dans les convois de voyageurs, on met un frein à une voiture sur cinq ; il se manœuvre de l'impériale de la voiture, et se compose d'une barre de fer à vis munie d'une manette : la fig. 512 montre



512.

la disposition la plus généralement adoptée. En tournant cette manette, on fait agir des leviers qui serrent ou desserrent le frein. Cette disposition a l'inconvénient de tendre à écarter les essieux,

Sur quelques plans inclinés, on emploie une autre espèce de freins beaucoup plus énergiques, et dont l'invention est due à M. Laignel ; ces freins consistent en des espèces de sabots, armés d'une pièce de fer dont la section est pareille à celle d'un bandage de roue et qui sont placés entre les roues des wagons ; des manivelles à vis permettent de presser fortement les sabots sur les rails et de transformer le mouvement de roulement des wagons en mouvement de glissement sans endommager les roues. On peut avec ces freins gra-

duer le frottement à tous les degrés nécessaires et même soulever les roues au-dessus des rails.

Les wagons pour bestiaux ne sont autres que des cages portées sur des châssis. Ceux qui servent à transporter les voitures ne sont que de simples plates-formes.

Enfin on a établi des wagons-postes : ils contiennent un bureau de poste, et la distribution des lettres se fait sur le parcours de la ligne.

Exploitation des chemins de fer. L'exploitation comprend tous les services qu'il est nécessaire d'organiser, après la construction d'un chemin de fer, pour effectuer le mouvement des machines et des wagons. Elle se divise en trois branches principales, savoir : l'entretien et la surveillance de la voie, l'entretien du matériel et la traction, le mouvement des voyageurs et des marchandises. Sur la plupart des chemins anglais et sur quelques chemins français, l'entretien de la voie, celui du matériel roulant et la traction, sont donnés à des entrepreneurs spéciaux. Le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas d'entrer dans les détails de l'exploitation, et nous nous contenterons seulement de dire quelques mots sur les signaux dont le service, l'organisation plus ou moins étendue et parfaite ont la plus grande influence sur la régularité de l'exploitation, la suppression des accidents et les moyens d'y porter remède le plus promptement possible.

On peut distinguer les signaux en signaux fixes et en signaux mobiles. Les signaux fixes, employés surtout sur les lignes anglaises et allemandes, sont placés aux stations, un pour chaque voie à 100 ou 200 mètres en avant du point de stationnement des trains. On en place aussi aux points d'embranchement et dans les sommets des courbes lorsqu'elles conduisent à des stations rapprochées, ou que, par les conditions locales, elles empêchent le mécanicien de voir à une distance convenable en avant. L'objet des signaux fixes doit être d'attirer l'attention des mécaniciens à la plus grande distance possible, 400 à 500 mètres au moins, afin de leur donner assez de temps pour amortir leur vitesse et pouvoir s'arrêter sans dépasser le poteau du signal. Durant le jour, c'est autant et même plus par la forme et la position que par la couleur, que cette attention doit être excitée ; car, à une grande distance, il est souvent difficile de juger de la couleur d'un signal peint ; aussi la tendance générale actuelle conduit-elle à l'adoption des signaux dont le principe consiste à donner des indications télégraphiques faisant connaître, d'après des conventions établies, les diverses circonstances de la voie.

En France on trouve assez peu de ces signaux fixes ; en Allemagne, au contraire, où la majeure partie des chemins sont encore à une seule voie, ils forment le long de la voie une ligne non interrompue qui sert à annoncer immédiatement le départ d'un train jusqu'à la station la plus proche, afin d'empêcher un second train de s'engager en sens contraire sur la même voie, ou bien pour le faire rétrograder s'il s'est déjà mis en marche ; ils servent aussi pour les demandes de secours.

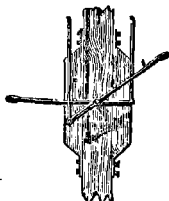
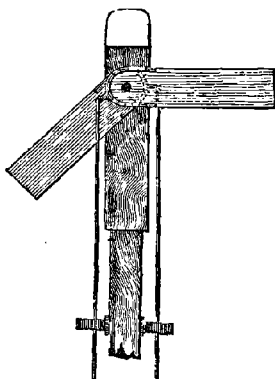
Quelquefois ces signaux se composent d'objets tels que ballons, disques, girouettes, points de diverses couleurs sur leurs faces, que l'on hisse à diverses hauteurs le long d'un mât, ou que l'on fait tourner autour de ce mât de manière à présenter dans chaque position d'arrêt une silhouette et une couleur bien tranchée ; la nuit on les remplace par des lanternes munies sur leurs faces de verres ou de lentilles de couleurs différentes. Le plus ordinairement ces signaux sont formés d'un mât de 10 à 15 mètres de hauteur portant à sa partie supérieure deux bras aplatis, mobiles autour d'un axe parallèle à la disposition de la voie, et que l'on manœuvre d'en bas comme il est indiqué fig. 513, de manière à les amener et fixer sans effort dans trois posi-

tions différentes, verticale, horizontale, et inclinée à 45°. Ces bras, qui ont parfois 4^m,40 et plus de longueur, sont souvent composés d'un cadre garni de lames de persiennes, ce qui en diminue considérablement le poids et affaiblit l'action du vent.

La difficulté de combiner les signaux de nuit a amené M. Treuttler à une modification très ingénieuse de l'appareil précédent, actuellement employée sur plusieurs chemins allemands. Dans ce télégraphe, les lames de persiennes sont remplacées par des miroirs inclinés alternativement, en sens contraire et de quantités variables, sur l'axe de rotation; une lanterne à double courant d'air placée sur le prolongement de cet axe, à une certaine distance des deux becs, lance sa lumière sur les miroirs qui sont inclinés de manière à la réfléchir parallèlement à la voie; les bras sont toujours portés par un mât de perroquet et les lanternes par les montants reliés avec le mât par des traverses. Les lanternes étant placées sur l'axe de rotation des bras, les miroirs conservent dans toutes les positions la même inclinaison sur cet axe; les bras forment, depuis la distance de 400 mètres environ jusqu'à celle de 4,000 à 4,200 mètres, à laquelle les signaux cessent d'être nettement perceptibles, deux bandes lumineuses avec lesquelles on reproduit exactement tous les signaux du jour. Les cadres qui reçoivent les miroirs sont peints en rouge et servent, aussi bien que les bras des télégraphes ordinaires, à reproduire les signaux pendant la journée. En modifiant la couleur des lanternes, on obtient des bandes lumineuses de couleurs différentes, qui sont également utilisées dans la composition des signaux.

Lorsque les stations sont placées dans l'intérieur ou à l'extrémité des courbes, à l'entrée ou à la sortie d'un tunnel, cachées par des ponts traversant la voie, ou en un mot situées de telle sorte que les signaux fixes, disposés de chaque côté de ces stations, ne soient pas visibles à une distance suffisante pour donner aux mécaniciens des trains montants ou descendants les indications nécessaires, on dispose deux ou trois signaux fixes à la suite les uns des autres pour arriver au résultat voulu, ou bien on se sert d'un seul signal situé à 500 ou 600 mètres de la station, et que le chef de la station peut manœuvrer lui-même, sans se déplacer, au moyen d'un fil de cuivre soutenu par des rouleaux et des poulies de changement de direction, que portent des poteaux espacés de 6 à 8 mètres, et qui sert à transmettre le mouvement au signal, lequel est ramené dans sa position normale au moyen d'un contre-poids fixé à l'autre extrémité du levier sur lequel agit le fil de cuivre.

Les signaux mobiles sont des drapeaux et des lan-



513.

ternes de diverses couleurs, qui servent aux divers employés chargés de la surveillance ou de la réparation de la voie à transmettre aux trains les indications que comporte la situation de la voie.

Dans les temps de brouillard ces divers signaux ne peuvent être aperçus par les mécaniciens, et par conséquent ils sont inefficaces. On a ainsi été conduit à employer sur les chemins anglais des signaux détonnants, dits *couper fog-signals*, qui consistent en une petite boîte en fer-blanc, ayant la forme d'un cylindre aplati, de 0^m,05 à 0^m,06 de diamètre sur 0^m,04 de hauteur, et remplie d'une matière détonnante. On fixe cette boîte sur le rail au moyen de deux petits morceaux de plomb coupés en lanière et soudés à la boîte. Lorsque la roue de la machine passe sur ce pétard, elle l'écrase en le faisant éclater avec un bruit qui ne peut manquer d'être entendu par le mécanicien. Celui-ci arrête alors aussi promptement que possible, et le conducteur chef du train, ainsi averti, envoie immédiatement en arrière un conducteur pour opérer comme a fait le conducteur chef du train précédent, c'est-à-dire placer à 400 ou 500 mètres, ou bien de 400 mètres en 400 mètres, des signaux-pétards afin de protéger son train; puis il fait avancer lentement la machine remorquant son train jusqu'au lieu, nécessairement rapproché, où se trouve le train en retard, arrêté par suite d'accident ou autrement. Lorsque outre le brouillard il tombe de la neige, on emploie des pétards en forme de calotte sphérique, reposant par le plat sur le rail et que l'on tire comme les précédents; cette forme permet aux pétards de rester sur le rail, malgré l'action des balais attachés alors au chasse-pierre de la machine pour enlever la neige tombée sur les rails.

Il est impossible de parler des signaux de chemins de fer sans dire au moins quelques mots du TÉLÉGRAPHE ÉLECTRIQUE, comme auxiliaire général de l'exploitation. Son emploi n'exclut point celui des moyens de précaution que nous venons d'indiquer; mais, sur une grande ligne principalement, il est du plus grand secours pour faciliter l'exploitation, et il peut prévenir les accidents dans une limite très étendue. La facilité qu'il procure pour connaître les causes de retard des trains fait que l'on économise l'envoi des machines de secours, qui, le plus souvent, sont expédiées inutilement. En cas d'accident, non-seulement on sait immédiatement le lieu et l'étendue, ce qui permet d'y remédier avec efficacité et rapidité, mais encore on peut aussi arrêter les départs successifs des trains réguliers qui, à défaut des indications rapides du télégraphe électrique, iraient encombrer les voies, causer peut-être de nouveaux accidents et empêcher l'action énergique des secours.

Frais de construction et d'exploitation des chemins de fer. D'une part le prix des terrains, de l'autre celui de la main-d'œuvre, et surtout le plus ou moins d'importance des travaux d'art que nécessitent le tracé adopté et le relief du terrain, le nombre, la position, et le plus ou moins de développement des gares, stations, ateliers et autres dépendances du chemin, font varier dans des limites très étendues le prix de revient de la chaussée d'un chemin de fer. Le prix de la voie de fer ne l'est pas moins, suivant que le chemin est à une ou deux voies, le poids des rails adoptés, etc.

Il est tout aussi difficile de poser des chiffres absolus pour l'entretien de la voie et les frais de traction, qui dépendent du tracé du chemin, de la circulation à laquelle il donne lieu, du prix et de la qualité du combustible, etc.

Pour donner une idée de ces divers frais, nous pensons qu'il est plus convenable de donner des chiffres se rapportant à des chemins établis dans des conditions différentes, et que nous avons réunis dans le tableau qui suit, que de poser dans l'espèce des chiffres généraux :

CHEMIN DE FER.

CHEMIN DE FER.

Frais d'établissement et d'exploitation des principaux chemins de fer.

NOMS DES CHEMINS DE FER.	LONGUEUR exploitée en kilomètres.	FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR KILOMÈTRE :					DÉPENSE PAR KILOMÈTRE :				PRODUIT brut par kilomètre.		
		Terrains. fr.	Terrasse- ments et travaux d'art. fr.	Stations et bâtimens de service. fr.	Voie de fer et sa pose. fr.	Matériel. fr.	Adminis- tration et frais généraux. fr.	Entretien et sur- veillance de la voie fr.	Exploitation. fr.	Adminis- tration et frais généraux. fr.		TOTAL. fr.	
<i>Chemins à une seule voie desservis par des chevaux.</i>													
Nuremberg à Furtth.	6 "	42,852	2,482	6,770	26,979	40,016	5,472	64,571	4,863	5,213	4,439	8,515	41,667
Budweis à Linz et Gmünd.	197 "	"	"	"	"	"	"	33,510	"	"	"	"	"
<i>Chemins à une seule voie et à locomotives.</i>													
Berlin à Francfort-sur-l'Oder.	81,2	44,261	24,403	48,254	35,247	49,549	8,052	416,496	4,370	3,286	740	5,396	8,921
Bonn à Cologne.	29,3	29,742	43,772	46,457	32,779	22,088	696	415,534	2,184	3,531	779	6,494	"
Moyenne des chemins de fer de l'Etat de New-York.	4005 "	"	"	"	"	"	"	86,315	"	"	"	"	42,095
<i>Chemins à double voie et à locomotives.</i>													
Leipzig à Dresde	114,6	26,552	469,742	"	42,733	26,600	"	496,412	2,113	6,634	564	9,314	47,459
Berlin à Potsdam.	26,3	"	32,709	34,434	"	50,986	6,599	494,033	3,753	8,496	4,125	13,074	45,787
Moyenne des chemins belges.	539 "	"	"	"	"	"	"	293,495	"	"	"	45,140	26,343
Moyenne des chemins anglais.	6624 "	"	"	"	"	"	"	570,080	"	"	"	43,000	51,650
<i>Chemins à double voie et à locomotives.</i>													
Amiens à Boulogne.	424 "	37,280	142,930	"	60,790	36,100	37,900	315,000	2,383	42,474	813	40,874	44,398
Nord.	585 "	"	"	"	"	"	"	350,000	2,383	42,474	813	45,370	41,000
Versailles (rive gauche).	47 "	"	"	"	"	"	"	4,000,000	5,814	42,900	44,000	32,744	49,060
Saint Germain.	47 "	146,532	497,568	54,600	428,440	434,484	40,474	971,795	"	"	"	44,564	410,467
Versailles (rive droite).	22,5	70,553	264,000	69,004	429,621	180,844	36,388	750,410	"	"	"	28,000	50,000
Paris à Rouen.	428 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Rouen au Havre.	95 "	100,400	251,037	86,736	66,477	41,520	50,300	596,460	"	"	"	30,210	37,345
Paris à Orléans.	432 "	60,330	413,000	54,700	406,470	57,700	49,550	441,550	4,965	21,713	3,132	29,840	74,867
<i>Chemins à double voie et à locomotives.</i>													
Strasbourg à Bâle.	441 "	"	284,700	"	"	20,234	4,276	309,210	"	"	"	40,000	46,463
Saint-Etienne à Lyon.	57 "	"	"	"	"	"	"	331,727	9,436	19,302	16,272	45,010	86,378
Moyenne des lignes françaises.	2828 "	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	33,374

CHEMIN DE FER.

TARIFS LÉGAUX FIXÉS SUR LA MAJEURE PARTIE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

Voyageurs (par tête et par kilomètre, y compris l'impôt du 40° sur le prix des places) :

1 ^{re} classe (voitures couvertes, garnies et fermées à glaces)	fr. 0,4100
2 ^e classe (voitures couvertes, fermées à glaces, à banquettes rembourrées)	0,0825
3 ^e classe (voitures couvertes et fermées avec des rideaux)	0,0605

Bestiaux (par tête et par kilomètre) :

Bœufs, vaches, taureaux, chevaux, mulets, bêtes de trait	fr. 0,10
Veaux et porcs	0,04
Moutons, brebis, agneaux, chèvres	0,02

Marchandises (par tonne et par kilomètre) :

Huitres et poissons frais à la vitesse des voyageurs	fr. 0,50
Houille, marne, fumier, engrais et cendres	0,40
Pierres à chaux et à plâtre, moellons, meulrières, cailloux, sable, argile, tuiles, briques, ardoises, pavés et matériaux de toute espèce pour la construction et la réparation des routes	0,14

Blés, grains, farines, sels, chaux et plâtre, minerais, coke, charbon de bois, bois à brûler, perches, chevrons, planches, madriers, bois de charpente, marbre en bloc, pierre de taille, bitume, fonte brute, fer en barres ou en feuilles, plomb en saumons	0,46
---	------

Fontes moulées, fer et plomb ouvrés, cuivre et autres métaux ouvrés ou non, vinaigres, vins, boissons, spiritueux, huiles, cotons et autres lainages, bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques, sucres, cafés, drogues, épiceries, denrées coloniales et objets manufacturés	0,48
--	------

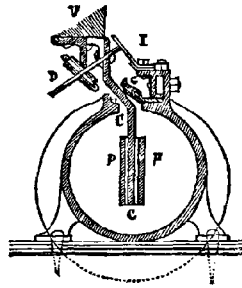
Objets divers (par pièce et par kilomètre) :

Voitures à deux ou à quatre roues, à un fond et à une seule banquette dans l'intérieur	fr. 0,25
Voitures à quatre roues, à deux fonds et à deux banquettes dans l'intérieur	0,32

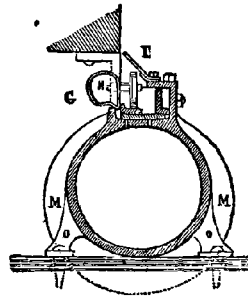
CHEMIN DE FER ATMOSPHÉRIQUE. La première idée d'un chemin de fer atmosphérique est due à un Anglais nommé Vallance, qui la conçut dès 1824 ; mais elle ne fut mise en exécution que beaucoup plus tard par MM. Clegg et Samuda, qui établirent un chemin de cette espèce de 2,722 mètres de longueur, en Irlande, entre Kingstown et Dalkey. Voici en quoi consiste ce système :

Au milieu de la voie se trouve un tuyau en fonte alésé à l'intérieur, dans lequel se meut un piston qui le divise en deux parties ; si à l'aide d'une machine pneumatique on fait le vide dans l'une de ces parties, le piston se mouvra en vertu de la différence des pressions exercées sur ses deux faces et pourra entraîner dans son mouvement un poids variable, dépendant de l'étendue de sa surface et de la perfection du vide ; toute la question consiste donc à transmettre le mouvement de ce piston au convoi. La tige métallique C (fig. 514) fixée au premier wagon du convoi est liée à un châssis qui porte à une de ses extrémités le piston moteur, et à l'autre un contre-poids qui sert à l'équilibrer. Ce châssis porte quatre galets, qui soulèvent dans leur marche une soupape longitudinale qui donne passage à la tige métallique. La soupape longitudinale se compose d'une bande de cuir G, renforcée en dessus et en des-

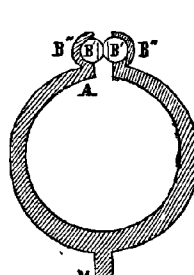
CHEMIN DE FER.



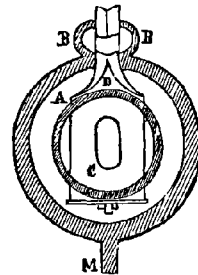
514.



515.



516.



517.

sous par deux bandes de tôle. Après le passage de la tige C dans la rainure longitudinale, un rouleau R placé en arrière vient la fermer (fig. 515), et un tube N rempli de charbons incandescents liquéfie un mélange de cire et de suif qui recouvre la soupape, et en assure ainsi la fermeture parfaite.

M. Hallette avait proposé de remplacer la soupape compliquée que nous venons de décrire par deux boyaux en cuir, ou autre tissu quelconque imperméable, remplis d'air comprimé ; ces deux boyaux seraient renfermés sur la plus grande partie de leur pourtour, dans deux petits tubes placés sur les deux rebords parallèles de la rainure du tube propulseur (fig. 516 et 517), de manière cependant à se presser par une

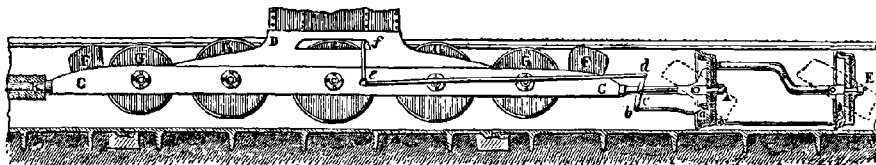
partie de leur surface. Ces boyaux étant élastiques laisseraient aisément passer la tige métallique communiquant au convoi le mouvement du piston, et se refermeraient d'eux-mêmes immédiatement après. M. Hédard a aussi inventé un mode de fermeture assez satisfaisant, et qui consiste en deux ressorts flexibles formant deux lèvres et serrant un cuir gras.

Nous n'insisterons pas sur les imperfections évidentes d'un système aujourd'hui abandonné. D'un côté, les pertes par la soupape longitudinale (si difficile à conserver hermétiquement fermée sur de grandes longueurs) sont considérables, et croissent proportionnellement à la longueur du tube propulseur ; de l'autre, le frottement du piston contre les parois du tube propulseur, étant un frottement de glissement, est assez considérable par suite de l'étendue des surfaces frottantes, le piston ayant un fort diamètre. Sous ce rapport, le piston adopté au chemin de fer de Paris à Saint-Germain, et qui représente la fig. 514, est très bien combiné. Il se compose d'un disque d'un diamètre

un peu inférieur à celui du tuyau, et portant un cuir embouti pour rendre la fermeture complète. Un double piston assure toute garantie à cet égard.

Indiquons aussi l'avantage qu'offre ce piston, qu'il suffit de l'incliner à l'aide du levier *se* pour que le système se meuve sans résistance, par exemple pour descendre, par la seule action de la gravité, la pente que le chemin atmosphérique a pour objet de franchir.

Le chemin de fer atmosphérique n'a pas dépassé l'état d'essai; aussi les questions de passage de ni-



518.

veau, des changements et croisements de voies, etc., sont loin d'être résolues d'une manière satisfaisante, et rien ne prouve qu'on puisse atteindre ce résultat. Malgré cela, nous pensons qu'il ne sera pas sans intérêt de dire quelques mots sur le chemin qui se relie à celui de Paris au Pecq, et arrive au pied du château de Saint-Germain, sur la place de l'église principale et à l'entrée de la forêt. Le système atmosphérique y est établi sur une longueur de 2,500 mètres, depuis la plaine, dans le bois du Vésinet, jusqu'au plateau, dans le parterre de Saint-Germain; une différence de niveau de 54 mètres est rachetée par une pente de 1,950 mètres. Deux doubles machines à vapeur sont placées à Saint-Germain; les cylindres des machines à vapeur ont 0^m,80 de diamètre; les pistons ont 2 mètres de course et 2 mètres de vitesse par seconde. Les pistons des cylindres pneumatiques ont 2^m,53 de diamètre et 2 mètres de course; leur vitesse est de 0^m,40 par seconde, et ils aspirent chacun, dans cet intervalle de temps, 2 mètres cubes d'air. Les quatre cylindres des machines à vapeur ci-dessus représentent une force de 400 chevaux-vapeur. Les chaudières occupent un vaste bâtiment et se composent de 42 corps cylindriques réunis deux à deux et avec un foyer par couple; chaque corps cylindrique a 3 mètres de long et 1^m,40 de diamètre, et au-dessus sont des réservoirs cylindriques de vapeur de 0^m,80 de diamètre et de 2^m,50 de hauteur. Comme ces machines ne sont destinées à fonctionner que 3 à 4 minutes par chaque passage de train, on tient le feu constamment allumé sans trop de dépenses en fermant les registres de tirage, et, au moment voulu, on le ranime à l'aide d'un ventilateur. La consommation est d'environ 3,000 kilos de charbon par 24 heures. Deux petites machines séparées, de la force de 25 chevaux, font le service de l'eau pour les chaudières et de la condensation pour les machines; elles font également la ventilation du foyer et les manœuvres de descente du train, à l'aide de cabestans pneumatiques; une autre machine placée au bas de la côte élève l'eau de la Seine pour alimenter les appareils. Ces diverses machines sont sorties de l'atelier de M. Hallette, d'Arras, et ont été construites sur les plans et sous la direction de M. Eugène Flachet. Un télégraphe électrique correspond avec le bois du Vésinet, et transmet aux machines les signaux pour leur mise en mouvement, car la puissance des machines est telle que l'on ne fait le vide qu'au moment où le train est attaché au piston. On évite ainsi un des grands inconvénients du système, les rentrées continuelles de l'air par la soupape, lorsqu'on veut préparer le vide à l'avance.

À la rampe de Saint-Germain, le tube propulseur a

0^m,63 de diamètre, pèse 500 kilos par mètre courant et coûte seul environ 200,000 fr. par kilomètre. Le prix total du chemin de fer atmosphérique s'est élevé à 1,800,000 fr. par kilomètre.

La vitesse obtenue régulièrement depuis l'ouverture du chemin atmosphérique de Saint-Germain, qui a eu lieu le 14 avril 1847, varie, suivant la pesanteur des convois, de 32 à 70 kilomètres à l'heure. Un wagon, chargé d'un poids égal à celui de 40 voyageurs, lancé dans la gare de Saint-Germain et abandonné à lui-

même, acquiert dans la descente une vitesse maximum de 77 kilomètres à l'heure, qu'il perd ensuite peu à peu jusqu'à son arrêt naturel sur la partie horizontale dans le bois du Vésinet.

F. DEBETTE.

CHEMINÉE (*angl.* chimney, *all.* schornstein). L'invention des cheminées ne remonte qu'au moyen âge. Ce fut *Mongolfer*, le célèbre inventeur des ballons, qui s'occupa le premier de leur tirage, et reconnut qu'il était dû à la différence de température qui existait dans leur intérieur et à leur extérieur. Soit h la hauteur verticale de la cheminée, $\alpha = 0,00366$ la dilatation de l'air pour 1° C., t la température ambiante, et t' celle de l'air chaud qui remplit la cheminée; la hauteur que prendrait une colonne d'air, remplissant la cheminée, à la température t , en passant à la température t' , étant

$$h \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t}, \text{ la hauteur motrice sera}$$

$$h \frac{1 + \alpha t'}{1 + \alpha t} - h = h \frac{\alpha(t' - t)}{1 + \alpha t} \text{ ou approximativement, en}$$

remarquant que αt est très faible et peut être négligé, $\alpha h(t' - t)$, de sorte que la vitesse théorique du courant d'air chaud ascendant sera $v = \sqrt{2gxh(t' - t)}$. Mais la vitesse réelle est beaucoup plus faible, ce qui tient, d'une part, à ce que l'air chaud entrant dans une cheminée par la partie inférieure se refroidit graduellement à mesure qu'il s'élève, par l'effet de l'irradiation et du contact des parois, proportionnellement à la différence de sa température et de celle de l'air extérieur, et en raison inverse de la vitesse du courant et du diamètre de la cheminée; et d'autre part, à l'effet du frottement qu'éprouve la colonne d'air chaud contre les parois. MM. Girard et d'Aubuisson ont prouvé que la résistance que les tuyaux de conduite opposent au mouvement des gaz, est proportionnelle au carré de la vitesse et à la longueur des tuyaux, qu'elle croît en raison inverse des diamètres, et qu'elle varie aussi selon la nature de la matière dont ces tuyaux sont formés; elle est plus grande dans les tuyaux de terre cuite que dans ceux de tôle, et plus grande dans ces derniers que dans ceux de fonte. M. Péclét a reconnu par expérience que la même loi s'applique exactement au mouvement de l'air chaud dans les cheminées. Quoique la fonte et la tôle, étant beaucoup meilleurs conducteurs de la chaleur que la brique, occasionnent dans les courants d'air chaud un refroidissement beaucoup plus rapide, il en résulte que les cheminées à parois métalliques tirent mieux que celles en briques; cependant celles-ci, étant beaucoup plus solides et plus durables, sont généralement préférées.

La résistance due au frottement du courant d'air

chaud ascendant contre les parois étant en raison inverse de l'aire de section et proportionnelle à son périmètre, il convient de choisir pour la forme de la section intérieure celle qui, sous le même périmètre présente l'aire maximum, c'est-à-dire le cercle; la forme la plus convenable à donner à la section intérieure des cheminées, sous le rapport du tirage, est donc la forme circulaire, et c'est maintenant celle que l'on adopte généralement pour les cheminées des chaudières à vapeur.

Lorsqu'on rétrécit l'orifice supérieur d'une cheminée en y adaptant un diaphragme, la dépense d'air et par conséquent le tirage diminuent, mais non pas proportionnellement à l'ouverture du diaphragme; parce que la vitesse à l'intérieur, le long des parois, diminuant en même temps, la résistance due au frottement devient moindre, et qu'on raison de cela la vitesse d'écoulement par le diaphragme augmente; de telle sorte que si le diamètre de la cheminée était grand par rapport au diamètre du diaphragme, la vitesse de l'air à l'orifice serait presque égale à la vitesse théorique. Quand le diaphragme est placé à la partie inférieure, les effets sont à peu près les mêmes, et la diminution de dépense est encore moindre, parce que la vitesse d'écoulement à l'orifice supérieur ne dépend que de la pression et non du diamètre, et que la dépense augmente avec celui-ci.

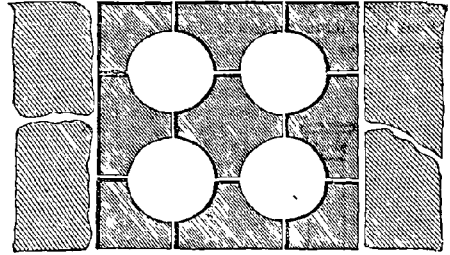
On voit d'après ce qui précède que l'activité du tirage peut s'obtenir soit en donnant aux cheminées une grande hauteur, soit en augmentant leur diamètre intérieur; si l'on prend en considération le prix de la main d'œuvre et le refroidissement graduel de la colonne d'air chaud, on sera porté, toutes choses égales d'ailleurs, à donner la préférence à ce dernier procédé, qui permet en outre de diminuer la résistance due aux frottements contre les parois, en ayant soin de disposer, dans l'intérieur de la cheminée, un ou plusieurs diaphragmes d'un diamètre convenable; il est nécessaire dans ce dernier cas que le diamètre de ces diaphragmes soit tel que l'air chaud ne s'écoule pas au dehors avec une vitesse de moins de 3 à 4^m par seconde, afin que le courant puisse résister à l'action des vents extérieurs et ne soit pas refoulé dans la cheminée.

Il est très difficile, pour ne pas dire impossible, dans la plupart des cas, de mesurer la température de l'air sortant, afin de pouvoir déterminer la température moyenne de l'air dans la cheminée, ainsi que de déterminer la perte de force vive due au frottement des parois; ce qu'il y aurait de mieux à faire serait d'apprécier en bloc toutes ces résistances en comparant, dans un grand nombre de cas, la vitesse théorique de l'air donnée par la formule que nous avons établie plus haut, avec la vitesse réelle mesurée directement au moyen de l'*anémomètre* de M. Combes, que nous décrirons à l'article VENTILATION. Des mesures faites avec des instruments moins précis ont montré que la vitesse réelle n'était que $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{5}$ de la vitesse théorique.

Nous avons déjà donné dans cet ouvrage les règles pratiques qui servent à déterminer les dimensions des grilles et cheminées des CHAUDIÈRES À VAPEUR; il est inutile d'y revenir ici. Les cheminées des maisons d'habitation ont proportionnellement une section beaucoup plus considérable, ce qui tient au mode de ramonage généralement adopté et qui ne permet pas de descendre au-dessous de certaines dimensions; il en résulte que la vitesse de sortie de l'air étant très faible, le moindre vent rabat la fumée dans l'intérieur des cheminées et les fait fumer; il serait très facile de parer à cet inconvénient en plaçant dans l'intérieur de chaque cheminée, un ou plusieurs diaphragmes mobiles de diamètre convenable, de manière à donner une vitesse suffisante au courant d'air chaud; ce procédé, beaucoup plus simple que tous les appareils inventés jusqu'à ce jour par les fumistes, est d'un emploi certain, et nous sommes en droit de nous étonner qu'il n'ait encore été appliqué

presque nulle part, ce qui pourrait se faire dans toutes les cheminées à peu de frais, sans changer leurs dimensions et le mode de ramonage habituel.

Ce qu'il y a de mieux pour les maisons d'habitation, sont les cheminées en briques à section intérieure circulaire



540.

culaire (fig. 544) de M. Gourlier; ces cheminées, placées dans l'intérieur des murs, n'en augmentent pas l'épaisseur et n'en diminuent pas la solidité; elles peuvent se ramoner facilement en y promenant un fagot d'épines attaché par les deux bouts à des cordes de la longueur de la cheminée.

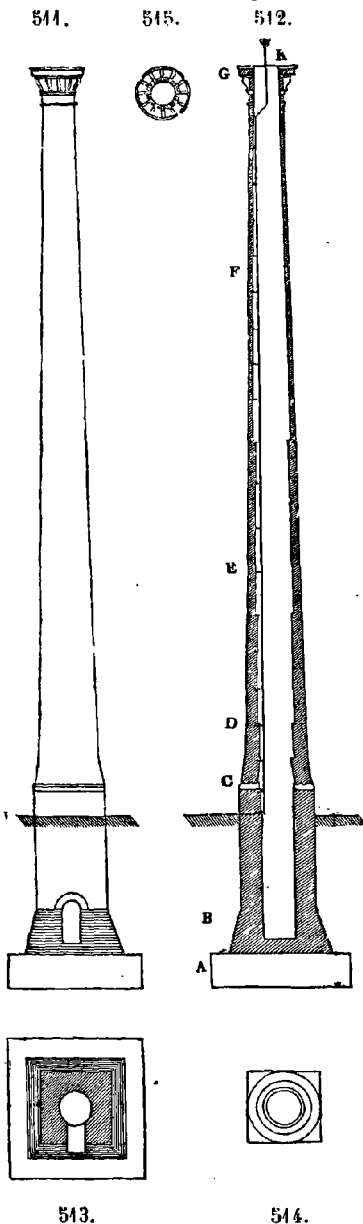
L'établissement des cheminées hautes et isolées, telles que celles des chaudières à vapeur, etc., se faisait autrefois à l'aide d'un échafaudage extérieur et était très coûteux. Actuellement on les construit sans aucun échafaudage, en encastrant dans la maçonnerie, à l'intérieur, des barres de fer que l'on espace de 0^m,60, et qui forment une échelle au moyen de laquelle on s'élève aisément dans la cheminée; cette échelle sert à la construction et aux réparations. Un bon ouvrier, aidé d'un manoeuvre qui lui passe les briques et le mortier, peut élever en quelques semaines une cheminée de 13 mètres de hauteur, ayant de diamètre à la base, extérieurement, 4^m,70, et intérieurement 0^m,80, et au sommet, extérieurement 0^m,70, et intérieurement 0^m,50. Pour alléger les cheminées et pour leur donner plus de solidité, on les construit en plusieurs assises, superposées comme on le voit plus loin fig. 544; on comprend sans peine qu'il faille leur donner une certaine épaisseur à la base, pour qu'elles puissent résister aux coups de vent et ne pas souffrir de l'action des gaz chauds qui y affluent. Lorsqu'une pareille cheminée doit desservir plusieurs foyers, il faut que la section soit au moins égale à la somme des sections des rampants qui viennent y déboucher.

Comme lors de la mise en feu, les cheminées d'appel sont remplies d'air froid et ne produisent aucun tirage, il est nécessaire de faire au bas de la cheminée un feu très vif avec de la paille, ou toute autre matière facilement combustible. Du reste, les grandes cheminées conservent leur chaleur pendant assez de temps, pour qu'elles puissent reprendre immédiatement leur service sans échauffement préalable, après une interruption de quelques jours. Pour certaines cheminées d'appel, comme celles qui servent à la ventilation, on construit près de leur base un petit fourneau particulier, dit *fourneau d'appel*, qui sert à lancer dans la cheminée la quantité d'air chaud nécessaire pour déterminer le tirage.

Comme les hautes cheminées courent le danger d'être frappées par la foudre, il convient de les munir d'un paratonnerre dont la chaîne descend le long des parois extérieures ou intérieures et s'enfonce dans le sol comme à l'ordinaire. Il vaut toujours mieux donner aux cheminées plus de hauteur qu'il n'est nécessaire, car on peut toujours diminuer le tirage au moyen de registres, convenablement placés, tandis qu'on ne peut l'augmenter

ter, ce dont on a besoin dans certains cas, lorsque par exemple, en été, la température extérieure est très élevée, ce qui diminue d'autant la force motrice, et rend plus considérable la consommation en combustible, car on sait qu'une combustion vive consommant une quantité d'air moins considérable, produit un effet calorifique beaucoup plus grand qu'une combustion lente.

Comme exemple de construction d'une cheminée, nous donnerons l'une de celles construites, d'après les dessins du célèbre ingénieur Robert Stephenson, pour les chaudières des deux machines à vapeur, de la force



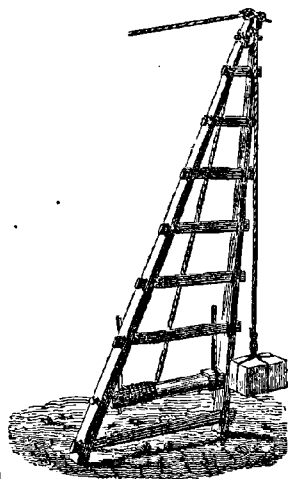
de soixante chevaux chacune, établies sur le chemin de fer de Londres à Birmingham, près de Camden, et ser-

vant à remonter les trains sur le plan incliné de Hampstead.

La fig. 511 en représente l'élévation; la fig. 512, la coupe verticale; la fig. 513, la coupe horizontale au niveau du rampant; la fig. 514, la coupe horizontale au niveau du sol; et la fig. 515 est le plan du chapiteau G qui surmonte la colonne. La fondation A de la cheminée est un massif en pierres de taille à base carrée de 7^m,20 de côté et de 4^m,80 de hauteur; au-dessus est un tronc de pyramide en briques ayant à la base 5^m,70 de côté, supportant un prisme de 3 mètres de côté qui s'élève jusqu'au niveau du sol II. La partie inférieure de la cheminée CD, se raccorde par un arc de cerceau de 35 mètres de rayon avec la partie moyenne E de la cheminée, qui a 45 mètres de haut et qui porte la partie supérieure F, ayant 48 mètres de hauteur; enfin le tout est couronné par le chapiteau G construit en pierres de taille consolidées par un anneau en fer. K est le paratonnerre.

La plus haute cheminée qui existe au monde est une cheminée construite dernièrement à Manchester, et qui a 125 mètres de hauteur, son diamètre extérieur à la base est de 7^m,50, et au sommet de 2^m,70; on y a employé 4,000,000 de briques.

CHEVRE. On appelle chèvre une machine très employée dans les constructions pour élever les matériaux. Elle se compose essentiellement (fig. 4) d'un treuil dont l'axe tourne entre deux montants qui se réunissent au-dessus de lui, et qui



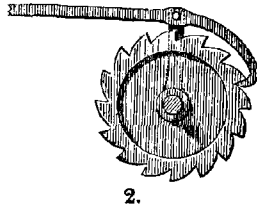
4.

à leur jonction portent une poulie. La corde attachée au fardeau à élever passe sur cette poulie et vient s'enrouler sur le treuil, que l'on manœuvre à l'aide de leviers. La chèvre est maintenue dans une position presque verticale à l'aide d'une corde attachée d'une part à l'extrémité supérieure, et de l'autre à un point fixe situé dans le voisinage. La chèvre n'est en réalité qu'un mode d'emploi du treuil pour élever des fardeaux suivant une verticale placée en

avant de celle qui passe par l'axe du treuil. Il est bien clair que le hanban qui maintient la chèvre est tendu en raison de l'inclinaison que l'on donne à celle-ci, et que la flexion qu'éprouvent les montants suit la même loi, d'où l'on doit conclure que la chèvre doit toujours être employée à une faible inclinaison sur la verticale.

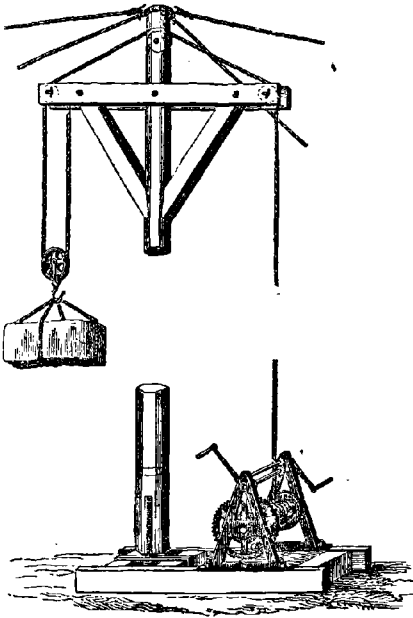
L'emploi de la chèvre, disposée, par exemple, à la partie supérieure d'un édifice en construction, offre des inconvénients nombreux, tant par la nécessité de la déplacer à mesure que l'on s'élève, que par la lenteur et la gêne qu'offrent les placements et déplacements des leviers. On ne peut guère songer à compléter notablement le mécanisme d'une machine dont la légèreté et la simplicité font le principal mérite. Nous citerons, parmi les essais tentés dans cette direction, la disposition due à M. Neveu, représentée fig. 1560, article MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE, qui permet de remplacer avec avantage la corde qui s'enroule autour du treuil par une chaîne en fer.

Il est aussi une disposition que nous avons vu appliquer avec avantage dans l'artillerie, et qui est due à un capitaine d'ouvriers d'artillerie nommé M. Laurent, et qui a été imitée par plusieurs entrepreneurs de la capitale. Elle consiste à munir l'extrémité du treuil d'une espèce de roue à rochet (fig. 2), et à monter sur l'axe un levier tournant librement sur lui, à l'extrémité duquel est articulée une espèce de dent terminée par un long levier en fer, ou par une boîte dans laquelle s'engage l'extrémité d'un levier en bois. En soulevant l'extrémité de ce levier le rochet avance de deux ou trois dents; en l'abattant il fait tourner le treuil de l'arc correspondant à ces deux ou trois dents. On peut rendre ces mouvements alternatifs très rapides quand le poids du fardeau n'est pas trop considérable, et gagner ainsi beaucoup de temps sur la manœuvre ordinaire de la chèvre. Il va sans dire qu'un encliquetage empêche tout mouvement de recul du treuil.



2.

Depuis quelques années on emploie beaucoup à Paris, surtout pour les constructions importantes, un appareil dit *sapin* (fig. 3), dans lequel les ressources



3.

qu'offre la mécanique sont bien mieux utilisées que dans la chèvre ordinaire.

Il se compose d'un treuil à engrenages et d'un mât vertical formé d'un sapin tout entier, terminé en croix à sa partie supérieure. Ce mât s'appuie par un pivot en fer dans une crapaudine adaptée au châssis en charpente auquel le treuil est fixé; il est maintenu verticalement par quatre haubans, qu'on attache à des points fixes situés dans le voisinage. Une corde

s'attache à l'un des bras de la croix, descend pour passer dans la gorge d'une poulie mobile, à la chappo de laquelle est suspendue le corps que l'on veut élever, remonte ensuite pour passer dans trois poulies fixes, et descend enfin pour s'enrouler sur le treuil. Deux manivelles placées aux deux extrémités d'un axe horizontal servent à faire tourner un pignon monté sur cet axe. Le pignon communique son mouvement à une roue dentée qui est fixée au treuil, la corde s'enroule et fait ainsi monter le fardeau. Un encliquetage est adapté à l'axe des manivelles, pour empêcher que le corps ne redescende lorsqu'on l'abandonne. On voit aisément que, d'après la disposition de cette machine, les tensions des haubans qui maintiennent l'extrémité supérieure du mât ne sont jamais très grandes.

Il est facile de donner aux roues dentées du treuil à engrenages des dimensions telles que pour le fardeau habituellement en usage, le travail des ouvriers soit dans des conditions de maximum d'effet utile. On voit aussi toute l'économie que l'on trouve, pour des constructions importantes, dans l'emploi d'un appareil qui sert sans être démonté pour la construction complète de l'édifice.

CHLORATES. Les chlorates sont des sels formés par l'acide chlorique; le seul d'entre eux employé dans les arts est le suivant :

CHLORATE DE POTASSE (*angl.* chlorate of potash, *all.* chlorsäures kali). C'est un sel blanc, cristallisé en lames hexagonales ou rhomboïdales, qui se dissout dans 46 p. d'eau froide et 2 1/2 p. d'eau bouillante; ces dissolutions ne sont pas précipitées par le nitrate d'argent. Soumis à l'action de la chaleur, le chlorate de potasse fond, bouillonne, produit un dégagement d'oxygène, et laisse un résidu formé d'un mélange de chlorure de potassium et d'hyper-chlorate de potasse. En chauffant plus fortement, il se dégage une nouvelle quantité d'oxygène, et il ne reste plus à la fin, dans la cornue où se fait l'opération, que du chlorure de potassium pur.

Le chlorate de potasse est assez fréquemment employé dans les laboratoires pour produire de l'oxygène et comme réactif oxydant; mêlé avec quelques matières combustibles telles que le soufre, le charbon, etc., ce sel détonne violemment par le choc; plusieurs de ces mélanges s'enflamment par le contact de l'acide sulfurique. On s'en sert pour la préparation des **ALUMETTES** dites *oxygénées*, ainsi que pour celle des capsules fulminantes; dans ce dernier cas, on prépare la poudre fulminante ainsi qu'il suit: on lave à l'eau 40 parties de poudre, on mélange le résidu encore humide qui se compose de charbon et de soufre avec 5 p. 1/4 de chlorate de potasse très finement pulvérisé, et on broie le tout avec une quantité d'eau suffisante pour en former une bouillie assez liquide et bien homogène; on en introduit alors une goutte dans l'intérieur de chaque capsule et on l'y laisse sécher. Comme par la détonation de cette poudre il se dégage du chlore qui attaque fortement les pièces en fer qui composent la batterie, et que d'un autre côté il reste un résidu assez considérable de chlorure et de sulfure de potassium qui encrassent très rapidement les cheminées, on en a presque entièrement abandonné l'emploi et on l'a remplacé par la poudre fulminante de Howard (voyez **FULMINATE DE MERCURE**), qui est à présent généralement adoptée pour amorcer les capsules.

Le chlorate de potasse se prépare en saturant de chlore une dissolution de potasse ou de carbonate de potasse, aussi exempte que possible de sulfate. Si la dissolution de potasse était très étendue, on n'obtiendrait que peu de chlorure de potasse, tandis que quand elle est concentrée, il se produit au contraire une grande proportion de chlorate de potasse, et une quantité équivalente de chlorure de potassium (réaction que l'on peut

CHLORE.

représenter par la formule : $12 \text{Cl} + 6 \text{KO} = [(\text{Cl}^{\text{O}} \text{O}^{\text{S}} + \text{KO}) + 5 \text{Cl}^{\text{O}} \text{K}]$; ce dernier plus soluble reste dans la liqueur, tandis que le chlorate de potasse cristallise et se précipite au fur et à mesure au fond de la dissolution; comme il obstrue facilement le tube de dégagement par lequel arrive le chlore gazeux, il est nécessaire d'employer des tubes d'un grand diamètre, dans la partie inférieure desquels on fait pénétrer un tube fermé et recourbé en crochet, qui passe à travers un bouchon, et qui sert à les dégager.

Lorsque la liqueur contient un léger excès de chlore, on arrête l'opération, on fait égoutter les cristaux, et on les purifie par une seconde cristallisation en les dissolvant dans $\frac{2}{3}$ à 3 fois leur poids d'eau bouillante, filtrant, puis laissant refroidir, afin d'enlever le chlorure de potassium entraîné en petite quantité dans les premiers cristaux, ainsi que la silice, dont toutes les potasses du commerce renferment toujours une quantité plus ou moins considérable à l'état de silicate, et qui est précipitée à l'état gélatineux par l'action du chlore.

Les eaux-mères évaporées donnent du chlorure de potassium.

La petite quantité de chlorate de potasse que l'on obtient par le procédé que nous venons de décrire, et qui ne s'élève guère qu'à $\frac{1}{40}$ de celle du carbonate employé, a porté plusieurs chimistes à chercher à préparer ce sel par l'oxydation du chlorure de potassium. Voici les résultats obtenus par Liebig :

On forme avec de l'eau et du chlorure de chaux une pâte que l'on évapore à siccité, ou bien on fait passer du chlore dans un lait de chaux maintenu presque bouillant; il se produit du chlorate de chaux et du chlorure de calcium; on dissout à chaud dans l'eau, on ajoute du chlorure de potassium et on laisse refroidir; il se précipite beaucoup de cristaux de chlorate de potasse que l'on purifie par une seconde cristallisation. Si on se contentait de laisser refroidir la première liqueur, on n'obtiendrait pas tout le chlorate; il s'en dépose encore pendant 3 ou 4 jours. Avec 12 parties de chlorure de chaux de mauvaise qualité, qui laissait en se dissolvant dans l'eau 65 p. 100 de résidu, Liebig a obtenu 4 p. de chlorate de potasse cristallisé.

Le chlorate de potasse cristallisé est un sel anhydre qui renferme sur 100 parties :

Acide chlorique.	61,50	} $\text{Cl}^{\text{O}} \text{O}^{\text{S}} + \text{KO}$.
Potasse.	38,50	
	100,00	

CHLORE (*angl.* chlorine, *all.* chlor). Le chlore est l'un des corps simples de la chimie; c'est un gaz jaune-verdâtre dont la densité par rapport à celle de l'air est de 2,47, et qui se liquéfie sous la pression de 4 atmosphères. Son odeur est très forte et caractéristique; il provoque la toux et peut même déterminer des accidents graves s'il est respiré en trop grande quantité; il agit alors comme corrosif très énergique. A la température et sous la pression atmosphérique, l'eau dissout environ le double de son volume de chlore gazeux: cette dissolution présente la couleur et toutes les autres propriétés du chlore. Lorsqu'on fait arriver un courant de chlore dans de l'eau placée dans un bocal entouré de neige, il se forme un hydrate de chlore solide sous la forme de flocons jaune-serin, qui se composent pour 100 de :

Chlore.	27,7	. . . . .	4 at.
Eau.	72,3	. . . . .	5 at.
	100,0		

Lorsqu'on chauffe cet hydrate, il commence à fondre à 40°, et se transforme rapidement en une solution aqueuse de chlore et en chlore gazeux qui se dégage avec effervescence

CHLOROMÉTRIE.

Le chlore a une grande affinité pour l'hydrogène, et lorsque ces deux corps sont mélangés à l'état gazeux, ils se combinent avec explosion par l'approche d'un corps en ignition, l'étincelle électrique ou l'action directe des rayons solaires; il se forme alors de l'acide HYDRO-CHLORIQUE. De même, si l'on expose une dissolution de chlore à l'action de la lumière, l'eau se décompose peu à peu, et il se forme de l'acide hydrochlorique et de l'oxygène qui donne de l'eau oxygénée; aussi doit-on conserver les dissolutions de chlore à l'abri de la lumière dans des flacons recouverts de papier noir.

Le chlore se combine directement avec un grand nombre de corps, plusieurs même, tels que le soufre, le phosphore, l'antimoine, etc., y brûlent avec flamme. Les combinaisons binaires du chlore portent le nom de *chlorures* (voyez INTRODUCTION, CHIMIE), et jouent un rôle très important dans les arts.

Le chlore se combine également, mais seulement d'une manière indirecte, avec l'oxygène, pour donner naissance à quatre acides savoir : les acides *hypochloreux*, *chloreux*, *chlorique* et *perchlorique*. Parmi les sels formés par ces acides, nous citerons les *hypochlorites* ou *CHLORURES DÉCOLORANTS* et les *CHLORATES*, dont nous ferons l'objet d'articles séparés.

Le chlore gazeux détruit les matières colorantes, en s'emparant de l'hydrogène qu'elles renferment et pour lequel il a une grande affinité, les dissolutions aqueuses ont une énergie bien plus grande, ce qui tient à ce qu'alors, comme nous l'avons dit, il se forme, par suite de la décomposition de l'eau, de l'acide hydrochlorique et de l'eau oxygénée qui par son énergique action oxydante détruit très rapidement les matières colorantes. Le chlore agit d'une manière analogue sur la plupart des autres substances organiques; aussi est-il très employé pour détruire les miasmes morbides qui se répandent dans les hôpitaux, les amphithéâtres de dissection, etc... Il décompose complètement l'hydrogène sulfuré avec précipitation de soufre, et est par suite souvent employé pour détruire l'hydrogène sulfuré et l'hydro-sulfate d'ammoniaque, qui se développent particulièrement dans les fosses d'aisance.

On prépare le chlore, soit en attaquant le peroxyde de manganèse par l'acide hydrochlorique, soit, ce qui est préférable, en chauffant modérément un mélange de 3 parties de sel marin, 2 p. de peroxyde de manganèse, 2 p. d'acide sulfurique et 2 p. d'eau; dans le premier cas il se forme du chlorure de manganèse, de l'eau et du chlore; dans le second, il se produit des sulfates de manganèse et de soude, de l'eau et du chlore, et on obtient pour la même quantité de peroxyde de manganèse une quantité double de chlore, que par le premier procédé.

CHLOROMÉTRIE (*angl.* et *all.* chlorometrie). La chlorométrie a pour but l'essai des dissolutions de chlore, et surtout des *CHLORURES DÉCOLORANTS*. Le plus ancien procédé chlorométrique dû à M. Gay-Lussac, consiste à chercher la quantité d'une dissolution titrée de sulfate d'indigo, que peut décolorer une quantité donnée de la dissolution de chlore ou du chlorure décolorant. On prend pour unité le pouvoir décolorant de 1 litre de chlore gazeux à 0°, et sous la pression de 0^m,76 de mercure; ce volume absorbé dans son volume d'eau, sert à titrer la dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, que l'on étend d'eau jusqu'à ce que 40 parties de cette dissolution soient exactement décolorées par 4 p. en volume de chlore gazeux. Maintenant, si on cherche le volume de cette dissolution titrée d'indigo, qui sera décoloré par 4 partie en volume de la dissolution de chlore à essayer, le nombre qui exprimera ce volume, divisé par 40, indiquera la titre de la dissolution, et pour prendre un exemple, si la dissolution de chlore décoloré 15 parties de la solution titrée

d'indigo, elle renferme 45/40 ou 4 fois 1/2 son volume de chlore.

D'après M. Gay-Lussac, 4 parties de chlorure de chaux pur dissous dans 400 p. en poids d'eau, donne une dissolution qui renferme à très peu près son volume de chlore, et qui par conséquent décolorerait 40 fois son volume de la solution d'indigo ; si donc on prend 5 gram. du chlorure à essayer et qu'on les dissolvé dans 1/2 litre = 500 gram. d'eau, puis qu'on essaie cette dissolution et qu'on trouve qu'elle ne décolore que 7 fois 1/2 son volume de la solution titrée d'indigo, on en conclura que le chlorure essayé ne renferme que 75 p. 400 de chlorure de chaux pur. Les essais chlorométriques se font de la même manière que les essais alcalimétriques (voyez ALCALIMÉTRIE), et avec les mêmes appareils, ce qui nous dispense d'y revenir ici ; on s'arrête, lorsqu'en ajoutant une nouvelle portion de la solution titrée d'indigo, la couleur n'est plus entièrement détruite et passe au vert.

Au lieu d'indiquer la teneur chlorométrique en centièmes, on l'exprime souvent en dixièmes ou degrés. Ainsi dans les exemples que nous avons pris, on dirait que la dissolution de chlore était à 15°, et le chlorure de chaux à 7° 1/2.

Le principal inconvénient de ce procédé, tient à ce que la solution titrée d'indigo s'altère à la longue, de sorte qu'on ne peut avoir des résultats exacts qu'avec des solutions récemment préparées.

Depuis M. Gay-Lussac a inventé un autre procédé, qui consiste à remplacer la solution d'indigo par une dissolution d'acide arsénieux dans l'acide hydrochlorique, à laquelle on ajoute quelques gouttes de sulfate d'indigo, qui la colore en bleu ; le procédé consiste à ajouter avec une pipette la dissolution de chlorure décolorant à une quantité donnée de la solution d'acide arsénieux, jusqu'à ce que celui-ci soit complètement transformé en acide arsénique, ce que l'on reconnaît à ce que le chlore qui se dégage réagit alors sur l'indigo et en détruit la couleur. On prend pour unité le pouvoir oxydant d'un litre de chlore gazeux à 0°, sous la pression de 0^m.76 de mercure, et on la suppose divisée en 400 parties. On fait ensuite une dissolution de chlore dans l'eau qui renferme son volume de chlore gazeux, au moyen de laquelle on prépare une dissolution normale d'acide arsénieux, qui sature exactement son volume de la solution de chlore ci-dessus. On peut encore, d'après M. Gay-Lussac, préparer la solution normale d'acide arsénieux en dissolvant 4^m.439 d'acide arsénieux, parfaitement pur, dans de l'acide hydrochlorique tout à fait exempt d'acide sulfureux, puis étendant d'eau, jusqu'à ce que le tout forme un volume d'un litre. Pour faire l'essai d'un chlorure, on en prend 40 grammes qu'on dissout dans 4 litre d'eau, puis on détermine combien il faut ajouter de centimètres cubes de cette dissolution à 400 centimètres cubes de la solution normale d'acide arsénieux, pour convertir complètement ce dernier en acide arsénique ; on reconnaît que l'on atteint le point de saturation, à ce que la couleur bleue due à l'indigo disparaît. Il est évident que le titre du chlorure de chaux sera en raison inverse de la quantité qu'il faudra en ajouter : si l'on doit en ajouter 400^c, le chlorure essayé sera du chlorure de chaux pur renfermant son volume de chlore gazeux, et si l'on emploie 433^c, le chlorure essayé renfermera 400 : 433 ou 75 p. 400 de chlorure de chaux pur.

On ne peut opérer inversement, c'est-à-dire chercher à saturer une quantité donnée de chlorure de chaux en dissolution, en y versant par petites portions la solution normale d'acide arsénieux, parce que l'action de l'acide hydrochlorique sur le chlorure de chaux détermine un dégagement de chlore gazeux, qui ne réagirait qu'incomplètement sur la faible proportion d'acide arsénieux en présence, ce qui n'a pas lieu par le procédé que nous

avons indiqué, et dans lequel l'acide arsénieux se trouve en excès par rapport au chlore qui se dégage.

On peut encore employer d'autres procédés chlorométriques, parmi lesquels nous citerons celui du docteur Ure, fondé sur la décomposition de l'ammoniaque par le chlore et la mesure de l'azote dégagé, et celui que nous avons décrit à l'article BLANCHIMENT, basé sur la transformation du sulfate de fer en sulfate de peroxyde par l'action du chlore ; mais ces divers procédés sont loin de présenter l'exactitude et la commodité du dernier procédé que nous avons décrit.

CHLORURES. Les combinaisons binaires dans lesquelles le chlore est l'élément électro-négatif portent le nom de chlorures. La plupart des chlorures sont solides à la température ordinaire, cependant il y en a de liquides comme les chlorures de silicium et de titane, les perchlorures de chrome, de manganèse et d'étain, et même de volatils comme le chlorure de bore. Aucun ne jouit de l'éclat métallique, si ce n'est le perchlorure de fer lorsqu'il a été sublimé. Leur couleur est en général la même que celle des sels ou des oxydes correspondants. Ils sont tous fusibles, et la plupart à une chaleur inférieure au rouge, les chlorures de bismuth, de zinc et d'antimoine, se liquéfient à une chaleur inférieure à 400°. Ils sont presque tous volatils et même assez fortement ; les perchlorures le sont plus que les protochlorures.

Les chlorures sont tous indécomposables par la chaleur seule, à l'exception de ceux d'or, de platine, de rhodium, d'iridium et de palladium, qui sont réduits à l'état métallique. La lumière en décompose lentement quelques-uns ; par exemple, elle noircit le chlorure d'argent en en dégageant une partie du chlore.

L'oxygène et l'air décomposent à l'aide de la chaleur les chlorures des métaux très oxydables : tels sont ceux de chrome, de manganèse, de fer, de nickel et de cobalt ; il se dégage du chlore qui entraîne souvent avec lui une certaine quantité de chlorure en vapeurs, et le résidu est de l'oxyde pur. Les chlorures alcalins et ceux de plomb, d'argent, etc., ne s'altèrent pas par le grillage. L'hydrogène réduit tous les chlorures métalliques à une température plus ou moins élevée, à l'exception de ceux qui ont pour base des métaux alcalins ou terreux : le métal reste pur et il se dégage de l'acide hydrochlorique. Le charbon pur ne les altère pas ; mais quand il n'a pas été très fortement calciné, il agit sur eux par l'hydrogène qu'il renferme. Le soufre en vapeur en décompose un grand nombre : il se forme alors du chlorure de soufre et un sulfure métallique ; lorsqu'il n'y a pas excès de soufre, il se forme souvent des sulfochlorures. Les métaux se comportent avec les chlorures à peu près comme avec les oxydes et les sulfures, c'est-à-dire que les plus oxydables décomposent les chlorures des métaux moins oxydables. Le potassium et le sodium les réduisent tous.

Les chlorures sont tous solubles dans l'eau, et la plupart sont même très solubles et déliquescents, à l'exception du chlorure d'argent et des proto-chlorures de cuivre et de mercure qui sont insolubles et du chlorure de plomb qui est fort peu soluble. Quelques-uns se décomposent par le contact de l'eau, en acide hydrochlorique et en oxydes, ou en oxy-chlorures qui restent en partie dissous dans la liqueur, tels sont les chlorures de silicium, de titane, d'antimoine, de bismuth, etc. La vapeur d'eau en décompose un grand nombre à la chaleur rouge. Beaucoup de chlorures sont solubles dans l'alcool. On reconnaît les chlorures solubles au précipité blanc cailleboté, passant presque instantanément au bleu-violet sous l'action des rayons solaires, qu'ils donnent par l'addition d'un peu de nitrate d'argent.

L'acide sulfurique anhydre n'a aucune action sur les chlorures, mais en présence de l'eau, il les décompose ; si en même temps on ajoute du peroxyde de manganèse, il se dégage du chlore, caractères distinctifs des chlorures.

CHLORURES.

L'acide nitrique concentré et bouillant décompose également les chlorures en donnant lieu à un dégagement de chlore, mais son action est très faible sur les chlorures insolubles ou même peu solubles. Les acides fixes, tels que l'acide silicique, décomposent au rouge tous les chlorures, en présence de la vapeur d'eau, cette propriété permettrait d'obtenir très aisément l'acide HYDRO-CHLORIQUE à un prix assez bas, si les fabriques de SOUDE artificielle n'en fournissaient pas une quantité plus que suffisante aux besoins du commerce.

Plusieurs chlorures (le protochlorure de cuivre et la deutochlorure d'or par exemple) peuvent se combiner en proportions définies, avec l'acide hydrochlorique pour former des *hydrochlorates de chlorures*, avec les oxydes correspondants pour former des *oxy-chlorures*, avec l'ammoniaque pour former des *ammonio-chlorures*, et enfin entre eux pour former des *chlorures doubles*. Les chlorures se combinent aussi, comme nous l'avons déjà fait remarquer, avec les sulfures, pour donner des *sulfo-chlorures*.

Les chlorures neutres sont formés de 2 at. de chlore et de 1 at. de métal.

On peut considérer les chlorures, quand ils sont dissous, soit comme des chlorures métalliques hydratés, soit comme des hydro-chlorates d'oxydes dans lesquels l'oxygène de la base est à l'hydrogène de l'acide dans le même rapport que dans l'eau. Comme la plupart des dissolutions reproduisent des chlorures purs par l'évaporation à sec, il est plus simple d'admettre qu'elles renferment les chlorures tous formés, plutôt que de supposer qu'elles contiennent des hydro-chlorates qui changent de nature par la dessiccation. Cependant il est certain que l'acide hydrochlorique forme des sels, puisqu'il se combine avec l'ammoniaque et avec les bases organiques.

Dans l'ancienne hypothèse, qui faisait du chlore un corps oxygéné, l'acide *muriatique oxygéné*, l'acide hydrochlorique portait le nom d'*acide muriatique*, et les chlorures étaient regardés comme des sels ordinaires ou *murates*, nom sous lequel on les désigne encore quelquefois.

On obtient les chlorures par l'un des procédés suivants :

1° Par l'action du chlore gazeux sur les métaux ou sur leurs oxydes, purs ou mélangés de charbon, ou sur leurs sulfures ;

2° Par l'action de l'acide hydro-chlorique sur les métaux ou sur leurs oxydes ;

3° Par l'action de l'eau régale, contenant un excès d'acide muriatique, sur les métaux ;

4° En chauffant un métal avec du perchlorure de mercure ;

5° Par double décomposition ;

6° En chauffant un chlorure hydraté ou un hydrochlorate avec du sel ammoniac.

Voici les principaux chlorures, nous traiterons des autres à l'article de chaque métal :

HYDROCHLORATE D'AMMONIAQUE, SEL AMMONIAC (*angl.* sal ammoniac, *all.* salmiak).

L'hydrochlorate d'ammoniaque est composé d'acide hydrochlorique et d'ammoniaque dans les proportions suivantes :

Acide hydrochlorique.	68,39	} H ⁺ Cl ⁻ .
Ammoniaque.	31,61	

Pour 400,00 parties de sel supposé parfaitement pur ; dans le commerce, on trouve le sel blanc sublimé qui, par sa pureté, se rapproche extrêmement de cette composition.

La forme primitive du sel ammoniac est l'octaèdre, dans quelques circonstances cependant on l'obtient cristallisé en gros cubes ; ordinairement on le retire de sa dissolution concentrée, sous la forme d'aggloméra-

CHLORURES.

tions qui présentent l'aspect de feuilles de fougères, etc. Le sel ammoniac est volatil à une température inférieure au rouge-brun, il s'exhale en vapeurs blanches épaisses et très abondantes, faciles à condenser à une température même assez élevée ; dans la fabrication, nous verrons qu'on a tiré parti de cette propriété pour épurer le sel et lui donner une forme commerciale qui facilite son transport.

L'hydrochlorate d'ammoniaque est très soluble dans l'eau ; sa dissolution concentrée marque 25° à l'aréomètre de Baumé ; il a une saveur analogue, mais plus piquante que celle du sel marin, et d'ailleurs, on le reconnaît facilement par le dégagement d'ammoniaque que l'on obtient lorsqu'on le traite par de la chaux humectée.

Le sel ammoniac est originaire de l'Egypte, qui avait jadis le privilège exclusif de le fournir à toute l'Europe ; son nom dérive évidemment de celui du temple de Jupiter Ammon.

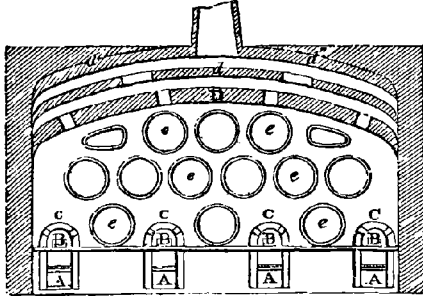
Dans ce pays le sel ammoniac se rencontre tout formé et en assez grande abondance dans l'urine et dans la fiente des chameaux ; ces matières premières étaient autrefois les seules employées pour le produire. Rien n'est plus simple que cette fabrication primitive ; la fiente desséchée au soleil tient lieu de combustible très rare en Egypte, et donne par sa combustion des vapeurs épaisses qui entraînent le sel ammoniac sublimé ; celui-ci se dépose mélangé avec la suie sur les parois des cheminées ; cette suie recueillie est livrée aux fabricants qui la subliment dans des ballons en verre enduits de terre limoneuse desséchée ; le reste de l'opération est identique à ce qui est pratiqué en Europe, et que nous décrirons plus loin ; ajoutons seulement, pour donner de suite une idée des perfectionnements introduits dans cette industrie, que le sel ammoniac d'Egypte se vendait autrefois en Europe 6 et 7 francs le kilogr., tandis que les fabriques françaises le livrent aujourd'hui à 2 francs le kilogr. sublimé, et à moins de 4 franc seulement cristallisé, mais très pur.

Aujourd'hui, les sels ammoniacaux se préparent en Europe, sans exception, avec des produits provenant de trois sources distinctes ; mais qui ont toutes pour point de départ la décomposition des matières animales ou azotées. Ces trois matières premières sont : 1° les produits volatils condensés que développent les divers débris d'animaux, soit pendant leur fermentation spontanée, soit durant leur décomposition à une haute température. — Tout le monde sait que, dans ces circonstances, il se dégage, entre autres produits volatils, une grande quantité de carbonate, d'hydrosulfate et d'acétate d'ammoniaque, et même de l'ammoniaque libre ; 2° l'urine putréfiée, provenant des vidanges des villes ; à Paris, par exemple, cette matière première est d'une très grande importance, puisqu'elle donne lieu à une production annuelle de 8 à 900,000 kilogr. de sels ammoniacaux ; 3° les eaux de condensation des usines à gaz, connues sous le nom d'eaux ammoniacales ; déjà nous avons vu, dans l'article AMMONIAQUE, que ces eaux pouvaient donner directement de l'alcali volatil d'une grande pureté.

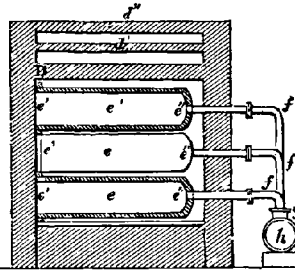
Les deux dernières matières premières, c'est-à-dire l'urine putréfiée et les eaux condensées, se rencontrent toutes prêtes à servir à la fabrication du sel ammoniac ; il n'en est pas ainsi de celles de la première section, dont la préparation exige une opération préalable que nous devons décrire avant d'aller plus loin : cette opération consiste à distiller à une haute température des matières animales d'un prix peu élevé, telles que la chair de cheval desséchée, le sang, les cornes, les chiffons de laine, de soie ou de crin, etc., et dans ce cas, on obtient pour résidu un charbon propre à la préparation du *grisiate de potasse* (voyez BLEU DE PRUSSE), ou bien des os d'animaux, et on obtient alors du NOIR ANIMAL

destiné à la décoloration des sirops de sucre. Cette distillation s'opère dans des cornues cylindriques en fonte de 4^m,80 de longueur sur 0^m,70 à 0^m,80 de diamètre

d'ammoniaque, puis en le traitant par du sel marin ou chlorure de sodium; ces deux sels, dissous, mis en présence à la température de 100 degrés centigrades, se



516.



517.

placées dans un fourneau dont les fig. 516 et 517 représentent deux coupes verticales; A, cendriers; B, foyers recouverts de voûtes en briques réfractaires C, percées chacune de 8 ouvertures pour répartir également la flamme dans l'intérieur du fourneau, qui est lui-même recouvert d'une triple voûte D, dont la première est percée de 20 événements, la seconde de 4 événements, et la troisième d'une seule ouverture, qui forme la base de la cheminée. Les cornues *e* sont fermées, à l'une de leurs extrémités, par des plaques de fonte *e'*, lutées et assujetties avec des vis; les tubes *f, f, f'*, qui s'adaptent à leurs autres extrémités *e'', e''', e'''*, conduisent les produits de la distillation, par le tuyau *h*, dans un condenseur. — Quelle que soit la matière animale distillée, les produits liquides que l'on obtient sont à peu près les mêmes; ils consistent en huiles empyreumatiques à odeur repoussante que l'on recueille à part, et en un liquide composé pour la plus grande partie, de sous-carbonate d'ammoniaque en dissolution, et retenant encore une certaine proportion d'huile.

C'est cette liqueur ammoniacale, marquant à peu près 8 ou 9° à l'aréomètre de Baumé, qui sert à préparer le sel ammoniac, en concurrence avec l'urine et avec les eaux de condensation du gaz d'éclairage.

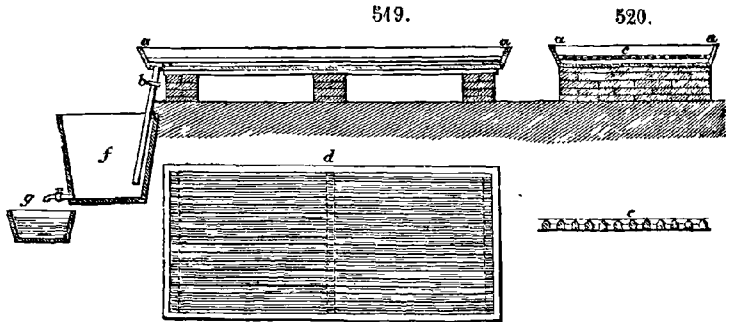
Ces trois matières premières peuvent donner du sel ammoniac par deux procédés différents; l'un consiste à saturer directement les liqueurs avec de l'acide hydrochlorique, puis à évaporer la dissolution de l'hydrochlorate jusqu'à 23° Baumé, point où la liqueur cristallise; cette évaporation se fait dans des chaudières en plomb. Ce procédé est surtout préférable, lorsque l'acide hydrochlorique est à bas prix; il a l'inconvénient, peu important du reste, d'introduire dans le sel ammoniac une certaine quantité de fer que renferme toujours l'acide du commerce et qui colore en jaune les pains de sel ammoniac. Lorsque les liqueurs ammoniacales sont très étendues, comme le sont en général les eaux de condensation du gaz, et surtout les urines, il convient pour économiser les frais de combustible, de les distiller sur de la chaux et de ne saturer par l'acide, que le produit de la distillation.

Le second procédé est plus compliqué, il consiste à produire l'hydrochlorate d'ammoniaque par double décomposition en préparant d'abord du sulfate

d'ammoniaque, puis en le traitant par du sel marin ou chlorure de sodium; ces deux sels, dissous, mis en présence à la température de 100 degrés centigrades, se décomposent mutuellement et forment du sulfate de soude et de l'hydrochlorate d'ammoniaque. Ce procédé très ingénieux appliqué d'abord sans résultats économiques, en 1760, près de Charenton, par le célèbre Baumé, puis repris avec succès en 1797, par MM. Payen et Pluvinet, est encore employé dans plusieurs fabriques; il est surtout applicable aux liqueurs ammoniacales provenant de la distillation des matières animales, et dans les localités où l'acide hydrochlorique revient à un prix élevé. Voici les détails de l'ensemble de ce procédé: il se compose de trois opérations distinctes. 1° La préparation du sulfate d'ammoniaque au moyen de plâtre; 2° la décomposition du sulfate d'ammoniaque par le sel marin; 3° enfin la sublimation du sel ammoniac.

1° Préparation du sulfate d'ammoniaque. Dans le but d'économiser l'acide sulfurique, on décompose le sous-carbonate d'ammoniaque contenu dans les eaux provenant de la distillation des matières animales, en filtrant ces eaux sur du sulfate de chaux (plâtre) réduit en poudre grossière. Le filtre se compose d'une caisse rectangulaire en bois, doublée de plomb, et munie d'un grillage en bois disposé bien horizontalement à quelques centimètres du fond; on étend sur ce grillage une toile forte et claire, bien tendue, sur laquelle on dispose une couche de plâtre de 10 centimètres d'épaisseur; pour que la décomposition soit plus complète et que le plâtre soit mieux épaissi, on a toujours quatre filtres en marche et l'on fait successivement passer la liqueur sur tous les quatre, en ayant soin d'opérer méthodiquement, c'est-à-dire, de faire passer le liquide de plus en plus saturé sur du plâtre de plus en plus neuf. Malgré cette précaution, il reste toujours dans la liqueur un excès d'ammoniaque et de carbonate d'ammoniaque qu'il convient de saturer avec de l'acide sulfurique en quantité suffisante pour que le liquide soit légèrement acide.

Les filtres ci-dessus sont représentés en plan, fig. 518, en coupe longitudinale, fig. 519, et en coupe transversale, fig. 520; a, caisse en bois doublée en plomb; b, tuyau de décharge en plomb; c, grillage en bois (d



518.

521.

sur le plan) représenté en coupe à une plus grande échelle, fig. 521: sur ce grillage supporté par des tr

verses à quelques centimètres du fond, est tendue une toile en fort canevas, que l'on recouvre d'une couche de 0^m,40 de plâtre; f, réservoir doublé en plomb, et muni d'un couvercle.

2^o *Décomposition du sulfate par le sel marin.* La liqueur filtrée, et saturée comme nous venons de le dire, est remontée à l'aide d'une pompe dans un réservoir supérieur qui la distribue à volonté dans des chaudières évaporatoires en plomb de 7 à 8 millimètres d'épaisseur; le fond de ces chaudières repose, au-dessus du foyer, sur une voûte en briques qui le préserve de la réverbération directe du feu et au-dessus des carneaux qui circulent en dessous, sur des plaques en fonte.

Lorsque la liqueur est amenée dans ces chaudières au point de marquer 49 à 20 degrés à l'aréomètre de Baumé, on y ajoute peu à peu la quantité de sel marin calculée d'avance pour décomposer entièrement le sulfate d'ammoniac, et on a soin de remuer continuellement jusqu'à ce que la dissolution soit complète. On soutire alors à l'aide d'un siphon, le liquide dans un réservoir assez profond, où les substances insolubles contenues dans le sel marin se déposent; la liqueur déposée et soutirée au clair est remontée dans une chaudière d'évaporation, où après quelques heures d'ébullition elle laisse déposer des cristaux grenus de sulfate de soude beaucoup moins soluble que le sel ammoniac, lequel reste au contraire en dissolution.

Tant que dure la précipitation du sulfate de soude on doit agiter continuellement avec un râble en bois, surtout dans les parties de la chaudière les plus chauffées; sans cette précaution le sel pourrait s'attacher au fond, et dans ce cas la chaudière ne tarderait pas à se fondre. Le sulfate de soude se rassemble spontanément vers les parties voisines des bords de la chaudière qui sont les moins chauffées, on le ramasse à l'aide d'une drague en cuivre, et on le jette dans des trémiés placées sur le bord de la chaudière; les eaux-mères retournent donc directement dans cette dernière.

Le sulfate de soude bien égoutté est ensuite porté dans d'autres trémiés, où on le lave méthodiquement, d'abord avec des eaux de lavage d'une précédente opération, puis en définitive avec une faible proportion d'eau pure; on en sépare ainsi la plus grande partie de l'hydrochlorate d'ammoniac que l'on retient. Ce sulfate égoutté et bien desséché peut être livré en cet état au commerce ou employé à la fabrication du carbonate de soude.

Lorsque la liqueur qui est restée dans la chaudière a laissé précipiter la plus grande partie du sulfate de soude qu'elle peut donner, et que d'ailleurs le sel ammoniac est assez concentré, on arrête le feu et on fait passer à l'aide d'un siphon la liqueur dans les cristallisoirs. Ces cristallisoirs sont des caisses rectangulaires, en bois, doublées de plomb de 4 à 5 millimètres d'épaisseur; ayant à peu près 1^m,50 de large, 2^m à 2^m,50 de long et seulement 0^m,40 de profondeur. Pour la commodité du service, et l'économie de la main-d'œuvre, ces cristallisoirs sont à bascule, afin que les eaux-mères puissent s'enlever plus facilement. Après 24 ou 30 heures, suivant la température extérieure, la cristallisation est terminée, on enlève les eaux-mères, et on incline les cristallisoirs, pour achever l'égouttage des cristaux.

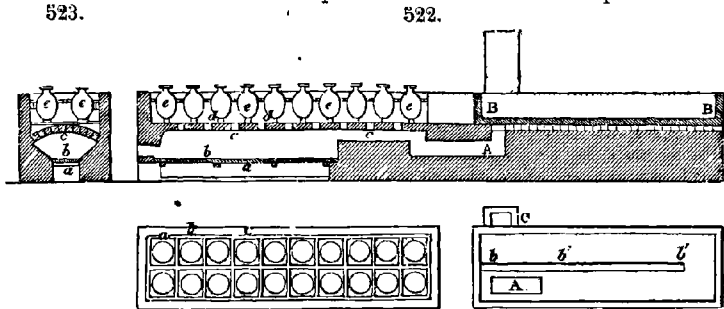
Le sel ammoniac brut bien égoutté est purifié par des lavages avec une très petite quantité d'eau; si l'on veut obtenir un sel sublimé blanc, il est même nécessaire de

redissoudre les cristaux, et de les faire cristalliser de nouveau, etc.

Le sel ammoniac brut débarrassé du sulfate de soude est ensuite parfaitement desséché, sur des plaques en fonte, sur lesquelles on l'agite à l'aide d'une pelle, en ayant soin surtout de diviser les agglomérations de cristaux; lorsqu'il est bien sec on le ramasse, on le pulvérise dans un moulin à bras et on l'enferme immédiatement dans un lieu bien clos et à l'abri de l'humidité.

3^o *Sublimation du sel ammoniac brut.* Quelque soin que l'on ait pris dans les opérations précédentes, le sel ammoniac brut que l'on obtient par le procédé que nous décrivons est toujours fortement coloré, contient des matières étrangères, et entre autres une petite quantité de sulfate, qui le rendent impropres à l'emploi direct; il devient nécessaire de l'épurer par la sublimation.

Le fourneau de sublimation se compose, comme on le voit dans les fig. 522, 523, 524 et 525, d'une rigole A, où l'on dispose deux par deux les matras en grès e, dans lesquels on sublime le sel. Ces matras qui sont enduits



d'un lut argileux, reposent sur la voûte c, qui les préserve de l'action trop directe du feu b; des orifices d, permettent à la flamme de traverser cette voûte et de venir lécher la surface extérieure des bouteilles. A 0^m,40 du fond de la rigole se trouvent des plaques en fonte percées d'orifices qui permettent d'introduire les bouteilles, mais qui isolent de la flamme ou des produits de la combustion leur partie supérieure où doit se condenser le sel ammoniac, sublimé dans la partie inférieure; à la suite du four de sublimation est placée une chaudière de concentration B B, chauffée à flammes perdues. Après avoir placé les bouteilles en grès, comme l'indique la figure, on les recouvre d'une couche de cendres qui repose sur les plaques en fonte, et qui a pour but de les préserver du contact immédiat de l'air froid. Le sel ammoniac brut en poudre fine est introduit dans les bouteilles à l'aide d'un entonnoir, on l'y tasse fortement avec un pilon en bois façonné de manière à pouvoir entrer dans la bouteille. Tout étant bien disposé, on allume le feu, et on élève très graduellement la température pour ne pas briser les vases de sublimation. La petite proportion d'eau que contient encore le sel brut se volatilise dès le commencement; quelque temps après le sel lui-même commence à se réduire en vapeurs; on recouvre alors l'orifice avec un petit pot renversé qui est destiné à recueillir le sel qui aurait échappé à la condensation. Lorsque la sublimation est commencée le feu doit être conduit très régulièrement, de manière à ce que la différence de température entre le fond et le dessus des bouteilles suffise pour volatiliser le sel à la partie inférieure, et le condenser à la partie supérieure; pour obtenir de bons résultats, l'ouvrier qui conduit le feu doit avoir une assez longue expérience. L'orifice des bouteilles s'engorge de temps en temps; aussitôt que cela arrive on doit le déboucher, afin qu'une trop forte pression ne les fasse pas éclater; malgré toutes les précau-

tions cet accident se reproduit de temps en temps ; lorsqu'on s'en aperçoit, il faut se hâter d'enlever le vase avec des pinces, afin de ne pas perdre entièrement le sel ammoniac qu'il renferme.

Dès que la sublimation est arrivée à son terme, ce que l'on reconnaît à l'épaisseur du pain de sel ammoniac, on cesse le feu, on enlève les cendres qui recouvrent les vases ; puis après quelques heures de repos, on enlève les bouteilles elles-mêmes de dessus le fourneau ; le refroidissement s'opère alors rapidement et détermine de nombreuses fractures ; on achève de casser les vases, afin d'enlever le pain qui est attaché à leur partie supérieure ; on en détache avec une hachette les fragments de grès adhérents, et le pain est définitivement livrable au commerce.

Les pains de sel ammoniac ont environ 0^m,33 de diamètre, et à peu près 9 à 40 centimètres d'épaisseur au centre ; ils pèsent de 9 à 44 kilogrammes.

Le résidu qui est resté au fond des bouteilles pèse de 2 à 3 kilogr., on le pulvérise et on le fait passer dans une opération suivante ; il contient toujours une certaine proportion de sulfate de soude.

Les frais de sublimation du sel ammoniac sont considérables, puisqu'ils en doublent le prix ; il convient donc dans la plupart des circonstances d'employer directement l'hydrochlorate d'ammoniacque simplement cristallisé ; on en fait aujourd'hui d'une grande pureté en traitant, comme nous l'avons dit, le produit de la distillation des urines ou des eaux de condensation du gaz par l'acide hydrochlorique, puis en faisant cristalliser la dissolution par évaporation ; ce procédé si simple est même le seul qui puisse être appliqué à ces deux matières premières, car elles contiennent, outre le carbonate, une grande proportion d'hydrosulfate d'ammoniacque qui n'est pas décomposé par le sulfate de chaux et qui se perd en grande partie pendant la filtration.

Les deux procédés que nous venons d'indiquer ne sont pas les seuls qui aient été mis en usage, on s'est encore servi, pour saturer le liquide ammoniacal obtenu, des matières animales calcinées en vases clos, des eaux-mères qui proviennent du traitement des os par l'acide hydrochlorique (voyez COLLE FORTE). Ce traitement donne lieu à un abondant précipité de carbonate et de phosphate de chaux, et d'ailleurs la présence de la gélatine dissoute dans l'acide rend les eaux-mères difficiles à cristalliser. Ce procédé, qui paraît économiser au premier abord l'acide hydrochlorique, ne présente en définitive des avantages sur les précédents que dans quelques circonstances particulières. A Bouxvillers, par exemple, où l'on obtient en même temps les eaux ammoniacales, de la distillation des matières animales, et le résidu du traitement des os par l'acide hydrochlorique, et où d'ailleurs cet acide revient à un prix assez élevé ; ce procédé paraît donner des résultats économiques.

Enfin il nous reste à parler d'un procédé beaucoup plus économique que les précédents, et qui, certainement, est appelé à fournir avant peu tout le sel ammoniac que la consommation exige. Ce procédé, dû à M. Mallet, est lié intimement à l'épuration du gaz d'éclairage, et il est déjà appliqué dans plusieurs usines du nord de la France ; voici en quoi il consiste :

Le gaz d'éclairage, tel qu'il sort des usines à gaz n'est jamais pur ; entre autres produits il renferme toujours du carbonate et de l'hydrosulfate d'ammoniacque ; M. Mallet a eu l'idée de le débarrasser de ces gaz à odeur infecte en le faisant barboter dans du chlorure de manganèse neutre ; nous n'insisterons pas ici sur cette épuration qui trouvera sa place à l'article ÉCLAIRAGE AU GAZ. Constatons seulement que le gaz d'éclairage est complètement dépouillé des sels ammoniacaux qu'il renfermait et qui, en présence du chlorure de manganèse, se transforment en hydrochlorate d'ammoniacque, en donnant

lieu à un précipité de carbonate et de sulfure de manganèse ; lorsque la liqueur est complètement saturée, c'est-à-dire quand tout le chlorure de manganèse est décomposé, on vide les vases d'épuration, on laisse déposer la liqueur ; on la soutire à clair et l'on obtient, de prime abord, une dissolution de sel ammoniac presque entièrement privée d'oxydes métalliques par l'acide hydrosulfurique contenu dans le gaz, et qui marque 7 à 8° à l'aréomètre de Baumé. Toute la fabrication se réduit donc à évaporer cette dissolution, puis à la faire cristalliser. On obtient ainsi un sel de bonne qualité qui est excellent pour la sublimation, et qui revient à un prix bien inférieur à celui qui résulte des autres procédés de fabrication. En effet, le chlorure de manganèse est un résidu sans emploi et extrêmement abondant, de la fabrication du chlore et de celles des chlorures décolorants ; l'acide hydrochlorique qu'il contient a donc une faible valeur. L'ammoniacque ne coûte rien, puisque c'est le gaz qui l'a fourni ; enfin tous les frais de fabrication sont nuls, puisqu'ils ont pour résultat très important l'épuration du gaz ; il ne reste donc plus que les frais d'épuration qui sont proportionnellement très peu considérables.

Ce procédé réussit très bien dans les trois ou quatre usines à gaz où il a été adopté ; il est probable qu'il le sera bientôt à Paris, et dans ce cas, cette méthode n'aurait plus de concurrence, non seulement pour la fabrication de l'hydrochlorate, mais aussi pour celle de sulfate que l'on préparerait d'une manière analogue au moyen du sulfate de manganèse.

Le sel ammoniac est indispensable dans l'étamage du fer, du cuivre, du laiton, et surtout des ustensiles de ménage ; on l'emploie encore pour précipiter le platine de ses dissolutions.

Il y a quelques autres applications peu importantes.

CHLORURE D'ANTIMOINE ou *beurre d'antimoine* (voyez ANTIMOINE) ; est employé dans les arts pour bronzer le fer et l'acier.

CHLORURE D'ÉTAIN. Il y en a deux : le protochlorure souvent appelé *sel d'étain*, et le perchlorure ou *liqueur fumante de Libavius* (voyez ÉTAİN) ; le *sel d'étain* est un mordant très employé en peinture, surtout pour fixer la couleur rouge de la cochenille ; il sert également à préparer le *pourpre de Cassius* pour le peintre sur porcelaine (voyez POTERIES).

CHLORURES DE MERCURE. Il y a deux chlorures de mercure : le protochlorure, aussi nommé *calomel* ou *mercure doux*, et le bi-chlorure ou *sublimé corrosif* ; ces deux sels sont d'un usage très fréquent en médecine.

Le protochlorure de mercure est blanc, insoluble et par suite peu vénéneux, mais il s'altère peu à peu par le contact de l'air en se changeant en un mélange de mercure métallique et de deutochlorure. On le prépare soit par voie de double décomposition, en précipitant du protonitrate de mercure par du sel marin, ou en chauffant un mélange de protosulfate de mercure et de sel marin pour volatiliser le protochlorure produit, soit en triturant 4 parties de deutochlorure avec 3 parties de mercure métallique, puis chauffant le mélange jusqu'à sublimation. Il est indispensable de laver à l'eau avec soin le produit obtenu, pour en séparer la petite quantité de sublimé corrosif qu'il renferme presque toujours, lorsqu'il a été préparé par l'un des deux derniers procédés que nous venons d'indiquer.

Le deutochlorure ou sublimé corrosif est très insoluble dans l'eau, et cristallise en aiguilles d'un blanc nacré ; sa saveur est styptique et métallique, très forte et désagréable ; c'est un poison des plus violents ; son antidote est l'albumine ou blanc d'œuf, délayé dans de l'eau. Il est employé dans les laboratoires, comme chlorurant énergique, et dans la teinture. On le prépare soit directement en dissolvant du mercure dans de l'eau régale et faisant cristalliser, soit par voie de double décomposi-

tion, en boumettant à la distillation un mélange de d'entousulfate de mercure et de sel marin, ou bien de 2 parties de sulfate de mercure, 2 p. de sel marin et 4 p. de peroxyde de manganèse.

CHLORURE DE POTASSIUM. C'est un sel qui ressemble beaucoup pour la forme et les propriétés chimiques au sel marin; sa saveur est salée, mais un peu amère; en se dissolvant dans l'eau il produit un abaissement remarquable de température qui peut aller, selon M. Gay-Lussac, jusqu'à 44°/2. Il est quelquefois employé en médecine.

CHLORURE DE SODIUM. (Voyez SEL).

CHLORURES DÉCOLORANTS. Ces composés, qui ont les propriétés des dissolutions de chlore, étaient autrefois regardés comme des chlorures d'oxydes; plus tard Berzelius les considéra comme des chlorites; actuellement Popinon la plus généralement admise consiste à les regarder comme des hypo-chlorites. Enfin, dernièrement, M. Millon a conclu de ses recherches que ces composés correspondaient à un degré supérieur d'oxydation, dans lequel l'exces d'oxygène qui constitue le peroxyde serait remplacé par une quantité équivalente de chlore, ce qui reviendrait à très peu près à l'ancienne hypothèse des chlorures d'oxydes. Quoi qu'il en soit, ces composés sont tous solubles et très peu stables; ils sont décomposés par tous les acides minéraux et même par l'acide carbonique qui donne lieu à un dégagement de chlore; c'est même à cette influence que l'on attribue les phénomènes du blanchiment en grand par le chlore de chaux. On sait en effet que la dissolution de chlorure de chaux n'est pas capable d'altérer les couleurs végétales les plus fugaces, à l'abri du contact de l'air; avec ce contact, ou plutôt à la faveur de l'acide carbonique contenu dans l'air, elle détruit, au contraire, les couleurs les plus stables avec une grande rapidité. S'il y a en présence une matière organique, le chlore au lieu de se dégager réagit sur cette matière en formant de l'acide hydrochlorique qui réagit sur le chlorure restant et donne lieu à un nouveau dégagement de chlore, de sorte que l'action de la dissolution en devient beaucoup plus rapide. Souvent, ainsi que nous l'avons vu à l'article BLANCHIMENT, on rend cette action plus prompte et plus régulière en trempant d'abord l'étoffe à blanchir dans une dissolution de chlorure de chaux, la retirant, l'égouttant légèrement et l'immergeant ensuite dans de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique qui dégage seulement une quantité de chlore proportionnelle à la quantité de chlorure dont le tissu est resté imprégné. Il résulte de ce qui précède que pour conserver les chlorures décolorants il est nécessaire de les conserver dans des vases bien bouchés, à l'abri du contact de l'air.

Nous allons successivement décrire les principaux de ces composés.

CHLORURE DE CHAUX (*angl.* chloride of lime, *all.* chlorkalk). Le chlorure de chaux se prépare en saturant de chlore soit de l'hydrate de chaux en poudre, soit un lait de chaux.

On place ordinairement la chaux éteinte en poudre par couches de 3 à 4 centim. d'épaisseur sur des planches de 0^m,60 de largeur, munies de rebords et dispo-

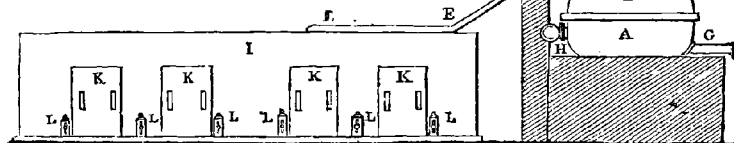
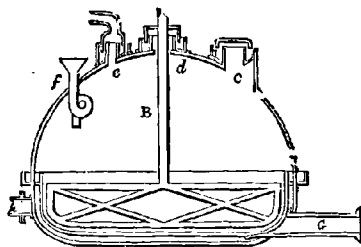
sées en étages contre les parois d'une chambre de 2^m,50 à 3^m,00 de hauteur, bâtie en grès et hermétiquement fermée, dans laquelle on fait arriver du chlore préparé avec un mélange de peroxyde de manganèse, de sel marin et d'acide sulfurique au degré de concentration qu'il atteint dans les chaudières de plomb (voyez CHLORE). Les cornues qui servent à préparer le chlore sont ordinairement de forme à peu près sphérique et construites en plomb; elles sont alors chauffées au moyen d'un courant de vapeur qui les enveloppe sur leur partie inférieure. Quelquefois la partie supérieure de la cornue est seule en plomb, tandis que la partie inférieure est en fonte et reçoit directement l'action du feu. On débarrasse ordinairement le chlore qui se dégage de la petite quantité d'acide hydrochlorique qui peut s'être formé en même temps, en le faisant passer au travers d'un flacon laqueur renfermant un peu d'eau qui retient l'acide; on le fait ensuite arriver au sommet de la chambre en maçonnerie, dans l'intérieur de laquelle il se répand uniformément en descendant peu à peu en vertu de sa grande densité qui est d'environ deux fois et demie celle de l'air. La durée totale de la saturation est d'environ quatre jours. Pour rendre facile à juger la marche de l'opération, il faut établir sur deux côtés en regard des ouvertures closes avec des vitres afin d'apercevoir la couleur de l'atmosphère. Les ouvertures qui servent à pénétrer dans la chambre sont fermées pendant l'opération par des portes mobiles, dont les bords sont garnis de li-sières recouvertes de bandes de papier collé. Quand l'opération est terminée, on ventile la chambre, avant d'y pénétrer, en ouvrant deux ouvertures opposées, ou bien en la mettant en communication avec une cheminée où il y a du feu et permettant à l'air d'y pénétrer par une autre ouverture.

Souvent on ouvre la chambre tous les deux jours en la chargeant par moitié à chaque fois, ce qui rend le travail plus facile et plus régulier.

On obtient moyennement 450 kilogr. de chaux solide du commerce, de bonne qualité, pour 400 kilogr. de sel marin employé; il est probable qu'on pourrait en obtenir jusqu'à 200 kilogr., en employant une proportion plus considérable d'acide sulfurique et de peroxyde de manganèse.

Les fig. 526 et 527 représentent un appareil du genre de celui que nous venons de décrire. La cornue dans laquelle on prépare le chlore est formée de deux parties en plomb A, B; la partie inférieure A est entourée d'une enveloppe en fonte; un courant de vapeur arrivant par

526.



527.

le tuyau H, dans l'espace compris entre les deux fonds, sert à chauffer la cornue; un tuyau de vidange G sert

à évacuer les résidus de l'opération; C, ouverture par laquelle on charge le sel marin et le peroxyde de manganèse; F, tube en S servant à introduire l'acide sulfurique; D, agitateur formé d'un axe vertical mis en mouvement par une machine, et portant un châssis qui sert à maintenir constamment les parties solides en suspension; E, tube de dégagement servant à conduire le chlore dans la chambre I, divisée en quatre compartiments.

Le chlorure de chaux solide se transporte facilement et se conserve mieux, sans altération, que le chlorure liquide, à cause de l'excès de chaux qu'il renferme; mais cet excès même s'oppose à ce que l'on puisse obtenir aussi aisément par son moyen des liqueurs aussi concentrées; aussi dans les lieux de très grande consommation, comme à Mulhouse, par exemple, il est avantageux de préparer immédiatement le chlorure de chaux à l'état liquide. Voici, d'après M. Schwartz, le procédé de préparation suivi dans cette localité :

Le chlore produit dans un double rang de ballons de verre chauffés au bain de sable, est conduit de chaque côté dans une auge en grès silicieux (de Guebwiller), par des tubes qui traversent un couvercle en bois enduit de mastic résineux reposant dans une rainure pratiquée sur les bords de l'auge. Un axe qui passe dans la longueur de l'auge porte des palettes en hélice dont les bords se trouvent à 5 ou 6 centim. de celle-ci; cet axe reçoit un mouvement continu au moyen d'une manivelle placée à une de ses extrémités. Un entonnoir placé à l'extrémité opposée de l'auge, s'élevant à la hauteur du couvercle, communique avec l'auge par un tube horizontal et est destiné à l'introduction du lait de chaux; enfin une ouverture placée du côté de la manivelle sert à retirer le chlorure.

Pour que l'opération marche bien, il faut élever immédiatement la température à 50° environ et l'y maintenir tant que le gaz se dégage; on la porte ensuite rapidement à l'ébullition et on la maintient à ce point quelques instants. Il faut avoir soin d'employer un excès d'oxyde de manganèse, et de placer un vase entre les ballons et l'appareil absorbant; les vases intermédiaires servent à retenir l'acide hydrochlorique qui en se distillant empêcherait le liquide des appareils producteurs de passer dans la cuve; ils ont l'inconvénient d'augmenter la pression dans les appareils et pour atténuer cet effet, il faut que les tubes ne plongent que d'une faible quantité dans le liquide. Si cette pression devait être assez forte pour faire boursouffler, on pourrait se servir au lieu de flacons d'une petite caisse en bois de la longueur de l'un des côtés, dans laquelle on mettrait une légère couche d'eau où l'on ferait plonger les tubes de quelques millimètres seulement; une ouverture devrait y être pratiquée dans la partie la plus déclive pour retirer facilement le liquide de la caisse.

La dissolution de chlorure de chaux, mêlée de chaux hydratée, se décompose à peine près de son point d'ébullition, tandis qu'elle se décompose avant 45° quand elle ne contient pas de chaux. L'agitation de la liqueur mettant sans cesse la chaux en contact avec le gaz empêche l'échauffement, et par conséquent la formation du chlorure de calcium. Aussitôt que la liqueur est saturée, il faut la retirer de l'appareil parce qu'elle s'y échauffe.

Le chlorure liquide le plus concentré marque 9°, tandis que les liqueurs les plus concentrées obtenues avec le chlorure solide ne marquent que 6°.

CHLORURE DE MAGNÉSIE. *Davy* recommande l'emploi de ce chlorure comme plus avantageux pour le blanchiment que celui du chlorure de chaux. Depuis, *Ure*, voulant vérifier l'exactitude de ce fait, fit préparer une grande quantité de ce chlorure en remplaçant dans une des chambres de saturation d'une fabrique de Glasgow, la chaux éteinte par de l'hydrate de magnésie. Le chlorure obtenu jouissait d'un pouvoir décolorant très actif,

mais le chlore y était retenu avec si peu de force qu'il agissait dans tous les cas aussi rapidement que s'il eût seulement été dissous dans de l'eau, ce qui, contrairement à l'opinion émise par *Davy*, rend tout à fait impossible l'application de ce chlorure en grand, tant au blanchiment des tissus, que dans l'impression des indiennes, pour enlever par places la couleur du fond.

CHLORURE DE POTASSE (*angl.* chloride of potash, *all.* chlorkali). Le chlorure de potasse ou *eau de Javelle*, très employé pour le blanchiment des toiles de fil, se prépare en saturant de chlore une dissolution de 7 p. de carbonate de potasse dans 400 p. d'eau; la liqueur étant très étendue, il ne se forme pas de chlorate de potasse.

CHLORURE DE SOUDE (*angl.* chloride of soda, *all.* chlornatron). Le chlorure de soude, aussi connu sous le nom d'*eau de Labarraque*, et quelquefois coloré artificiellement en rose violacé pâle, se prépare soit directement, en saturant de chlore une dissolution renfermant environ 20 p. 400 de carbonate de soude cristallisé, soit en décomposant le chlorure de chaux par le carbonate de soude; à cet effet on prend 4 kilogr. de chlorure de chaux au titre de 0,92, on le délaie dans 42 litres d'eau, on laisse déposer, on décante, on filtre et on traite le résidu par 2 litres d'eau; on mêle les liqueurs réunies avec une dissolution tiède de 2 kil. de carbonate de soude cristallisé dans 4 litres d'eau, on filtre, et on renferme la liqueur dans des flacons bien bouchés; on obtient ainsi 20 litres de chlorure de soude liquide.

Le chlorure de soude est employé dans le blanchiment du linge, ainsi que comme un moyen puissant de désinfection des objets suspects dans les maladies contagieuses.

CHOC. Lorsqu'un corps en mouvement vient à rencontrer un corps en repos, il se passe une série de phénomènes que l'on désigne sous le nom de choc, au moins quand il s'agit de deux corps solides. Lorsque le corps à l'état de repos est un liquide ou un gaz, les phénomènes de pénétration ou de résistance suivent des lois particulières que nous étudions dans des articles spéciaux, nous bornant ici à l'étude du choc entre les corps solides.

On peut partager en trois époques distinctes la durée entière du choc : dans la première, les corps se compriment, se refoulent; dans la deuxième, leur déformation est devenue la plus grande possible, et ils ont nécessairement acquis la même vitesse au point où s'opère la réaction réciproque; dans la troisième, enfin, les corps reviennent vers leur position primitive et tendent de plus en plus à se séparer, en vertu de l'énergie plus ou moins grande de leur force de ressort. Les éléments du calcul des effets du choc sont la vitesse du corps en mouvement, et les masses des deux corps entre lesquels le choc a lieu. (On sait que la masse est une quantité égale au poids du corps, divisé par 9^m.81). Il est bien évident que les effets d'impulsion sont en raison de cette quantité proportionnelle aux molécules matérielles qui constituent le corps.

Bien des exemples indiquent cette influence de la masse des corps. C'est ainsi que les cordonniers plaçant sur leurs genoux une forte pierre pour recevoir les coups de marteau dont ils frappent les semelles de souliers, et qu'il est possible de forger du fer sur une forte enclume posée sur le corps d'un homme, ou sur le plancher flexible d'un étage supérieur, sans blesser cet homme, sans endommager ce plancher. En effet, la vitesse communiquée à la pierre ou à l'enclume, et par suite au corps qui les supports, est extrêmement faible comparativement à celle que possède le marteau; de sorte que la flexibilité, l'élasticité naturelle de ces corps, suffit pour amortir les coups sans qu'il survienne d'accidents.

On distingue deux cas différents des effets du choc :

celui qui a lieu entre des corps non élastiques, et celui qui a lieu entre des corps parfaitement élastiques. Nous allons examiner ces deux cas, et les résultats de nos observations s'appliqueront aux divers corps de la nature, en raison de ce qu'ils se rapprocheront davantage de l'une de ces deux classes.

Corps non élastiques. Lorsqu'un corps est dénué d'élasticité, ou qu'il peut perdre celle qu'il possède par suite de la grande déformation produite par le choc, la troisième période que nous avons supposé exister ne se produit plus. Les deux corps continuent à cheminer ensemble en vertu de leur vitesse acquise, sans réagir désormais l'un sur l'autre. La vitesse des deux corps réunis est absolument la même que celle qui eût été imprimée aux deux corps s'ils avaient été primitivement réunis par la force qui n'a mis originairement en mouvement que l'un des corps. Le cas que nous supposons ici arrive, par exemple, quand une balle d'argile ou de cire molle, lancée contre un corps résistant et élastique, demeure collée après ce corps, ou quand une balle dure et élastique, lancée contre un bloc de bois suspendu librement au bout d'une corde, demeure enfoncée dans l'intérieur de ce bloc.

Corps parfaitement élastiques. Toutes les fois que les corps auront suffisamment de ressort pour revenir exactement à leur forme primitive, après l'instant de la plus grande compression, la force de réaction reprenant dans le débandement des corps les mêmes valeurs pour les mêmes positions relatives de ces corps, il est clair que les vitesses exprimées ou détruites seront précisément égales à celles qui l'ont été pendant la compression.

C'est ce que l'on voit au jeu de billard : quand une bille vient en choquer une autre directement, il arrive qu'elle s'arrête tout à coup dans la place même qu'occupait cette autre, tandis que celle-ci chemine avec toute la vitesse de la première. La même expérience se répète bien facilement, et d'une manière peut-être plus frappante, en juxtaposant plusieurs billes. Le choc direct d'une autre bille ne met en mouvement que la plus éloignée, tandis que toutes les intermédiaires restent en repos, après avoir reçu et transmis intégralement l'effet du choc. Cette expérience se répète dans tous les cours de physique à l'aide d'une série de billes d'ivoire librement suspendues à des fils de soie. En écartant la dernière bille et la laissant retomber, la bille de l'autre extrémité s'éloigne des autres par le choc; en écartant deux billes, les deux billes opposées s'éloignent des autres, et ainsi de suite.

Il faut observer que dans la pratique il n'en est pas comme dans l'exemple précédent; outre que la plupart des corps ne peuvent être considérés comme parfaitement élastiques, il arrive que le plus souvent les molécules conservent, à l'instant de la séparation, des vitesses qui constituent des mouvements vibratoires, lesquels absorbent toujours une certaine portion du mouvement primitif, et souvent une partie considérable. C'est tant à cause de cette consommation du travail moteur, qu'à cause de la destruction et des altérations des pièces et des assemblages, que le choc doit en général être évité avec le plus grand soin, toutes les fois qu'il ne forme pas, ce qui n'arrive que dans des cas rares, le meilleur mode d'agir de l'opérateur.

De la communication du mouvement par le choc. Ce qui caractérise le mode de communication dont nous parlons, c'est l'excessive petitesse de durée du choc entre des corps très résistants; ce n'est qu'en cela que cette communication de mouvement diffère de celle qui a lieu par les forces motrices ordinaires, telles que la pesanteur, etc. On ne doit pas pour cela, comme l'ont fait quelques auteurs, considérer la durée des chocs comme entièrement nulle, ce qui les a conduits bien à tort à supposer infinies les forces de réaction qui

se développent pendant la compression réciproque des corps.

« Le choc produisant, dit Poncelet, dans un temps excessivement court, un travail ou un effet comparable à celui que produisent dans un temps généralement beaucoup plus long les pressions ordinaires, il y a souvent avantage, nécessité même d'employer ce mode d'action dans les arts, malgré les inconvénients qui y sont attachés (principalement la consommation d'une grande quantité de travail), car, toutes les fois que la pression ou l'effort direct dont on pourra disposer pour produire un travail mécanique sera au-dessous de la résistance à vaincre, il faudra recourir au choc qui développe des pressions considérables, et toujours en rapport avec la force de réaction. »

Ce qui précède suffit pour donner quelques idées exactes sur l'emploi du choc dans l'industrie et sur l'efficacité de ce mode d'opérer. Nous nous attacherons surtout à un exemple important; nous voulons parler du battage des pilotis employés dans les fondations des ponts et ouvrages hydrauliques, battage qui s'effectue à l'aide de machines connues sous le nom de sonnettes, et qui consistent, en général, en des systèmes propres à élever à une certaine hauteur une masse pesante en fonte appelée *mouton*, qui retombe sur la tête du pilotis.

Pour utiliser le plus avantageusement possible le travail du mouton qui sert à battre les pilotis, il faut qu'il soit employé seulement à les enfoncer, du moins autant que faire se peut. On en consolide la tête par une frette en fer, et on arme la pointe d'un sabot de fer pour éviter la consommation de travail qui résulterait de l'écrasement des extrémités. Enfin, on dresse et on arrondit les côtés pour diminuer les résistances qui s'opposent à l'enfoncement.

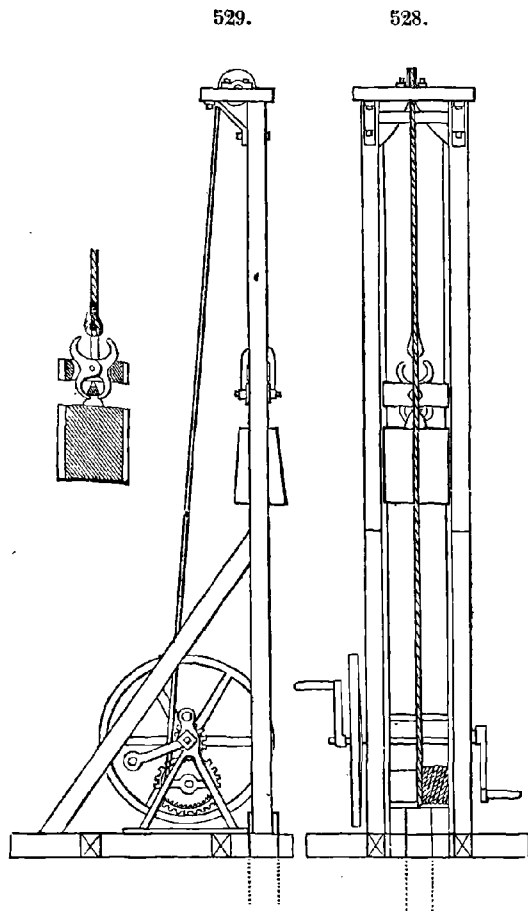
On dispose le pieu et on l'enfonce par une action peu énergique, jusqu'à ce qu'il commence à offrir une certaine résistance; puis, par des moyens plus puissants, on le met *au refus*. Il en est ainsi quand l'enfoncement d'un pilotis de 0^m,25 de diamètre et de 3 à 4 mètres de longueur, n'est que de 4 à 5 millimètres pour chacune des dernières volées de trente coups d'un mouton de 3 à 400 kil., tombant d'une hauteur de 4^m,30. On peut alors, d'après les observations de Perrot, charger en toute sécurité chaque tête de pilotis jusqu'à 25,000 kilogrammes.

Nous ne donnerons ici que les appareils dits *sonnettes*, habituellement employés dans les travaux; mais nous devons au moins citer une curieuse invention du constructeur anglais *Nasmyth*, qui a établi un mouton à enfoncer les pilotis, marchant par l'action directe de la vapeur. Cet appareil, analogue au marteau-pilon, est adapté sur la tête d'un pilotis; il suffit d'ouvrir un robinet qui donne entrée dans le cylindre à la vapeur amenée d'une chaudière de locomotive par un tuyau articulé, pour que les coups successifs du piston viennent lancer le marteau sur la tête du pilotis comme sur l'enclume du marteau-pilon et faire descendre tout le système. La rapidité et la puissance d'action de cet appareil le rendent précieux pour les travaux qui sont d'une grande importance et offrent des difficultés extraordinaires. On s'en fera une idée quand nous dirons que l'on peut, avec cet appareil qui reçoit de la vapeur à haute pression, faire frapper au mouton, qui pèse 4,500 kilogrammes, quatre-vingts coups par minute. Les effets sont surprenants, car l'enfoncement dans un sol ordinaire de pieux de 30 centimètres d'équarrissage dépasse souvent 2 mètres par minute.

Dans la plupart des cas de la pratique, on peut considérer comme suffisants les appareils plus simples et moins coûteux d'établissement que nous allons décrire. Les sonnettes le plus généralement employées dans les travaux hydrauliques pour enfoncer les

pilotis sont fort simples. La sonnette à tirande se compose simplement d'un mouton suspendu sur une poulie par un cordage. L'extrémité de ce cordage est attachée à un faisceau de cordes, sur chacune desquelles des hommes tirent ensemble et lèvent le mouton, qu'ils laissent retomber en lâchant tous en même temps. Cette sonnette est très simple, ce qui fait qu'elle est souvent employée, mais elle fatigue beaucoup les ouvriers. Des expériences comparatives faites entre cet outil et celui dont nous allons parler, prouvent que le travail nécessaire pour enfoncer un pieu avec ces deux outils varie dans le rapport de 453 à 34.

La sonnette à Déctic (fig. 528 et 529) se compose d'un



treuil et d'une poulie, autour de laquelle passe le cordage qui soutient le mouton. Celui-ci peut être élevé beaucoup plus haut que dans la sonnette à tirande, et par suite agir bien plus puissamment. Le mouton est saisi par une pince (fig. 530), dont les branches croisées tendent à se rapprocher par le bas par l'effet de leur poids et d'un double ressort convenablement disposé. Le mouton étant saisi par la pince, on le fait monter au moyen d'un treuil ; quand il arrive au haut de la sonnette, les bords supérieurs de la pince rencontrent des obstacles qui les forcent à se rapprocher, et par suite celle-ci s'ouvre et laisse tomber le mouton. On redescend la pince et la manœuvre recommence. Afin d'a-

bréger le travail, on fixe le tambour du treuil sur son axe au moyen d'une cheville; en enlevant cette cheville, le treuil se déroule et la pince tombant sur le mouton avec une certaine vitesse, ses deux mâchoires s'ouvrent et saisissent l'anneau placé à la tête du mouton. On remet la cheville ci-dessus, et l'appareil est de nouveau prêt à fonctionner.

CHOCOLAT (*angl. et all. chocolate*). Le chocolat, employé depuis un temps très reculé au Mexique, fut importé en Europe pour la première fois, en 1520, par les Espagnols, qui tinrent longtemps sa fabrication secrète.

La matière première du chocolat est la fève de cacao, semence du cacaotier (*theobroma cacao*. — Linnée), qui croît sous les tropiques, en Amérique et dans les Indes occidentales; cet arbre, de la grosseur d'un oranger, porte des fruits rouge-jaunâtres, de la forme d'un concombre, et ayant 0^m,45 de long sur 0^m,07 à 0^m,15 de diamètre. Ces fruits présentent dix côtes et sont remplis, à l'intérieur, d'une substance rougeâtre spongieuse, analogue à la chair des melons d'eau, qui englobe de 25 à 40 fèves de cacao disposées sur cinq rangs; ces fèves se composent d'une substance noir-rougeâtre d'un goût aromatique et agréable, quelque peu amer, renfermée dans une pellicule ou cosse rouge-noirâtre. Le fruit des cacaotiers des Indes occidentales (Berbice et Demerara) est beaucoup plus petit, et ne contient guère que de 40 à 45 fèves.

Le meilleur cacao est le *caraque*, qui nous arrive du Caraccas renfermé dans des sacs de cuir. Les fèves doivent être très grosses et très épaisses, grasses au toucher, d'un goût agréable, et recouvertes d'une poussière d'un blanc argentin, sans aucune moisissure. Les cacaos des Indes occidentales et des Antilles sont plus clairs, moins gros, et ont une saveur plus amère que le caraque.

Le cacaotier donne deux récoltes de cacao par an, chacune de 4 à 4 kil. Aussitôt que les fruits sont mûrs, ce qu'on reconnaît à leur couleur jaune-rougeâtre, on les cueille et on en sépare les fèves que l'on met dans des caves ou des fosses, où on les laisse pendant quelques jours après les avoir recouvertes de planches chargées de pierres, en ayant soin de les remuer chaque matin; on détermine ainsi une sorte de fermentation, par suite de laquelle le cacao augmente de volume et se fonce en couleur, en perdant une partie de son amertume; on achève ensuite de le sécher au soleil avant de le livrer au commerce.

D'après Lampadius, le cacao des Indes occidentales renferme, non compris la cosse, qui forme environ 15 p. 100 du poids des fèves :

Beurre de cacao.	53,40
Matière brune albumineuse qui renferme le principe aromatique du cacao.	46,70
Amidon.	40,94
Matière gommeuse.	7,75
Fibres végétales.	0,99
Matière colorante rouge.	2,04
Eau.	8,63
	400,00

Les cosses ne renferment aucune matière grasse, mais elles donnent par une ébullition prolongée avec de l'eau un extrait coloré en brun d'un goût assez agréable, et qui, à cause de son bas prix, est assez employé dans la classe pauvre au lieu et place du chocolat. Ainsi en

Irlande, pays proverbial pour la misère de ses habitants, la consommation annuelle des cosses de cacao s'élève à plus de 300,000 kil., tandis que celle du chocolat n'atteint pas 2,000 kil.

En exprimant à chaud les fèves de cacao, on en retire de 30 à 36 p. 100 de *beurre de cacao*, corps gras, que l'on peut purifier en le faisant fondre dans de l'eau, puis laissant refroidir; il est alors blanc, à la consistance du suif et fond à 50° C. Il se distingue des autres corps gras, en ce qu'il rancit très difficilement.

Pour fabriquer le chocolat, on commence par torréfier le cacao, sur un feu très doux, dans des cylindres en tôle analogues à ceux que l'on emploie pour griller le café, dans le but de développer son arôme, de lui enlever une partie de son amertume, et de rendre les coques fragiles. Lorsqu'on a atteint le degré de torréfaction convenable, on vide le cylindre sur une table, et lorsque le cacao est à demi refroidi, on brise les coques en passant légèrement dessus un rouleau en bois, ou en faisant passer le cacao dans une espèce de moulin concasseur, puis on le vanne, afin de séparer entièrement les coques. On réduit ensuite le cacao en pâte molle, en le pilant vivement à la main dans un mortier en fonte, que l'on a fait chauffer d'avance avec son pilon à une température de 60 à 80°, en y plaçant des charbons incandescents, et que l'on enveloppe d'une forte toile d'emballage pliée en plusieurs doubles et maintenue par une ficelle, après en avoir retiré le charbon, pour y maintenir la chaleur le plus longtemps possible. On ajoute par tiers, en continuant le broyage, le sucre, dont le poids total doit être égal à celui du cacao employé. Lorsque l'on incorpore dans le chocolat des aromates, tels que de la vanille, de la cannelle, etc., on les ajoute en même temps que le dernier tiers de sucre. Pour la cannelle, rien n'est plus facile, il suffit de la prendre de bonne qualité et en poudre très fine; mais la vanille, qui ne peut être pulvérisée par les moyens ordinaires, exige une préparation particulière, qui consiste à la couper en fragments et à la broyer à froid avec du sucre en morceaux, qui la déchire et qui finit par la réduire en une pulpe, à laquelle on ajoute du sucre en poudre pour la diviser complètement. On emploie une cosse de vanille par 750 grammes de cacao.

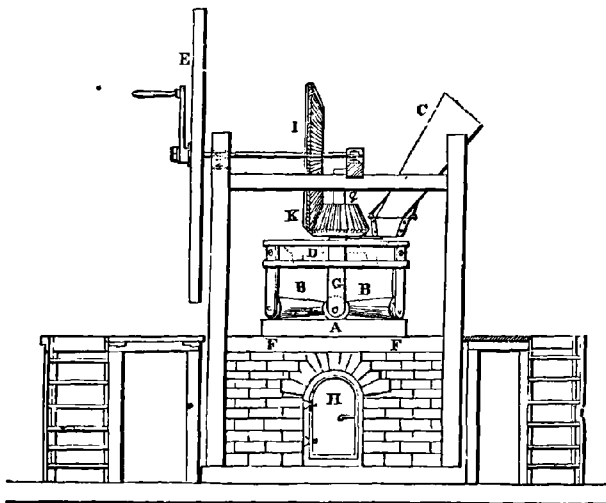
Le dernier broyage pendant lequel on incorpore le sucre se fait ordinairement sur une plaque en grès, en marbre ou en fonte, préalablement chauffée à une température de 50 à 60°, à l'aide de rouleaux en fer ou en fonte grisé tournés et animés d'un mouvement de va-et-vient qu'on leur communique à la main, ou qu'ils reçoivent d'une machine à vapeur, ou de tout autre moteur, au moyen de mécanismes faciles à imaginer.

Quand le mélange est bien opéré, on divise rapidement le chocolat par parties de 425 grammes, que l'on place dans des moules en fer-blanc, dont la forme est bien connue. Ces moules sont ensuite placés sur un châssis en bois que l'on incline alternativement de chaque côté, par de brusques mouvements, pour étaler le chocolat. Par le refroidissement, il prend un peu de retrait, de telle sorte qu'il se détache ordinairement de lui-même lorsqu'on retourne le moule; s'il ne se séparait pas, il faudrait légèrement forcer le moule en le tenant par les deux extrémités d'une même diagonale. Quand la pâte est trop chaude, il arrive quelquefois qu'elle adhère au moule et qu'elle se boursouffle; quand elle est trop froide, elle se moule mal et ne prend pas de bril-

lant: il faut donc opérer à une température fixe, que l'habitude apprend à reconnaître par la consistance de la pâte, qui doit être molle sans être fluide.

Le chocolat de santé est aromatisé avec de la cannelle. Les chocolats analeptiques au salep et au lichen se préparent en ajoutant au chocolat fin ordinaire, sans aromates, 4/16^e de poudre de salep ou de poudre de lichen privé en partie de son amertume par des macérations dans l'eau froide.

Nous avons dit que l'on broyait souvent le chocolat à l'aide de machines, la fig. 534 représente le moulin le plus généralement employé à cet effet; une manivelle,



534.

mue à bras d'hommes ou de toute autre manière, dont le mouvement est régularisé par le volant E, fait tourner, par le moyen de l'engrenage conique I, K, l'axe G, fixé à un châssis G, qu'il entraîne dans son mouvement de rotation, et qui porte les axes de six rouleaux coniques B, B, qui roulent sur la table en marbre ou mieux en porphyre A, placée sur un fond en fonte formant la voûte d'un foyer H, dans lequel on entretient un peu de feu, et entourée d'un rebord en bois FF, servant à recevoir les parties de la pâte qui peuvent tomber de la table A; on jette le cacao torréfié et vanné dans la trémie C, qui le conduit dans le distributeur D, d'où il tombe sous les cylindres broyeurs. La série des manipulations est tout à fait la même que celle que nous avons déjà décrite, à cela près qu'elles ont toutes lieu successivement dans le même appareil.

Une machine, telle que celle que nous venons de décrire, mue par un cheval, et ayant une table de 0^m,80 de diamètre, fabrique moyennement 5 kilogr. environ de chocolat fin par heure de travail.

Un bon chocolat ne doit point s'épaissir lorsqu'on le fait bouillir avec de l'eau ou avec du lait; cela n'a lieu que lorsqu'il est falsifié avec de la farine ou de la féculé.

Le chocolat est très sujet à être attaqué par les vers; pour le préserver, il faut le préparer dans un endroit où il n'y a pas d'insectes, et le couvrir aussitôt après d'une feuille d'étain qui s'applique bien à la surface et le défend contre l'action des agents extérieurs.

Depuis quelques années, l'établissement *Mesnier*, à *Noisiel* (voyez *BROYAGE*), qui fabrique mécaniquement une immense quantité de chocolat, a introduit dans le commerce des cacaos broyés, de différentes qualités, qui remplacent avantageusement le chocolat par l'éco-

nomie qu'ils procurent; 12 gram. de cacao maragnan, de première qualité et 4 gram. de cacao caraque broyés, mêlés avec leur poids de sucre, suffisent pour former une excellente tasse de chocolat.

CHROMATES. Les chromates sont des composés assez stables formés par l'acide chromique; il y en a de neutres, de basiques et d'acides, qui sont tous colorés en jaune ou en rouge; un certain nombre d'entre eux sont insolubles. Tous les chromates solubles sont des poisons assez violents. Les principaux chromates sont les suivants :

CHROMATE DE MERCURE. S'obtient en précipitant une dissolution de proto-nitrate de mercure par du chromate de potasse; le précipité qui est d'un beau rouge, bien lavé et séché, sert à la préparation de l'oxyde de chrome.

CHROMATE DE PLOMB (*angl.* chrom-yellow, *all.* chromgelb). Ce sel est insoluble, d'un beau jaune et s'obtient par double décomposition en versant du chromate de potasse dans une dissolution d'acétate de plomb. Sa teinte passe du jaune-serin au jaune-orangé suivant que le chrome employé est acide ou basique. Il est très employé en peinture.

CHROMATES DE POTASSE (*angl.* chromate of potash, *all.* chromsaures kali). La potasse forme avec l'acide chromique deux sels employés dans les arts, savoir :

1° Le chromate de potasse se prépare au moyen du chromite de fer ou fer chromé qui est composé d'oxyde de chrome, de peroxyde de fer, d'un peu d'alumine et de silice; on pulvérise ce minéral très finement et on le chauffe avec une certaine quantité de nitre, jusqu'au blanc naissant, dans des creusets ou même dans des fours à réverbère; on reprend ensuite par l'eau et on fait cristalliser. La proportion de nitre que l'on emploie varie suivant la richesse des minerais; on en ajoute aux minerais de première qualité, les trois quarts de leur poids, et seulement la moitié aux minerais communs. Le chromate de potasse cristallise en petits prismes transparents, d'un beau jaune. Il est très soluble dans l'eau. Du linge et du papier imbibés de ce sel et desséchés brûlent comme du papier nitré. Le sulfate de potasse cristallise facilement avec le chromate, qui peut en renfermer jusqu'à 50 p. 400 (ce qui arrive quelquefois dans le commerce), sans en altérer la couleur. On reconnaît cette fraude en dissolvant un poids donné de chromate cristallisé dans de l'eau, y ajoutant de l'acide tartrique et faisant même au besoin bouillir pendant quelques minutes, puis précipitant l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte par un sel soluble de baryte. On doit agir sur des dissolutions assez étendues parce que le tartrate de potasse étant peu soluble pourrait induire en erreur dans la cas de dissolutions concentrées.

2° Le bi-chromate de potasse cristallise en larges tables rectangulaires d'un beau rouge-orangé; il est beaucoup moins soluble que le précédent dans l'eau qui n'en dissout à froid que 4/10^e de son poids; on l'obtient en ajoutant une certaine quantité d'acide nitrique à une dissolution de chromate neutre et faisant cristalliser; lorsqu'on emploie de l'acide sulfurique, le sel que l'on obtient renferme toujours une proportion plus ou moins grande de sulfate de potasse, que l'on reconnaît, comme nous l'avons dit plus haut, pour le chromate neutre.

Ces deux chromates servent dans la teinture.

CHROMATE DE SOUDE. Se prépare comme le chromate de potasse, et est encore plus soluble. **CHROMATE DE ZINC.** Voyez BLANC DE ZINC.

CHROME (*angl.* chromium, *all.* chrom). Le chrome est un métal découvert en 1797 par Vauquelin, très difficile à obtenir pur, et qui n'a aucune importance sous le rapport industriel; mais il en est tout autrement de plusieurs de ses combinaisons dont nous parlerons tant dans cet article qu'au mot CHROMATES.

Le chrome en se combinant avec l'oxygène forme un

oxyde, un acide et un composé intermédiaire de peu d'importance, que l'on regarde comme du chromate d'oxyde de chrome.

Le protoxyde de chrome est vert, insoluble dans les acides quand il a été calciné, et au contraire très soluble lorsqu'il a été précipité à l'état d'hydrate d'une dissolution; infusible par lui-même, il fond très bien avec les fondants qu'il colore en beau vert d'émeraude; il est isomorphe avec le peroxyde de fer et se compose de 2 atomes de chrome et 3 atomes d'oxygène; il constitue l'une des trois couleurs qui peuvent seules s'appliquer au grand feu sur la porcelaine, et est celle des trois qui donne les contours les plus nets. Voici quels sont les principaux procédés que l'on suit pour les préparer :

1° On précipite du proto-nitrate de mercure par du chromate de potasse; le précipité lavé est du chromate de protoxyde de mercure en poudre rouge que l'on calcine; le mercure est ramené à l'état métallique et se volatilise, tandis que l'acide chromique se décompose, il se dégage de l'oxygène et il ne reste que de l'oxyde de chrome pur;

2° On projette successivement par petites portions, dans un creuset en terre, chauffé au rouge, parties égales de bi-chromate de potasse et de soufre; une partie du soufre se combine avec le potassium pour former du sulfure de potassium, tandis que l'autre s'emparant de l'oxygène de la potasse réduite, et d'une partie de celui de l'acide chromique qui se transforme en oxyde de chrome, donne naissance à de l'acide sulfurique qui se combine avec une partie de la potasse pour donner du sulfate de potasse; en lavant ensuite le tout, on dissout le sulfure de potassium et le sulfate de potasse, et l'on isole le protoxyde de chrome insoluble;

3° On fait bouillir du chromate neutre de potasse avec de l'eau et la moitié de son poids de fleur de soufre, jusqu'à ce que tout le chrome se soit précipité à l'état d'oxyde hydraté; on le sépare du soufre en excès avec lequel il se trouve mélangé, en le dissolvant dans de l'acide sulfurique étendu, précipitant par du carbonate de potasse et calcinant le précipité;

4° On fait bouillir une dissolution de chromate de potasse avec de l'acide hydrochlorique et de l'alcool, on obtient dans la liqueur un mélange de chlorure de potassium et de chlorure de chrome, et selon qu'on y verse une dissolution de potasse caustique ou carbonatée, on en précipite de l'hydrate ou du carbonate de protoxyde de chrome, qui calcinés l'un et l'autre donnent de l'oxyde pur;

5° On prépare une dissolution concentrée de chromate de potasse, que l'on sature avec de l'acide sulfurique étendu, puis on ajoute du sel marin et de l'acide sulfurique concentré, et l'on fait bouillir; il se forme des sulfates de potasse et d'oxyde de chrome, et il se dégage du chlore; on évapore à siccité, on reprend par l'eau, on filtre et on précipite par la potasse caustique; l'oxyde de chrome que l'on obtient ainsi a une couleur verte teintée de bleu.

L'acide chromique est d'un beau rouge de rubis, très soluble dans l'eau et peu stable lorsqu'il est isolé, c'est un acide très puissant, qui se compose de 10 atomes de chrome et de 3 atomes d'oxygène, et qui forme des sels isomorphes avec les sulfates. On l'obtient en décomposant la perfluorure de chrome par la vapeur d'eau, ou bien en décomposant le bichromate de potasse par l'acide hydro-fluosilicique, décantant, et concentrant dans le vide.

Les sels de chrome se distinguent en sels à base de protoxyde et en CHROMATES.

Les sels de protoxyde sont d'un beau vert émeraude ou de couleur améthiste foncée; ils sont précipités en gris-verdâtre par les alcalis ou leurs carbonates, ainsi que par les hydrosulfates alcalins.

Nous avons déjà décrit les caractères des chromates.

Le seul minéral de chrome un peu abondant est le *fer chromé*, composé d'oxyde de chrome, de peroxyde de fer, d'alumine et de silice. Il nous vient actuellement du Norwège. Le *spinelle* doit sa couleur rouge à une faible quantité d'acide chromique, et l'*émeraude* verte est colorée par un peu d'oxyde de chrome.

CHRONOMÈTRE. Les ouvrages d'horlogerie désignés spécialement par le nom de *chronomètres*, sont destinés à donner une division du temps plus exacte et plus subdivisée que les instruments employés à l'usage civil. Les chronomètres sont nécessaires à la navigation, à l'astronomie, à la physique, et à toutes les observations dans lesquelles le calcul de la durée ou de l'époque des phénomènes exige une appréciation minutieuse. On peut, avec des instruments de cette espèce, évaluer la durée en dixièmes de secondes, et même à 3 ou 4 centièmes de secondes près.

Les chronomètres ou garde-temps se divisent en trois classes : 1° les horloges marines qui se placent sur les bâtiments; 2° les montres dites garde-temps que l'on porte sur soi; et 3° les horloges astronomiques à pendule, qui se placent dans les observatoires et servent à toutes les observations que les astronomes sont appelés à faire. Ces derniers instruments étant fixes, possèdent une marche bien supérieure à ceux qui sont portatifs.

Les horloges marines et les montres à longitudes s'emploient pour conserver le temps en mer, ou dans les voyages terrestres, et servent principalement à déterminer les degrés de longitude entre le méridien du lieu où se trouve le voyageur, et celui du point de départ ou de tout autre méridien convenu.

Lorsque l'on dirige sa route vers l'Orient, on a le Midi plus tôt, de la quantité de degrés réduite en temps dont on se trouve avancé dans cette direction; le contraire a lieu en marchant vers l'Occident, où le Midi arrive plus tard. Si le voyageur est muni d'un chronomètre dont la marche diurne lui soit bien connue, et se soit conservée depuis l'heure prise au point de départ au moyen d'observations astronomiques, la direction de la route vers l'Est ou vers l'Ouest n'ayant point influé sur la marche de ces instruments, il donnera toujours la mesure du temps telle qu'on la compte au point de départ (1). Le chronomètre porté vers l'Orient paraîtra donc en retard, puisqu'on y a le Midi plus tôt, et porté vers l'Occident il paraîtra en avance. La comparaison de l'heure qu'il indiquera avec celle du point de station du voyageur, connue par de nouvelles observations faites sur ce point, donnera, par la différence entre les deux temps réduite en degrés, la position du lieu en longitude, à l'égard du premier méridien, ou de celui du point de départ.

La hauteur du pôle, ou celle des astres, fera connaître facilement la latitude à l'aide des tables astronomiques.

Le voyageur pourra donc déterminer ainsi sa position dans les deux sens, à l'égard de tout autre lieu dont la longitude et la latitude sont déjà fixées.

Pour connaître en pleine mer la position d'un na-

(1) Le temps se mesure par les retours réguliers d'un même phénomène. Le retour d'un même méridien terrestre vers une même étoile sert à mesurer la durée du jour sidéral. Ce même retour, à l'égard du soleil (en tenant compte des variations annuelles données par les tables d'équation pour chaque jour), mesure le jour solaire moyen ou le temps moyen. Si la direction du voyageur est toujours dans le même méridien, c'est-à-dire s'il marche bien directement d'un pôle terrestre à l'autre, les temps d'intervalle entre les retours du méridien terrestre vers le même corps céleste, corrigé par les tables, seront égaux. Mais si le voyageur dévie dans sa route et change de méridien, s'il s'avance vers l'est ou vers l'ouest, il en résultera pour lui une différence sur la durée du jour, en moins dans le premier cas, ou en plus dans le second.

vire, on a longtemps employé uniquement, et l'on emploie même encore souvent, la méthode pratique de l'estime, en mesurant la vitesse du bâtiment et la direction de son mouvement par le moyen du loch et de la boussole.

Ce moyen appliqué seul devient fort incertain dans les voyages de long cours, par la déviation des courants, les variations locales de la direction de l'aiguille aimantée, l'incertitude du calcul de la vitesse surtout par certains temps, etc., ce qui expose le navigateur à se trouver sans le savoir près des côtes, des bancs ou d'autres écueils, cachés par l'obscurité des nuits, ou dans le jour par les brumes.

On fait aussi usage de moyens purement astronomiques pour connaître la longitude d'un lieu, tels que l'observation des satellites de Jupiter, le lieu de la lune, ou sa distance au soleil ou aux étoiles, les oscillations d'étoiles par la lune, les éclipses. Ces observations sont difficiles, quelques-unes même sont impraticables à bord; elles exigent toutes des calculs compliqués. L'usage des horloges marines est beaucoup plus simple. Cependant l'observation des mouvements de la lune, grâce à la précision actuelle des tables, peut être d'une grande utilité. La méthode pratique de l'estime devient aussi nécessaire pour de courts intervalles, pendant lesquels l'état du ciel ne permet pas d'observer, et l'appui mutuel de ces moyens en assure l'exactitude.

Newton indiqua le premier le secours de l'horlogerie, dont il semble avoir pressenti les progrès, comme le moyen le plus facile pour déterminer les longitudes en mer, si l'on parvenait à exécuter des instruments portatifs de ce genre assez exacts pour conserver l'heure sur le vaisseau, sans erreur de plus de deux minutes de temps après une traversée de quarante-deux jours (la différence qui résulte d'un tel écart est de 40 lieues environ pour l'équateur, et diminue à mesure que l'on est plus près du pôle). On commençait à contraindre à cette époque des horloges à pendule un peu régulières, mais il n'y avait pas d'instruments portatifs en état d'éprouver sans dérangement les secousses d'un voyage de terre ou de mer, et même, longtemps après cette époque, la marche des meilleures montres ou horloges à balancier, bien que placées dans un lieu fixe, était loin d'égaliser celle des horloges à secondes et à pendules les plus médiocres. La grande facilité que présentait l'horlogerie pour connaître la longitude, si cet art pouvait acquérir assez de perfection, déterminait des nations commerçantes à stimuler le zèle et les efforts des plus habiles artistes par des encouragements à la fois honorables et lucratifs. A force de recherches et d'expériences, on parvint à composer des horloges marines qui se firent remarquer par un commencement de succès. Souvent aussi des résultats moins heureux donnèrent lieu de craindre que pendant de longs trajets, dans des intervalles d'observations éloignées, il n'y eût dans les meilleures marches indiquées de fortes variations qui se fussent compensées sans avoir été connues; les horloges consultées dans ces moments d'écart auraient pu entraîner le navigateur dans des erreurs funestes.

On devait penser en effet que la régularité de ces instruments, dépendant particulièrement de l'application délicate de principes physiques et mécaniques fort compliqués, et de la constance dans les effets d'un mécanisme extrêmement subtil, pouvait être aisément altérée par les mouvements irréguliers du bâtiment, par le choc des vagues dans les temps orageux, les secousses de l'artillerie, la différence des climats, les grandes variations de température, etc. Il était donc peu probable que leur exactitude se soutint constamment au milieu de tant d'obstacles et d'influences sur les métaux et sur l'huile absolument nécessaire dans les frottements de plusieurs parties; la moindre de ces

causés devrait nécessairement altérer le résultat du calcul des forces et des résistances que l'artiste avait eu tant de peine à combiner. Cependant les succès ont en quelque sorte surpassé l'espoir, et heureusement l'examen plus approfondi de toutes les difficultés, la persévérance dans de nouveaux essais, l'expérience, la découverte heureuse de principes inconnus jusqu'alors, ont enfin procuré la régularité désirée, au point de pouvoir souvent déterminer la longitude d'un navire, après plusieurs mois de traversée, à moins d'une demi-lieue sous l'équateur, et d'obtenir quelquefois des horloges marines une exactitude semblable à celle des meilleures horloges astronomiques à pendule.

Il ne suffisait pas toutefois aux besoins de notre navigation que l'on fût parvenu à rendre les horloges marines exactes et solides, il fallait encore les établir en fabrication comme les horloges et les montres ordinaires, seul moyen d'en réduire le prix, d'en faciliter, d'en multiplier l'emploi et de couvrir ainsi les frais d'établissement. Chaque ouvrage de ce genre avait toujours exigé l'étude spéciale de l'artiste le plus habile, de longs tâtonnements, enfin des soins particuliers et différents pour chaque pièce, et ne pouvait conséquemment être copié et multiplié en manufacture.

Cet avantage ne pouvait résulter que d'un concours heureux de circonstances rarement réunies; car, pour entreprendre un pareil établissement, il fallait d'abord bien connaître les règles générales de la composition de cette sorte de machines, avoir vaincu les dégoûts d'un tâtonnement sans bornes, et après avoir fourni aux frais qu'entraînent les épreuves nécessaires en tous genres pour découvrir les principes, trouver encore les moyens de pourvoir aux dépenses des instruments d'une construction et d'une justesse particulières à ce genre de travail et exigés par une fabrication en grand. On voit qu'il n'est point de sacrifices de temps et de fortune auxquels on ne doive se résigner, si l'on veut obtenir à la fois la sûreté et l'économie réclamées par la navigation; aussi ne compte-t-on qu'un petit nombre d'artistes en France qui se soient occupés avec succès de l'horlogerie marine, et ce n'est que dans ces dernières années que nous avons pu voir en établir la fabrication en manufacture.

Pénétrés de l'utilité d'une telle entreprise, ainsi que des difficultés qu'elle présente, nous avons depuis longtemps dirigé nos recherches vers ce sujet, et comme, après l'étude des principes qui lui sont particuliers, l'expérience devait surtout nous guider dans leur application, nous avons recueilli en notes, depuis plus de trente années, toutes les causes de dérangement, d'altération, de destruction quelconque, d'arrêt ou d'autres accidents que nous avons eu l'occasion d'observer dans toutes les horloges ou montres marines de divers auteurs qui nous ont été adressées. En réunissant nos efforts à ceux de nos prédécesseurs, nous sommes enfin parvenus à établir un modèle nouveau, plus régulier, de chronomètres que les navigateurs et les astronomes ont trouvés exempts des défauts dont on avait eu si souvent à se plaindre. Lorsque nous avons cru pouvoir embrasser l'ensemble des principes et de leurs résultats, nous avons cherché les moyens de rendre l'application tout à fait directe, pour que le succès ne dépendît plus d'aucun tâtonnement, que l'on fût assuré de l'obtenir sûrement, et qu'un artiste en état de faire une bonne montre à l'usage civil exécutât facilement et à coup sûr, dans un temps donné, des chronomètres réunissant toute la perfection et la sûreté permises par l'avancement de l'art. C'est dans l'espoir d'atteindre plus généralement ce but important pour la navigation et l'astronomie, c'est aussi pour l'utilité des artistes et la satisfaction des savants et des amateurs que ce sujet intéresse, que nous offrons nos réflexions et les résultats de nos travaux.

Afin d'exposer plus clairement ici l'abrégé des principes généraux de la matière que nous traitons, il nous a paru convenable, pour l'ordre des idées, de résumer les principes qui doivent guider le constructeur, travail qui pourra paraître de peu d'utilité à ceux qui ont étudié cette partie de l'horlogerie, mais qui peut être désiré par ceux qui l'auraient perdu de vue et par les amateurs.

Le système général d'un chronomètre se compose de quatre systèmes particuliers, qui sont : 1° le moteur; 2° le rouage; 3° l'échappement; 4° le régulateur.

Le régulateur est le véritable diviseur du temps. Dans les horloges marines et les montres à longitudes, c'est un corps dont l'axe est porté par deux pivots, dont toutes les parties sont en équilibre autour de son centre et susceptible de recevoir un mouvement circulaire; mais ce corps étant lié à un ressort spiral ne peut plus effectuer qu'un mouvement oscillatoire. Lorsqu'on le sort de son état de repos (ce qui arrive nécessairement le ressort spiral), et qu'on l'abandonne ensuite, il fait un certain nombre d'oscillations produites par la réaction du spiral, mais dont l'étendue diminue peu à peu, et qui cesseraient bientôt par la résistance de l'air, celle des frottements des pivots et celle des molécules du ressort, si le mouvement n'était entretenu par les impulsions régulières d'un mécanisme que l'on appelle échappement.

L'échappement est un système qui répare à chaque oscillation, ou de deux en deux oscillations, la perte de mouvement du régulateur.

L'échappement est réglé dans ses fonctions par les oscillations elles-mêmes, et reçoit son action du rouage.

Le rouage, système de plusieurs roues dentées et de pignons, transmet à l'échappement la force du moteur.

Ce système prolonge l'action de la force motrice en ne la communiquant que par degrés; il indique la division du temps en heures, minutes et secondes, par des aiguilles fixées aux axes de quelques-uns de ces mobiles.

Le moteur des chronomètres portatifs est un corps élastique comprimé, dont la réaction ou la force est appliquée au rouage, qui la transmet par parties et par instants au régulateur, pour entretenir son mouvement oscillatoire.

La mesure du temps par les horloges marines et les montres à longitudes, instruments portatifs, résulte donc des oscillations d'un corps tournant sur lui-même, produites par l'élasticité d'un ressort qui est le spiral, et entretenus aussi par un moteur élastique (les ressorts contenus dans les barillets). Dans les horloges astronomiques à pendule et instruments fixes, les oscillations sont celles d'une verge métallique suspendue horizontalement; elle est supportée par une lame de ressort fixée à sa partie supérieure et porte à sa partie inférieure un poids assez lourd appelé lentille, parce qu'il en a la forme, afin d'offrir moins de résistance à l'air. Ce système, qu'on appelle un pendule, écarté une fois de la verticale et abandonné à lui-même, oscille par l'effet de la gravité. Le moteur qui entretient ces oscillations, par les systèmes intermédiaires du rouage et de l'échappement, est ordinairement un poids.

Ainsi, les principes du système régulateur dans les chronomètres et dans les régulateurs astronomiques sont l'élasticité dans les horloges marines et les autres instruments portatifs de ce genre, et la gravité dans les horloges astronomiques à pendule.

Le régulateur des instruments portatifs est formé de trois parties; les deux principales sont : 1° le balancier; 2° le ressort réglant, contourné en hélice, mais que l'on appelle communément spiral, parce que dans son origine, et même actuellement encore dans la plu-

part des montres, ces lames ont été pliées en volute dans un même plan.

Le balancier est formé de deux arcs métalliques d'un peu moins d'une demi-circonférence, fixés chacun par une de leurs extrémités aux deux points extrêmes d'une pièce d'acier faisant diamètre; le milieu de ce diamètre est le centre des deux arcs métalliques. Ce système est fixé par son centre sur un axe en acier, terminé par deux pivots disposés de manière à réduire autant que possible les frottements; il est porté sur une platine et maintenu par un pont appelé *coq*, fixé sur la platine. Les choses sont disposées de manière que le poids soit reporté le plus possible près de la circonférence, et que le centre de figure coïncide exactement avec le centre de gravité.

La suspension est la troisième partie du régulateur. Le ressort spiral ou ressort réglant est une lame d'acier (quelquefois d'or) pliée en hélice ou en vis (en ressort à boudin), formant plusieurs tours qui représentent un cylindre à jour, de 46 à 48 millim. de diamètre, placé concentriquement à l'axe du balancier.

Si l'on imprimait au balancier, suspendu comme il a été dit, mais sans communication avec le ressort spiral, un mouvement de rotation, on sait qu'il obéirait à ce mouvement en continuant de tourner dans le même sens, jusqu'à ce que le frottement et la résistance de l'air eussent absorbé toute la force communiquée; mais si le balancier est lié au ressort spiral, il ne peut continuer à effectuer un pareil mouvement sans faire plier et fermer les tours de lames du spiral, jusqu'à ce que la force du mouvement imprimé au balancier se trouve en équilibre avec la résistance toujours croissante de ce ressort; alors le mouvement du balancier cesse et le spiral le ramène vers le point commun de repos d'où ils étaient partis.

Ce mouvement rétrograde du balancier, lent dans les premiers degrés, devient de plus en plus rapide en raison composée de sa masse, de la forme du ressort spiral et de l'étendue de l'arc décrit, et la vitesse acquise est la plus vive lorsqu'il arrive à son point de départ, c'est-à-dire où il était en repos avant le mouvement imprimé. Le balancier dépasse donc ce point pour décrire de l'autre côté un second arc de même étendue, moins ce qui résulte de sa perte de mouvement par les frottements et les résistances qu'il éprouve dans sa marche; un second arc ne peut avoir lieu sans armer le spiral dans un sens contraire (et pour suivre le même exemple), en ouvrant alors les tours de ses lames. Lors donc que les forces opposées du balancier et du spiral se trouvent aussi en équilibre de ce côté, le mouvement du balancier cessant, le spiral le ramène encore vers le point de repos qu'il dépasse une seconde fois, par la même cause de son mouvement acquis.

Le balancier, joint au spiral, continue ainsi à effectuer plusieurs mouvements circulaires de va-et-vient, qu'on appelle oscillations; mais la perte d'une partie de son mouvement par les résistances dont nous avons parlé ci-dessus, et de plus par le frottement des molécules du spiral qui s'oppose au changement de forme de sa lame, diminuant progressivement l'étendue des arcs, ceux-ci se trouveraient, comme nous l'avons dit, peu à peu réduits à zéro, sans la réparation immédiate de l'échappement. Ainsi le balancier (composé lui-même d'ailleurs de plusieurs autres parties que nous expliquerons plus loin), le spiral ou ressort réglant et la suspension, forment le premier système appelé régulateur.

Pour réparer la perte de mouvement du régulateur et maintenir l'étendue égale des oscillations, on établit près de son axe un système de pièces que l'on nomme l'échappement. Il se compose de la dernière roue dite d'échappement, d'une détente à repos, et d'un cercle d'échappement entaillé en un point de sa circonférence,

lequel se trouve placé sur l'axe même du balancier. Il y a aussi tout près de ce cercle une pièce fixée sur le même axe, et appelée doigt de dégagement.

Le déplacement de la détente produit par le doigt pour dégager la roue, est proprement le rappel de la force motrice: L'action d'une dent de la roue d'échappement sur le cercle se nomme impulsion ou réparation.

On vient de voir comment la roue d'échappement, toujours sollicitée par la force motrice (lorsque celle-ci est armée), mais retenue par la détente, est tirée de son repos par le déplacement de cette même détente, opérée par le doigt de dégagement qui porte l'axe du balancier, agent le plus direct et le plus propre à cette fonction par la régularité de ses retours, et que c'est alors que, par l'impulsion, la roue restituée au régulateur, déjà en mouvement, toute la force absorbée par les frottements de la suspension, par les résistances de l'air, du spiral, et même du dégagement.

Lorsqu'on aura bien saisi ces effets, rien ne paraîtra d'abord plus simple que l'action mutuelle de l'échappement sur le régulateur dans l'impulsion, et du régulateur sur l'échappement dans le rappel de la force motrice, et il semble que la vitesse, la durée des oscillations, la tension proportionnelle du spiral et sa réaction dans les diverses étendues d'arc, les résistances des frottements et autres obstacles, peuvent facilement être soumises à l'analyse. Mais il faut aussi considérer que les éléments dont nous venons de parler varient par les effets insensibles de l'usure, qui change les surfaces en contact, par l'état des huiles qui se décomposent, par les irrégularités qui restent dans la force motrice, malgré tous les soins donnés au rouage, par les effets de la température sur les dimensions du balancier, sur l'élasticité du spiral, et même sur toutes les parties du mécanisme; que les moyens par lesquels on y remédie sont soumis eux-mêmes à d'autres causes perturbatrices; qu'enfin l'expérience semble indiquer que des propriétés encore inconnues, et probablement très variables de la matière, viennent se mêler à ces effets; que toutes ces influences, quoique imperceptibles, ne sont que trop amplifiées par le nombre prodigieux des oscillations, et devraient être connues d'autant plus exactement que la régularité de chaque oscillation, et par suite la durée d'un grand nombre d'oscillations consécutives, dépendent de l'intensité des causes qui les entretiennent et de celles qui les attirent.

On sentira facilement alors qu'il est peu d'études aussi compliquées, aussi conjecturales, que celle de toutes ces combinaisons, qui échappent trop souvent à l'analyse de l'esprit le plus observateur, le plus pénétrant et le plus méthodique, malgré la régularité que procure au rouage l'emploi de machines très ingénieuses et qui donnent aux dentures une précision extraordinaire. Le peu d'imperfection qui reste inévitablement à tout ce que produit la main de l'homme, fait encore changer très sensiblement les rapports des leviers, dans les engrenages, outre les différences qui surviennent dans le glissement des courbes par les adhésions, les grippements, la présence de corpuscules étrangers, enfin par les changements de température. Il s'en suit que la force motrice transmise ne peut pas être toujours absolument la même, et que les arcs changent nécessairement d'étendue et de durée suivant les lois ordinaires du mouvement. Cependant, sans la condition rigoureuse de l'égalité absolue de durée dans les oscillations, il ne peut exister de bons garde-temps, de véritables chronomètres, et il est très probable que d'après les bases de construction qu'une longue expérience a fait adopter dans l'horlogerie civile, on ne serait jamais parvenu à exécuter des instruments de précision sans la découverte heureuse des moyens d'ob-

tenir, par les dimensions du spiral; des oscillations d'une même durée, quels que fussent les changements de leur étendue. C'est cette propriété que l'on nomme isochronisme du spiral, parce que ce ressort rend les oscillations du balancier isochrones, c'est-à-dire que les arcs grands ou petits décrits par le balancier sont exécutés dans le même temps. Le ressort réglant, qui produit les oscillations du balancier, devrait donc être par lui-même ce qu'on appelle isochrone, c'est-à-dire que sa tension dans les divers degrés devrait toujours être en rapport avec les arcs à faire parcourir au balancier; mais malgré la découverte et l'étude des proportions qui peuvent donner à ce ressort une telle propriété, on l'obtient rarement au degré convenable à cause des irrégularités de la matière, de la trempe et de la forme des tours de sa lame lorsqu'elle s'ouvre ou se resserre. On trouve rarement un spiral isochrone dans les diverses étendues d'arcs que produit la variation de la force motrice, ou sa diminution progressive causée avec le temps par l'épaississement des huiles; effets toujours à combiner avec ceux de la température sur l'élasticité des ressorts, les frottements, etc.; encore trouve-t-on qu'un spiral que l'on a rendu isochrone avec beaucoup de soin, ne l'est plus quand il a fonctionné pendant un temps plus ou moins long. Nous venons d'observer que les moindres variations dans tous ces effets produisaient à la longue des erreurs importantes par la multiplication des mêmes mouvements. On ne peut, en effet, considérer sans étonnement le peu d'altération qu'il suffit de faire éprouver à la durée de chaque oscillation pour produire l'erreur d'une seconde au bout de vingt-quatre heures. Et nous saisissons cette occasion d'en faire ici la remarque positive, pour n'être pas taxés de minutie dans l'examen des causes de variations des horloges, ou soupçonnés d'exagération dans les difficultés que nous exposons, et dans les précautions qu'exige tout ce qui concerne le régulateur.

La durée de chaque oscillation dans les horloges marines, où elles sont le moins fréquentes, est d'un quart de seconde.

Ainsi, si la durée de chaque oscillation est altérée de la 86,400^e partie d'un quart de seconde, il en résultera une erreur d'une seconde dans la marche diurne de l'horloge. Cette erreur, si petite sur un jour, peut déjà, en s'accumulant pendant quelques mois, donner une erreur de plusieurs lieues en longitude. Les oscillations des montres à longitude de poche sont encore plus promptes : on fait battre à l'échappement cinq et même préférablement six oscillations par seconde, pour les rendre moins sensibles à l'agitation du porter. Ces pièces battent donc jusqu'à 548,400 oscillations en vingt-quatre heures. Si ces oscillations d'un sixième de seconde se trouvent altérées chacune dans sa courte durée d'une 86,400^e partie, il y aura aussi une variation d'une seconde au bout de vingt-quatre heures, erreur que l'on pardonne à peine à un garde-temps médiocre.

Que l'on réfléchisse maintenant au pouvoir borné de l'homme, si éloigné de pouvoir produire deux effets, deux quantités matérielles qui soient mathématiquement identiques, et l'on concevra aisément combien il doit être difficile d'obtenir une régularité aussi minutieuse avec une constance suffisante d'un mécanisme si délicat, si exposé aux altérations, et combien par conséquent doit être sévère l'analyse des moindres causes de variation d'un chronomètre.

Nous avons dit que le ressort réglant doit être isochrone, c'est-à-dire qu'il doit croître en force dans le rapport des moments d'inertie du balancier, ou, en d'autres termes, qu'il doit avoir acquis en s'armant d'autant plus de force qu'il a plus de chemin à faire parcourir au balancier en le ramenant, afin que les

grandes vibrations s'exécutent dans le même temps que les petites, quelque variable que soit l'étendue des arcs; mais les résultats d'une telle propriété ne se soutiennent qu'autant que dans l'échappement l'équilibre des forces et des obstacles, des frottements et des autres effets, se conserve constamment le même (4). Parmi plusieurs autres conditions, la suspension du régulateur doit donc être telle qu'il ne résulte aucune différence pour lui des changements de position que l'horloge prend toujours par l'agitation du bâtiment, malgré que l'ensemble soit suspendu à cadran comme la boussole marine. Toutes les parties du régulateur, et le spiral particulièrement dans le mouvement produit par les lames, doivent aussi être disposées de manière que leur centre commun de gravité ne cesse jamais de coïncider avec leur centre de mouvement dans tous les degrés d'arcs parcourus.

Un régulateur ainsi établi avec toutes les attentions convenables, telles que le choix des métaux, la perfection de la main-d'œuvre et les conditions que nous avons jusqu'ici développées, semblerait pouvoir déjà donner exactement la mesure du temps, si la température restait constamment la même; mais comme elle varie continuellement et souvent tout à coup, et d'une quantité de degrés considérable particulièrement dans les voyages, elle altère très sensiblement l'exactitude des fonctions du régulateur :

1^o Les différences dans la température changent les dimensions du balancier, et par suite la durée des oscillations. Lorsque le balancier devient plus grand par le chaud, les oscillations sont retardées, comme lorsqu'il devient plus petit par le froid, elles sont accélérées ;

2^o Elles allongent ou raccourcissent le spiral, ce qui détruit l'isochronisme dépendant d'un rapport très précis entre la longueur et la force de sa lame, et ce changement de longueur déplace encore le point de repos du spiral, à l'égard du point d'échappement, d'où résulte une différence marquée dans les effets de l'impulsion.

3^o Elles changent aussi la force élastique du spiral et par conséquent les rapports de cette force avec les arcs ;

4^o Elles influent encore sur la quantité de frottements de tous les pivots, sur l'état de l'huile et sur les engrenages, et enfin sur le degré d'action du moteur. Pour remédier à ces causes de variation, on a imaginé de faire varier aussi proportionnellement l'inertie du balancier, afin que les oscillations eussent toujours la même durée, malgré les changements produits par la température.

Le balancier a donc été tellement composé, que par l'effet de la chaleur, par exemple, des parties de son cercle se rapprochent du centre à proportion de l'allongement qu'elle produit sur les rayons et sur le spiral, en sorte que pour la même cause le résultat de ces trois derniers effets donnant du retard est compensé et détruit par le résultat simultané du premier qui donne une avance proportionnelle; le contraire a également lieu par le froid.

Ainsi l'on a placé des masses réglantes à l'extrémité de chacun des rayons, qui forment avec eux et avec l'arc environ la moitié du poids du balancier, et l'on a formé le cercle extérieur de parties de cercles (concentriques pour une température donnée) fixées d'un bout aux rayons, et isolées de l'autre, où elles portent des

(1) Le ressort réglant ne doit même produire des oscillations isochrones qu'en comprenant toutes les résistances et l'inertie que lui oppose le balancier. Les oscillations d'un balancier sans échappement, etc., étant rendues isochrones par les dimensions du spiral, ne le seraient plus alors que le balancier aurait à vaincre les résistances de l'échappement.

masses compensantes, le tout formant la seconde moitié du poids total du balancier. Ces parties de cercles sont composées chacune de deux lames de métaux qui diffèrent en dilatation, jointes ensemble sur toute leur longueur par les goupilles rivées et très rapprochées, ou simplement et mieux par une soudure.

Le métal le plus dilatable est en dehors ; son extension par le chaud et sa contraction par le froid font changer la courbure des parties de cercle, d'où il résulte que les masses de compensation placées à l'extrémité isolée et libre des lames sont portées vers le centre par le chaud et s'en éloignent par le froid, tandis que les masses réglantes des barettes éprouvent l'effet contraire. La proportion de ces masses entre elles, pour produire une juste compensation, se détermine par des épreuves spéciales sur les changements de température, en exposant la machine alternativement au froid et ensuite à la chaleur d'une étuve disposée pour cet objet.

Le diamètre virtuel du balancier restant ainsi le même, sa vitesse n'est point changée. La partie du retard ou de l'avance qui a pour cause la différence de longueur et d'élasticité du spiral, ainsi que les variations de la force motrice causées par la température, sont aussi comprises dans cette correction par le rapprochement ou le poids augmenté suffisamment des masses compensantes ; car leur effet doit être proportionné non-seulement à l'écart des masses réglantes, mais encore à l'ensemble des autres altérations dans le même sens qu'il s'agit de corriger, et c'est ce qu'on appelle compensation absolue.

L'accord du mouvement des lames pour que le centre de gravité du balancier composé ne cesse pas de coïncider avec son centre de mouvement, pour maintenir en un mot son équilibre et la conservation de l'isochronisme des oscillations par le spiral, dans l'étendue variable des arcs, au milieu des altérations produites sur toutes les parties du mécanisme par les différences de température, sont des perfectionnements très difficiles à obtenir.

Il est important que les lames de compensation soient fortes et courtes, pour ne céder que le moins possible à la force centrifuge qui les fait toujours ouvrir et se fermer dans chaque oscillation. Cet effet est moins sensible au froid qu'au chaud, et dans les petits arcs que dans les grands ; il change en conséquence les degrés de vitesse du balancier, et trouble en s'y mêlant les rapports qui constituent l'isochronisme ; il doit donc être aussi apprécié en raison de son influence dans la combinaison générale (1).

Parmi toutes les causes perturbatrices qui viennent entraver le moyen si heureux et si simple dans son principe d'obtenir l'isochronisme par les proportions du ressort réglant, il faut compter encore pour beaucoup le dégagement ou rappel de la force motrice, opéré par le régulateur, et la réparation ou impulsion produite par l'échappement. Ces deux effets occupent une portion d'arc déterminée, pendant laquelle la vitesse du balancier est ralentie par la résistance de la détente et l'appui de la roue sur le repos, puis accélérée suivant les variations de la force motrice dans l'impulsion.

(1) Le balancier d'une horloge doit avoir son poids en rapport avec son diamètre, pour le nombre des vibrations données par seconde. Il n'est pas indifférent que les éléments ou facteurs du mouvement soient plus ou moins en poids qu'en vitesse. On détermine par expérience la force du spiral, le poids et le diamètre du balancier, enfin le rapport le plus convenable entre la force de mouvement de celui-ci et celle du ressort réglant, forces qui se commandent alternativement ; c'est dans ce rapport que le régulateur est le moins troublé par l'agitation et les secousses accidentelles, qu'il peut vaincre le plus d'obstacles, et que l'on obtient plus de constance dans les effets.

D'ailleurs, le plus ou le moins d'activité ou d'inertie de la roue, la facilité, ou l'engourdissement des rouages par les inégalités des engrenages, de l'état des huiles, les frottements, etc., font que la dent atteint plus tôt ou plus tard la levée, et change sensiblement l'intensité de force qu'elle communique, comme aussi la résistance au dégagement.

Cette portion d'arc n'est donc point réellement isochrone. Et d'après le calcul donné plus haut du changement occasionné dans la marche totale en vingt-quatre heures par la moindre altération de la durée d'une oscillation, ou d'une partie de l'oscillation, on voit combien l'échappement peut encore troubler cette durée, quand même la partie libre des oscillations serait exactement isochrone.

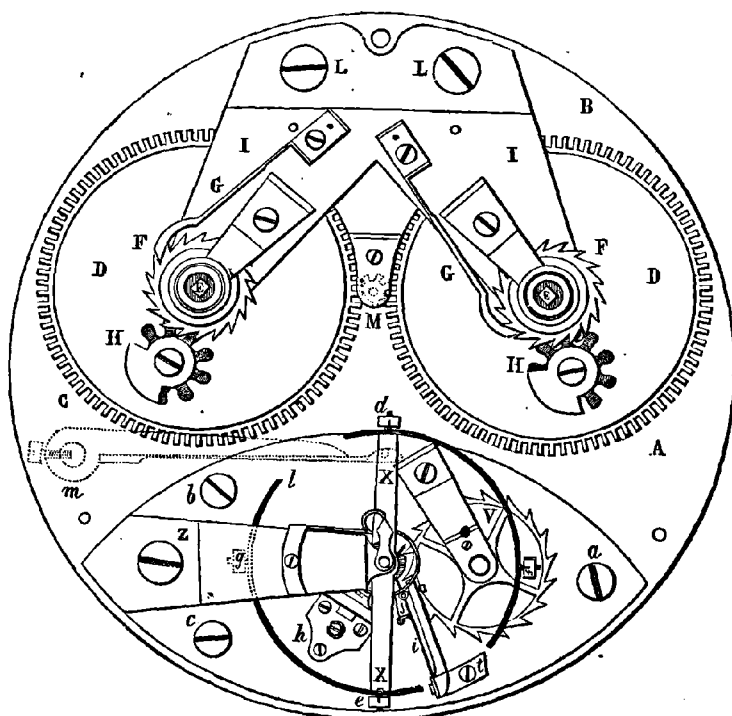
Le meilleur échappement serait sans doute celui qui ne troublerait pas plus le mouvement du régulateur dans la réparation de sa force que s'il n'existait aucune communication entre eux, et dont la force réparante serait toujours égale à la perte qui la nécessite.

L'échappement est de toutes les parties d'une horloge celle qui a présenté aux artistes le plus d'espoir d'atteindre à la perfection des garde-temps, et ce qui a le plus exercé leur esprit de recherche. Aussi existe-t-il une foule d'inventions en ce genre qu'on a divisées en trois classes : les échappements à recul, ceux à repos, et les échappements libres. Cette dernière classe, la seule dont nous nous occupons ici, est exclusivement adoptée pour les montres et les horloges portatives destinées à l'observation. (Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.)

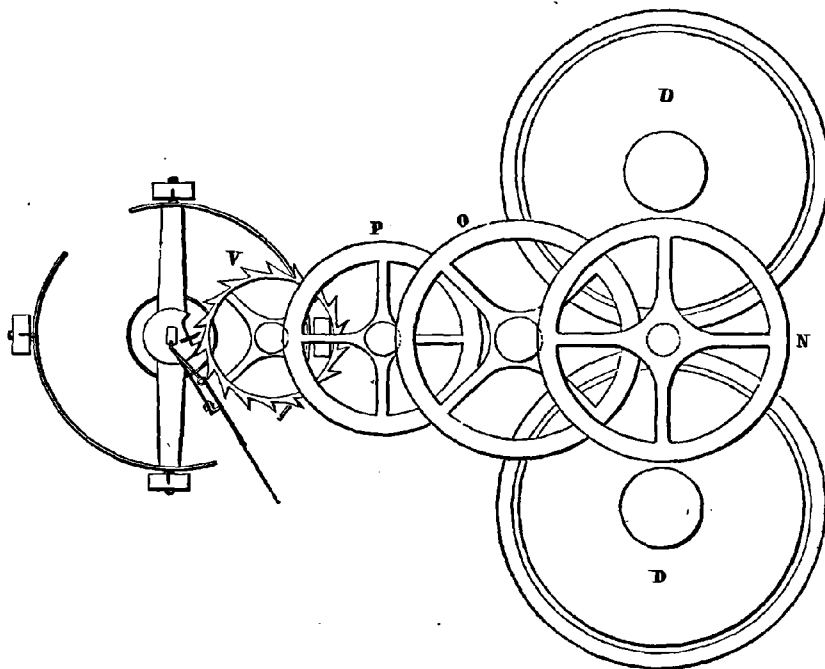
Nous terminerons donc ce qui concerne les horloges marines par la remarque suivante : c'est que toutes les règles établies par l'expérience sembleraient devoir suffire pour atteindre le but, si l'on pouvait être sûr de l'homogénéité des métaux, de l'uniformité de la trempe, d'une exécution rigoureusement pure, et si les pénétrations, les jeux, le centrage, les frottements, les huiles, etc., se conservaient les mêmes avec toute la rigueur des rapports établis par la théorie ; mais, outre les variations de ces rapports, il se présente souvent d'autres causes d'anomalies qui échappent à la sagacité de l'artiste le plus expérimenté. Elles ne tendent jamais toutes dans le même sens, et elles s'entre-détruisent irrégulièrement, en laissant en résultat une différence dont l'origine compliquée ne présente aucun indice et ne permet que des conjectures, ce qui nécessite de longs tâtonnements pour arriver plus ou moins près du degré d'exactitude que l'artiste ne cesse d'ambitionner.

Les inventions les plus remarquables auxquelles sont dues les premiers succès des chronomètres sont : 1^o la découverte, par M. P. Leroy, de la propriété isochrone d'un ressort d'une certaine longueur ; 2^o l'emploi de métaux différemment dilatables, par Harisson, pour produire la compensation dans le pendule ; 3^o l'application de ce même moyen au balancier des chronomètres portatifs, idée de P. Leroy exécutée par Arnold ; 4^o le choix par Arnold de la forme du spiral en hélice (ressort à boudin), qui permet, par l'uniformité de ses tours, de trouver plus facilement l'isochronisme et de conserver mieux la coïncidence du centre de gravité avec son centre de mouvement ; 5^o l'échappement libre, dont la première idée appartient à M. Dutertre, mais que P. Leroy, Arnold et Harenschaw ont beaucoup perfectionné.

Telles sont les bases de construction des instruments faits jusqu'à ce jour. Ils ne diffèrent entre eux que par quelques changements dans la situation ou la forme des pièces ; les principes sont les mêmes dans tous ; on les trouve dans divers ouvrages écrits sur ce sujet, et particulièrement dans ceux d'Harisson et de P. Leroy : ce dernier surtout les a développés d'une manière



2.



3.

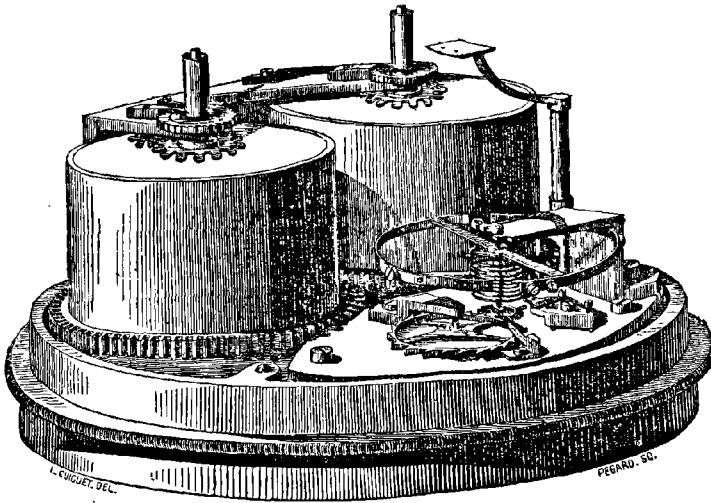
claire et succincts. La théorie n'y est pas noyée dans une quantité d'essais, de moyens et de plans d'exécution, adoptés, laissés et repris plusieurs fois, ce qui ne peut manquer de jeter dans le vague et l'incertitude, et de paralyser souvent l'esprit de recherche auquel les arts doivent leurs richesses.

Pour que l'on fasse plus facilement l'application de l'article qui précède, nous plaçons ici la description sommaire d'un de nos chronomètres.

La fig. 4 présente la perspective et l'ensemble du

pignon de la roue d'échappement. L'axe de la roue d'échappement traversant la platine, cette roue se trouve reportée du côté du balancier et des barillets en V (fig. 2). Les deux ponts U et V de cette roue sont fixés tous les deux à une autre platine dite d'échappement a b c (même fig. 2), tenue par trois vis à la grande platine, mais avec un intervalle entre elles formé par trois petits plots. La roue d'échappement V agit un instant de deux en deux oscillations sur un cercle d'échappement porté par l'axe du balancier XX ; celui-ci est maintenu en cage sur la platine d'échappement au moyen du pont ou du coq Z. Nous avons adopté, d'après l'expérience, une diminution très rapide dans le diamètre et le poids des mobiles pour diminuer autant que possible l'inertie de ceux qui avoisinent l'échappement.

Le balancier est garni de deux masses réglantes, d, e, et de deux masses compensantes f, g ; celles-ci sont portées par les deux lames circulaires de compensation, d, f et e, g, faites chacune de deux métaux différents en dilatation, le plus



mouvement découvert d'une de ces horloges, le cadran étant placé sur un plan horizontal. Le plan ABC (fig. 2) est une grande et forte platine, première base d'assemblage pour toutes les autres pièces. Det et D sont deux barillets dentés contenant des ressorts qui se remontent par leurs axes en E et E, et restent armés au moyen des rochets F et F et des ressorts-cliquets G et G ; H et H sont les roues d'arrêt des remontoirs. Les deux barillets sont contenus sur la platine par le pont à deux branches II fixé par les vis L L.

Les ressorts contenus dans les barillets font vingt tours ; l'on ne se sert que des quatre tours du milieu pour cinquante heures, et comme on les remonte chaque vingt-quatre heures, il s'ensuit que deux tours seulement sont employés et donnent presque une force uniforme.

Ces barillets mènent tous deux dans le même sens le pignon M de la grande roue de minutes N. Cette roue se trouve placée sur le revers de la platine (la fig. 3 donne en plan les dimensions relatives de toutes les parties du mécanisme qui constituent la minuterie), conduit le pignon et la roue O, qui mène le pignon et la roue de secondes P ; ces trois roues ont d'un côté leurs pivots dans un pont placé au-dessous de la platine, mais la tige plus longue de la roue N a son pivot dans un petit pont placé entre les deux barillets ; il est fixé sous le grand pont I, I (fig. 2).

Nous n'avons pas représenté le détail de la minuterie placée sur le chronomètre, parce qu'il n'offre rien de particulier. Nous observerons seulement qu'un petit pont, passant au travers de la platine sans la toucher, maintient de ce même côté l'axe et le

dilatable en dehors, et qui se courbe plus ou moins par la seule différence de la température. h, est un plot triangulaire garni de trois vis à caler et fixé sur la platine d'échappement par sa vis du milieu ; il porte le pignon attaché au bout inférieur du ressort spiral, dont l'autre bout supérieur est attaché à un bras que porte l'axe du balancier.

La fig. 4 représente les trois formes que prend le spiral pendant les mouvements du balancier ; B, quand



il est au repos ; A, quand il fait son premier mouvement ; C, quand il revient sur ses pas pour faire une seconde oscillation. La pièce i, i, j, fixé aussi sur la grande platine d'échappement, porte une détente à ressort i, j, qui tient en repos la roue d'échappement pendant la partie libre des oscillations du balancier. Mais celui-ci porte un doigt de dégagement qui, de deux en deux oscillations, dégage un instant cette détente, ce qui permet à une dent de la roue d'échappement d'agir sur une entaille faite à cet effet sur le bord du cercle, et de restituer ainsi au balancier le mouvement qu'il perd par diverses résistances.

La platine d'échappement portant le balancier, le spiral, son plot, la roue d'échappement et sa détente, peut être enlevée du mouvement sans dénaturer aucune de ces pièces ni le reste de l'horloge ; il suffit de

dosserer et d'ôter les trois vis a, b, c. Une de ces vis est plus longue que les deux autres : son bout conique, quand elle est serrée, tient écarté un ressort de précaution (fig. 2), qui retombe dans les dents de la roue de secondes, lorsque l'on desserre la vis pour enlever la cage du régulateur, ce ressort empêche ainsi le rouage de courir et les accidents qui pourraient en résulter.

BRÉGUET.

CHRYSOCALE. Voyez LAITON.

CIDRE (*angl.* cyder, *all.* apfelwein). Le cidre est une boisson qui remplace le vin dans certains pays, particulièrement en Normandie, et qui se prépare par la fermentation du jus de pommes. Le mot cidre provient du mot latin *sicera*, dont les Romains se servaient pour désigner toutes les liqueurs fermentées autres que le vin.

Toutes les variétés de pommes viennent se ranger dans les trois classes suivantes :

- 1° Pommes douces ;
- 2° Pommes amères ;
- 3° Pommes acides.

Les meilleures pommes à cidre sont comprises dans la seconde classe ; elles donnent un suc plus dense, plus riche en sucre, qui se clarifie mieux et se conserve plus longtemps ; viennent ensuite les pommes douces dont le jus est plus difficile à clarifier ; les pommes acides sont les plus mauvaises. Toutes choses égales d'ailleurs, les pommes écrasées, qui donneront le jus le plus dense à l'aréomètre de Baumé, seront presque toujours celles qui contiendront le plus de sucre.

La récolte des pommes se fait en secouant chacune des branches des pommiers, et en abattant ensuite à coups de gaule les fruits peu mûrs que les secousses données aux branches n'ont pu détacher. La récolte terminée, on transporte les fruits, séparés suivant leur qualité, dans des cases où on les recouvre de paille pour les préserver du froid. L'expérience a montré que c'est à l'époque de leur plus complète maturation, un mois à six semaines après la récolte, que les pommes renferment le maximum de matières sucrées, et qu'il est le plus convenable de procéder à l'extraction du jus.

On commence par écraser les pommes, soit au moyen de pilons en bois dur, dans une auge rectangulaire en bois, soit au moyen de meules ou de cylindres ; le premier procédé est de beaucoup le plus coûteux et n'est guère employé que dans les petites exploitations, mais c'est celui qui donne le cidre le plus délicat. En Normandie, on se sert généralement du *tour à piler*, qui se compose d'une roue massive verticale en bois dur, de 4^m,66 de diamètre sur 0^m,46 d'épaisseur, mue par un cheval, et tournant dans une auge annulaire en pierre de 6 à 7 mètres de diamètre. Il ne convient pas d'employer une meule verticale en pierre qui déterminerait l'écrasement des pepins, et, par suite, l'expression de l'huile odorante qu'ils renferment, qui communiquerait au cidre, par son acreté, un goût particulier très désagréable. En beaucoup d'endroits, notamment en Picardie et en Angleterre, on emploie des cylindres en bois cannelés horizontaux, susceptibles de se rapprocher ou de s'éloigner à volonté, et qui sont alimentés par une trémie placée au-dessus qu'on tient constamment remplie de pommes.

Les pommes étant écrasées, on les met tantôt immédiatement en presse, tantôt, lorsque l'on veut obtenir un cidre très coloré, on met d'abord le marc dans des cuviers où on le laisse macérer pendant un ou deux jours, en le retournant 5 à 6 fois par jour pour l'empêcher d'entrer en fermentation. Les pressoirs à cidre sont tout à fait analogues à ceux employés pour les raisins. On met le marc en presse en le jetant sur le tablier d'un pressoir garni d'une couche de paille, dont on relève l'extrémité qui débordé, de manière à former ce qu'on nomme une *tuile* : c'est une couche de marc bordée sur

les quatre côtés de paille relevée ; chaque tuile a environ 0^m,46 d'épaisseur sur 4^m,33 de côté ; on en superpose un certain nombre jusqu'à ce que l'on soit arrivé à une hauteur de 4 à 4^m,30 : la réunion de ces tuiles forme une motte. En Angleterre, au lieu de paille pour former les tuiles, on se sert de toiles de crin qui durent fort longtemps, lorsqu'on a soin de les laver après chaque opération.

On laisse égoutter sous son propre poids, pendant 24 heures, la motte ainsi montée ; le liquide qui s'écoule tombe dans un cuvier placé sous le tablier, en se filtrant à travers un panier d'osier rempli de paille ; c'est le cidre de la *mère goutte*, qui est toujours le meilleur et le plus délicat. On donne ensuite à la motte une pression graduée de plus en plus forte, jusqu'à ce qu'il ne s'écoule plus rien ; on retire alors le marc, on le délaie avec 25 p. 400 d'eau, on laisse macérer pendant 24 heures et l'on presse de nouveau, quelquefois même on repasse une troisième fois le marc au pressoir avec 35 p. 400 d'eau pour obtenir un cidre très faible, vendu aux pauvres gens.

En Normandie, on calcule que 2340 kilogr. de pommes rendent 4000 litres de gros cidre pur et 600 litres de petit cidre. Ces 4600 litres mêlés ensemble donnent encore un très bon cidre que l'on vend souvent comme du cidre pur.

Le jus des pommes retiré par le pressurage ayant été recueilli dans un grand baquet, on l'en retire à pleins seaux pour le transvaser dans des tonneaux dont l'orifice de la bonde est simplement couvert d'un linge mouillé. En peu de jours il s'établit une première fermentation, appelée fermentation tumultueuse, qui soulève le linge placé sur le trou de la bonde, et, dans son mouvement, rejette au dehors plusieurs matières fermentescibles ; peu à peu il se forme un chapeau qu'il est bon de ne pas rompre, pour empêcher l'air atmosphérique de venir frapper la surface du cidre et de le faire aigrir. Pour donner plus de qualité au cidre on facilite quelquefois cette première fermentation en remplissant un tonneau défoncé de copeaux de hêtre vert, bien lavés, sans les fouler ; puis, le fond de ce tonneau étant replacé, on y verse le moût, qui entre promptement en fermentation.

Il est fort essentiel, quand on tient à la qualité, de soutirer le cidre à la fin de la fermentation tumultueuse, et un mois après le premier soutirage. C'est alors qu'on le met dans des tonneaux de 7 à 800 litres, où il reste jusqu'à la consommation.

Quand on veut conserver le cidre à l'état doux, on le prépare, en Normandie ainsi qu'en Angleterre, d'une manière toute spéciale. Le procédé repose particulièrement sur l'interruption forcée de la fermentation du liquide. Voici, en général, comment on s'y prend en Angleterre : On prépare d'abord un moût de première qualité avec des fruits de choix, puis on l'introduit, comme à l'ordinaire, dans un tonneau. Dès qu'il a déposé, on le décante dans un autre tonneau, assez petit pour être complètement rempli, en prenant bien soin que ce transvasement ait lieu avant que la première fermentation cherche à se déclarer. Lorsque le moût est resté 46 à 48 heures dans le second fût, on approche du liquide une chandelle allumée, et si elle s'éteint, et annonce par là un commencement de fermentation, on transvase dans un troisième tonneau. Au bout de cinq à huit jours, lorsque la chandelle allumée s'éteint de nouveau, on transvase encore, et l'on répète ce transvasement toutes les fois que l'on obtient avec la chandelle allumée le même résultat, ce qui souvent arrive toutes les trois semaines.

S'il s'agit de mettre le cidre en bouteilles de manière qu'il se conserve mousseux et produise à son départ de la bouteille l'effet du vin de Champagne, on décante une seule fois le moût de pommes ou de poires avant la pro-

mière apparence de fermentation, dans un tonneau à l'intérieur duquel, pour paralyser la fermentation du liquide que l'on doit y verser, on fait brûler une mèche soufrée, ou mieux, pour ne pas donner de goût étranger, un peu d'alcool enflammé contenu dans une coupe et promené en tous sens; puis, au bout de six à sept jours, avant que la moindre fermentation ne se déclare, on soutire dans des bouteilles de grès, comme étant plus solides et moins chères que celles en verre; on bouche, on ficelle le bouchon et on le recouvre ensuite de cire à bouteilles; on garde ces bouteilles dans une cave bien fraîche, et dès le second mois on peut servir ce liquide au dessert en guise de vin de Champagne.

En Normandie, après le deuxième soutirage du gros cidre de choix, on le met simplement dans des bouteilles de grès bouchées avec soin.

Le cidre préparé à la manière anglaise conserve ses propriétés et son goût agréable pendant deux ou trois ans, et peut, pendant l'hiver surtout, être transporté au loin.

D'après ce que l'on vient de voir, les cidres doivent nécessairement beaucoup varier dans leur goût et leur force. En effet, met-on peu d'eau, il en résulte ce qu'on nomme du gros cidre, boisson enivrante, propre seulement aux aubergistes, aux habitants des villes qui la coupent avec de l'eau, ou aux distillateurs, qui en retirent une assez grande quantité d'eau-de-vie (environ 6 p. 400 d'eau-de-vie à 20 ou 22°); au contraire, ajoute-t-on plus ou moins d'eau, on obtient une boisson très saine connue sous le nom de petit cidre, ou de cidre mitoyen quand il tient le milieu entre ce dernier et le premier. D'un autre côté, veut-on boire le cidre immédiatement après sa seconde fermentation, il a une saveur douce et sucrée, et est chargé d'acide carbonique, ce qui le rend malsain en même temps que peu agréable pour les palais normands, tandis que ce goût et ce piquant font alors seulement rechercher cette boisson par les étrangers. Plus tard, c'est-à-dire pendant les trois ou quatre premiers mois, la fermentation diminue peu à peu, l'acide carbonique se dégage, la matière sucrée se métamorphose en alcool, alors il devient légèrement amer, quelquefois acide et piquant, et laisse à la bouche un arrière-goût variable suivant le terroir; à cette époque il a une couleur plus ou moins ambrée, et il est ce qu'on nomme paré, état sous lequel les habitants des pays à cidre trouvent seulement cette boisson potable.

D'après ce qui précède on voit que c'est à tort que tous les savants ont épuisé leur science à chercher un moyen qui pût conserver la saveur sucrée aux divers cidres. Leurs améliorations n'auraient jusqu'à présent en Normandie qu'un avantage; ce serait de pouvoir retarder la fermentation tumultueuse ou de rendre la seconde fermentation plus active, ce qui est important pour les habitants des villes forcés la plupart du temps de couper leurs cidres après la première fermentation. Cette raison nous détermine à dire qu'on peut améliorer le cidre en y mêlant, après son premier soutirage, 4/10^e de cidre doux n'ayant pas subi la fermentation tumultueuse, pour soutirer ensuite le tout comme à l'ordinaire. C'est après le deuxième soutirage qu'on peut transporter ce cidre surchargé de matière sucrée dans les villes, et l'y couper avec de l'eau sans crainte de le rendre plat, puisque le mélange subira une deuxième fermentation. Si l'on veut le conserver doux, on réduit par une ébullition ce moût au sixième, comme l'a fait M. Payen, et on l'amalgame au cidre après sa première fermentation, ou même simplement à du petit cidre ou à de l'eau; mais ce mélange ne fait toujours qu'un cidre sucré, estimé seulement des Parisiens, et totalement repoussé des personnes habituées à boire du cidre paré.

Outre le cidre proprement dit résultant du jus de pommes ayant subi la fermentation alcoolique, il existe

une autre boisson composée seulement de jus de poires, qui se fabrique absolument de la même manière que celle provenant des pommes, et qui porte le nom de *poiré*. Cependant il est bon de faire observer que, pour faire le meilleur poiré possible, il faut piler aussitôt qu'on les a cueillies les poires fondantes, qui deviennent molles dès qu'elles sont mûres, tandis qu'il est utile de bien laisser mûrir en tas les poires qui sont âpres au palais. « Le poiré, dit M. Girardin, dont la fabrication n'est pas aussi étendue que celle du cidre, est accusé d'avoir une action fâcheuse sur le système nerveux. Il est moins nourrissant, plus irritant que le cidre, très capiteux lorsqu'il est vieux, et il enivre promptement ceux qui n'en font pas un usage habituel. Ce liquide a néanmoins d'excellentes qualités; c'est une boisson diurétique fort agréable lorsque sa fermentation est achevée. Plus alcoolique que le cidre, le poiré de première qualité ressemble beaucoup aux petits vins blancs de l'Anjou et de la Sologne. Mis en bouteille après une bonne préparation, il devient complètement vineux et peut alors être confondu, par les palais peu exercés, avec les vins que nous venons de citer; et même, quand il est mousseux, il prend souvent le masque des vins légers de la Champagne. Il est très propre à couper les vins blancs de médiocre qualité, qu'il rend plus forts et meilleurs. Souvent même les détaillants vendent le poiré pour du vin blanc. Malheureusement tous les poirés ne possèdent pas ces bonnes qualités, et la plupart étant faits avec des poires d'une âcreté extrême conservent un goût âcre qui les rend alors désagréables à boire. Il est à regretter que l'on apporte si peu de soins à une liqueur qui pourrait être la source d'un assez grand revenu pour les fermiers. En effet, en raison de la plus grande abondance du sucre dans les poires que dans les pommes, le jus fermenté des premières produit généralement beaucoup plus d'esprit que celui des secondes, et de bien meilleure qualité. Terme moyen, le poiré donne 4/10^e de son volume d'eau-de-vie à 20 ou 22°, eau-de-vie qui peut convenir à presque tous les emplois de celle du vin. Le poiré produit en outre un vinaigre bien supérieur à celui du cidre. Enfin, les poires fournissant moitié plus de jus que les pommes, il faut conséquemment moins de poires pour avoir la même quantité de liqueur, et les poiriers ordinairement rapportent plus de fruits que les pommiers; et comme ils sont plus élevés, qu'ils soutiennent mieux leurs branches, ils nuisent beaucoup moins aux moissons que les pommiers, fleurissent et se récoltent avant eux, ce qui empêche les gelées de leur nuire autant qu'aux pommiers, d'où il résulte qu'en choisissant les meilleures variétés de poires, en les traitant avec intelligence et sans ajouter d'eau, les fermiers trouveraient des bénéfices très avantageux dans la fabrication du poiré.

Dans quelques contrées de la France on voit encore des cormiers centenaires, dont les fruits ou cormes rendent, en les traitant comme les poires et les pommes, une boisson portant le nom de *cormé*, encore plus âcre que le poiré. Aussi, dans les pays où l'on trouve de ces fruits, on les fait servir à l'amélioration des cidres qui veulent tourner au gras, plutôt que de les employer seuls. La fabrication du cormé n'ayant rien de particulier, nous ne nous y arrêterons pas; seulement, nous engageons à ne piler ces fruits que lorsqu'ils ont mûli comme les nèfles sur la paille, car la boisson qu'ils rendent est tellement âcre qu'il vaut mieux sacrifier un peu de la quantité du jus et l'obtenir aussi adouci que possible.

Les maladies des cidres les plus communes sont assurément celles qu'ils prennent tous en Normandie en vieillissant; elles tiennent à la mauvaise méthode de tirer cette boisson à la pièce au fur et à mesure des besoins, et à la mettre dans des pièces quatre fois trop grandes. Cette manière de tirer les cidres et de les lais-

ser fort longtemps en vidange sur la lie fait subir à cette boisson diverses transformations nuisibles à leur qualité. D'abord elles lui font perdre peu à peu ses qualités sapides, et alors le cidre dans cet état d'altération *se tue*, c'est-à-dire noircit; maladie incurable à laquelle sont particulièrement exposés les cidres des pays froids et humides, maladie cependant que l'on corrige sensiblement par une addition de cassonade et de gomme. Bientôt la fermentation alcoolique, continuellement tourmentée par l'influence de l'air atmosphérique, fait place à la fermentation acéteuse, qui donne à cette boisson une saveur légèrement acide que l'on ne peut corriger, mais qui cependant ne la rend point imbuvable pour les personnes qui y sont habituées. Peu à peu la même cause, surtout quand il y a beaucoup de lie dans le tonneau, fait succéder la fermentation putride à cette acidité, d'où il résulte alors que le cidre n'est plus propre qu'à être brûlé, c'est-à-dire réduit en une eau-de-vie à laquelle un mauvais travail laisse un goût d'empyreume désagréable, qui la fait cependant rechercher dans la basse Normandie, goût du reste qu'une rectification soignée des petites eaux sur du chlorure de calcium, ou dans des appareils distillatoires particuliers, pourrait facilement faire disparaître. Enfin, une des maladies les plus communes, et qui passe souvent encore à la fermentation putride, est le *graisage*, qui semble avoir la plus grande analogie avec la maladie des vins portant le même nom. On peut, pour les deux liquides, employer des moyens de guérison semblables. Ainsi, une addition de 3 litres d'alcool, ou de 7 onces de cachou ou de sucre, ou de 4 à 24 litres de poires concassées par pièce de 7 à 800 litres, rétablissent quelquefois le cidre qui tourne au gras.

Les tourteaux qui résultent du pressurage des marcs de pommes sont conservés dans des fosses d'où on les extrait à mesure du besoin pour la nourriture des porcs pendant l'hiver; ceux de poires et de cornes sont coupés en briques, séchés à l'air et employés comme combustible.

CIMENT, LUT, MASTIC (*angl.* cement, lute, all. kitt). On peut diviser les ciments en deux sortes : ceux qui sont préalablement dissous ou réduits à l'état pâteux par l'addition d'eau, d'alcool ou d'une huile, et ceux qui s'appliquent fondus par l'action de la chaleur.

Le *ciment diamant* qui sert à recoller la porcelaine, les verres, etc., et qui se vend encore à un prix exorbitant, se prépare, en faisant ramollir de la colle de poisson dans de l'eau, puis la dissolvant dans de l'esprit de vin et la mêlant avec un peu de gomme-résine ammoniacque ou de galbannum et de résine mastic, dissous préalablement dans la moindre quantité possible d'esprit de vin; on obtient ainsi une masse pâteuse que l'on chauffe légèrement, afin de la liquéfier, avant de l'appliquer, et que l'on conserve dans une bouteille bien bouchée avec un bouchon de liège et non avec un bouchon à l'émeri qu'on ne pourrait peut-être plus enlever. Les joailliers arméniens emploient ce ciment, en Turquie, pour fixer des pierres gemmes sur les coupes et autres vases de même nature.

La gomme laque dissoute dans l'alcool ou dans une solution de borax forme un ciment très bon. Le blanc d'œuf seul ou mieux mélangé avec de la chaux vive finement pulvérisée, forme un ciment qui se solidifie très vite, mais qui résiste mal à l'action de l'humidité; le dernier est très résistant et est surtout employé pour recoller le marbre, l'albâtre, etc.; les chaudronniers en cuivre se servent du même ciment pour mastiquer les jointures de leurs appareils, seulement au lieu de blanc d'œuf ils emploient le sang de bœuf qui agit de la même manière par l'albumine qu'il renferme. Un ciment analogue est celui que l'on obtient en écrasant du fromage fait avec du lait écrémé, le faisant bouillir avec de l'eau jusqu'à ce qu'il ait acquis la consistance d'une

bouillie, puis l'incorporant sur une table en marbre, à l'aide d'une molette, avec de la chaux vive finement pulvérisée; il sert au raccommodage de la fayence cassée, et doit être appliqué à chaud.

Pour recoller les objets en grès, on se sert du ciment suivant qui résiste parfaitement à l'action des agents atmosphériques : on mêle 20 parties de sable de rivière bien blanc et sec, 2 p. de litharge finement pulvérisée et 1 p. de chaux vive en poudre, avec assez d'huile de lin ordinaire ou mieux d'huile de lin siccativée, pour que le tout ne soit qu'humecté sans former une masse pâteuse; on enduit d'abord les parties à recoller d'huile de lin au moyen d'un pinceau; ce ciment finit au bout de quelques semaines par acquérir une dureté et une adhérence supérieures à celles du grès; il en vient même au point de donner des étincelles sous le briquet. Lorsqu'on remplace la chaux vive par 40 p. de calcaire en poudre, on obtient le *ciment-mastic* qui remplace actuellement dans beaucoup d'endroits le ciment romain pour couvrir les terrasses, etc., et que l'on emploie aussi fréquemment pour mouler des statues qui présentent sur celles en plâtre le grand avantage de ne pas s'altérer à l'air libre par l'action des agents atmosphériques.

Le *mastic de fer*, employé pour relier entre elles des pièces en fer ou en fonte et dont nous avons déjà parlé à l'article CHAUDIÈRE, se forme en mélangeant ensemble de 50 à 400 p. de limaille de fer avec 1 p. de sel ammoniac en poudre. Pour s'en servir on humecte le mélange et on s'en sert pour cafeutrer les joints en l'y chassant avec un ciseau émoussé sur la tête duquel on frappe à coups de marteau. On y ajoutait autrefois un peu de fleur de soufre, mais on y a presque partout renoncé, depuis que l'on a reconnu que cette addition corrodait fortement le fer.

Parmi les ciments qui s'appliquent par fusion à chaud, nous citerons les suivants :

46 p. de craie calcinée et tamisée, triturée avec un mélange fondu de 16 p. de brai sec et de 4 p. de cire jaune.

5 p. de colophane, 4 p. de cire jaune, 4 p. de colcothar et un peu de plâtre en poudre, fondus ensemble, donnent un ciment employé pour monter les appareils électriques.

Pour fixer des pièces métalliques sur le verre, comme cela a souvent lieu dans les appareils de physique, on se sert habituellement de cire à cacheter de bonne qualité, que l'on fond quelquefois préalablement, pour la rendre moins cassante, avec un peu de térébenthine de Venise.

On fixe les verres d'optique à polir ou à tailler avec de la poix ordinaire.

La résine-mastic est souvent employée par les joailliers pour coller des morceaux d'émail blanc ou coloré sur un fond noir, afin d'obtenir une imitation de l'agate onyx.

Pour cacheter les bouteilles on se sert d'un mélange fondu de poix noire, de brai sec et de brique pilée, ou de résine ordinaire colorée par un peu de litharge rouge ou de cinabre.

L'asphalte, dont nous avons parlé à l'article BITUME, sert au pavage, à recouvrir les terrasses, etc.

Les principaux ciments ou luts, employés pour luter les appareils de chimie, sont les suivants :

1° La farine de graines de lin malaxée avec de la colle de pâte et quelquefois un peu de suif.

2° De la limaille de fer et de l'argile, triturés avec une dissolution épaisse de gomme arabique.

3° Du papier sans colle trempé dans l'eau, puis broyé avec de la farine de blé et un peu d'argile.

4° De l'argile grasse mélangée avec de la chaux fraîchement éteinte; en y ajoutant du blanc d'œuf, on obtient le *lut d'âne*, ciment très résistant, avec lequel on peut raccommoder la porcelaine et la fayence.

CINABRE.

5° Du plâtre cuit broyé avec de l'empois d'amidon.

6° En triturant ensemble de la farine de graines de lin de l'argile et du caoutchouc visqueux ainsi obtenu par la fusion, on obtient un lut qui résiste très bien à l'action des vapeurs acides.

7° Le caoutchouc fondu seul est un lut excellent pour graisser les robinets, les bouchons à l'émeri, etc., et pour prévenir toute perte; il résiste très bien aux vapeurs acides, n'est pas attaqué par le chlore, et ne s'altère pas même à la température de l'ébullition de l'acide sulfurique.

CIMENT ROMAIN. V. MORTIERS HYDRAULIQUES.

CINABRE, VERMILLON (*angl.* cinabar, vermillion, *all.* zinnober). Ce corps est un sulfure de mercure composé de ;

Mercure.	86,3	}	Hg S.
Soufre.	43,7		
	400,0		

On le trouve dans la nature et c'est même le minéral de mercure le plus abondant; les échantillons massifs très purs sont seuls employés dans la peinture; mais la plus grande partie du cinabre versé dans le commerce est un produit artificiel qui a la même composition et les mêmes caractères que le cinabre naturel. En masse le cinabre présente une couleur d'un violet foncé qui devient d'un rouge très vif par la porphyrisation; en cet état de ténuité il porte le nom de *vermillon*.

Le cinabre est insoluble dans l'eau, infusible et volatil sans décomposition à une température voisine du rouge, pourvu toutefois qu'on le distille à l'abri du contact de l'air; car, dans ce cas, il se décomposerait en acide sulfureux et en mercure. Les vapeurs de cinabre forment en se condensant une masse cristalline dans laquelle on distingue de belles aiguilles hexaèdres.

La plus grande partie du cinabre que l'on trouve dans le commerce se prépare par voie sèche; depuis quelques années on est parvenu à préparer par voie humide du cinabre qui possède un éclat beaucoup plus vif que le précédent, mais qui revient ordinairement à un prix plus élevé et dont la préparation est très délicate.

M. Tuckert a publié (*Annales de chimie*, IV) un très bon mémoire sur la fabrication du cinabre hollandais, le plus beau de ceux obtenus par voie sèche, dont nous extrayons ce qui suit :

La fabrique, dit-il, dans laquelle j'ai assisté plusieurs fois à la fabrication du sulfure de mercure sublimé, est celle de M. Brand, hors de la porte d'Utrecht à Amsterdam, et l'une des plus considérables de la Hollande; on y fabrique annuellement dans trois fourneaux et par le moyen de quatre ouvriers, 24,000^k de cinabre, sans compter les autres préparations mercurielles. On y suit le procédé que je vais décrire.

On prépare d'abord l'*éthiops* ou sulfure noir, en mêlant ensemble 75^k de soufre et 540^k de mercure pur; puis exposant ce mélange à un feu modéré dans une chaudière de fer plate et polie de 0^m,32 de profondeur sur 0^m,80 de diamètre. Mais ce mélange ne s'enflamme à moins que l'ouvrier n'ait point encore acquis l'habitude nécessaire.

On broie ce sulfure noir, ainsi préparé, afin d'en remplir facilement de petits flacons de terre, de la contenance de 3/4 de litre ou environ, et l'on remplit d'avance 30 ou 40 de ces flacons, pour s'en servir au besoin.

Après cette préparation, on a trois grands pots ou vases sublimatoires faits d'argile et de sable très pur; ces vases sont enduits d'avance d'une couche de lut, afin qu'elle ait eu le temps de sécher lorsqu'on veut les employer. On pose ces pots sur autant de fourneaux cerclés en fer et adossés contre une voûte élevée et capable de résister au feu. Les fourneaux sont construits de manière à ce que la flamme circule librement autour des

CINABRE.

pots, qui peuvent être de diverses grandeurs, et qu'elle environne jusqu'aux 2/3 de leur hauteur.

Lorsque les pots sont posés sur leurs fourneaux, on allume le soir dans ceux-ci un feu modéré que l'on augmente graduellement jusqu'à faire rougir les pots. On se sert, à Amsterdam, de tourbe pour ce travail. Lorsque les pots sont rouges, on verse dans le premier un flacon de sulfure noir de mercure, ensuite on en fait autant dans le second, puis dans le troisième. On peut dans la suite en verser deux, trois, et même davantage à la fois; cela dépend de la plus ou moins forte inflammation du sulfure de mercure. Après son introduction dans les pots, la flamme s'en élève quelquefois à 4 et même 2 mètres de hauteur; lorsqu'elle est un peu diminuée, on recouvre les pots avec une plaque en fonte de 0^m,40 de diamètre et de 0^m,04 d'épaisseur, qui s'y applique parfaitement. On introduit ainsi, en 34 heures, dans les trois pots, toute la matière préparée, ce qui fait pour chaque pot 180^k de mercure et 23^k de soufre, en tout 203^k. Toute la matière une fois introduite, on continue le feu dans un juste degré, et on le laisse éteindre lorsque le tout est sublimé, ce qui exige 36 heures de travail. On reconnaît que le feu est trop fort ou trop faible, par la flamme qui s'élève lorsqu'on ôte le couvercle de fonte; dans le premier cas elle s'élève à une grande hauteur au-dessus du pot, dans l'autre elle ne paraît pas ou ne fait que toucher faiblement l'ouverture des pots. Le degré de feu est convenable lorsque, en enlevant le couvercle, on voit paraître vivement la flamme sans qu'elle s'élève à plus de 0^m,40 au-dessus de l'ouverture.

Dans les dernières 36 heures, on remue tous les quarts-d'heure ou demi-heures la masse avec une tringle en fer, pour en accélérer la sublimation. Les ouvriers s'y prennent avec tant de hardiesse que j'en fus étonné, et que je craignais chaque fois qu'ils n'enfonçassent les pots.

Après que le tout est refroidi, on retire les pots avec les cercles en fer qui empêchent qu'ils ne crèvent, et on les casse. On trouve constamment dans chaque pot 200 kil. de cinabre sublimé; ce qui fait seulement 2 1/2 p. 400 de perte sur la quantité totale de soufre et de mercure employés.

Le cinabre sublimé en masse est ensuite broyé à l'eau, soumis à la lévigation et séché; il est d'autant plus beau qu'il est réduit en parties plus ténues.

Le cinabre préparé par voie sèche est loin d'avoir le feu et l'éclat du cinabre de Chine aussi bien que de celui préparé par voie humide; d'après Wehrle, on peut obtenir un cinabre sublimé d'une beauté presque égale à celui de Chine, en y ajoutant avant la sublimation 4 p. 400 de sulfure d'antimoine, puis en faisant digérer le cinabre pulvérisé d'abord avec une dissolution de sulfure de potassium, puis avec de l'acide hydrochlorique étendu.

La préparation du cinabre par voie humide, due à Kirchoff, a été perfectionnée depuis au point de donner un produit dont la beauté ne le cède en rien à celle du cinabre de Chine.

Voici, d'après Brunner, quel est le meilleur mode d'opérer: on triture ensemble 300 p. de mercure et 444 p. de soufre, pendant plusieurs heures, jusqu'à ce que le tout se soit réduit en une poudre noire dans laquelle on n'aperçoit plus aucun globule de mercure. Cette opération s'accélère notablement lorsqu'on ajoute au mélange une petite quantité d'une dissolution de potasse du commerce. On peut s'épargner le travail de la trituration en introduisant le mercure et la fleur de soufre dans de fortes bouteilles que l'on bouche bien, et que l'on attache solidement sur un châssis auquel on imprime un mouvement de va-et-vient au moyen d'un moteur quelconque. On ajoute à la poudre noire ainsi obtenue une dissolution de 75 p. de potasse à la chaux

CINABRE.

dans 400 p. d'eau, et on continue la trituration encore pendant quelque temps ; on porte ensuite le tout dans le travail en petit dans une capsule en porcelaine, dans le travail en grand dans une chaudière en fer poli ; on chauffe à 45° C. au bain-marie, et on cherche autant que possible à maintenir cette température constante. On doit remplacer de temps en temps l'eau qui se vaporise. Après une couple d'heures, on remarque que la masse d'abord noire devient d'un rouge-brun ; il faut alors prendre bien soin que la température ne dépasse pas le degré indiqué ci-dessus. Un défaut de chaleur n'a d'autre inconvénient que de prolonger la durée de l'opération. Peu à peu la couleur brune passe à un rouge dont la vivacité croît très rapidement. On retire alors le feu de dessous la chaudière, pour ralentir la marche de l'opération, et pouvoir reconnaître exactement le moment où la teinte a acquis le plus haut degré de beauté et de vivacité ; aussitôt que ce point est atteint, ce qui se reconnaît aisément lorsqu'on a acquis quelque habitude de cette manipulation, on refroidit la masse en y versant de l'eau froide, on la jette sur un filtre, on la lave avec soin et on la fait sécher.

Le cinabre ainsi obtenu se distingue par une couleur d'un rouge très vif, très analogue à celui du carmin, et qui ne le cède en rien pour l'éclat au cinabre qui nous vient de Chine, où il est préparé par des procédés dont le détail nous est inconnu.

On falsifie le cinabre avec du minium, du colochar et de la brique pilée ; en chauffant dans un tube en verre, le cinabre seul se volatilise en laissant les substances mélangées en résidu ; en chauffant ensuite ce résidu avec de l'acide hydrochlorique, on reconnaît que c'est du minium, s'il se dégage du chlore et s'il se transforme en une poudre blanche cristalline ; c'est du colochar s'il se dissout complètement en donnant une dissolution d'un jaune foncé ; enfin c'est de la brique pilée s'il ne se dissout pas. Quelquesfois aussi on le falsifie avec du sang-dragon, qui se reconnaît en traitant par l'alcool qui le dissout et se colore en rouge, et avec du réalgar (arsenic sulfuré rouge), qui se découvre par l'odeur alliécée qu'il répand lorsqu'on le chauffe avec un corps réducteur, tel que du charbon.

Le cinabre est employé dans les arts, dans la peinture et la fabrication des cires à cacheter.

CIRAGE. Le cirage que l'on emploie le plus ordinairement est celui qui se sèche et se polit avec une brosse, et qui porte le nom de *cirage anglais*. Il existe une foule de recettes pour préparer ce produit dans lequel il entre toujours du noir d'ivoire ou charbon d'os, de l'acide sulfurique et une matière gommeuse ou sucrée. La recette qui donne un bon cirage, au plus bas prix possible, est celle que l'on doit préférer. En voici une qui réussit bien :

Noir d'ivoire.	2 ^l
Mélasses.	2
Acide sulfurique à 66°.	0,40
Noix de Galle concassée.	0,42
Sulfate de fer.	0,42
Eau.	2 lit.

La mélasse étant versée dans une terrine d'une capacité de 40 litres au moins, on y délaie peu à peu le noir d'ivoire ; d'autre part on fait infuser pendant une heure la noix de Galle dans 4 lit. d'eau bouillante, puis on passe à travers un linge ; on dissout le sulfate de fer dans le deuxième litre d'eau, on mêle la moitié de la dissolution avec la mélasse et le noir d'ivoire ; on ajoute au reste l'acide sulfurique, et on le verse ensuite peu à peu dans la terrine, en agitant continuellement. Il y a une vive effervescence, le volume de la masse augmente beaucoup, elle s'épaissit en même temps. On y ajoute enfin l'infusion de noix de Galle.

On obtient ainsi une pâte molle. Si on avait ajouté

CIRE.

de la gomme au cirage, il aurait fini par se solidifier, parce qu'elle se combine avec l'oxyde de fer pour devenir presque insoluble. Si l'on veut avoir du cirage liquide, il faut délayer la masse obtenue dans 5 litres d'eau, bien l'agiter et la mettre rapidement en bouteille, en l'agitant toujours, afin d'éviter le dépôt qui se formerait sans cette précaution.

CIRE (*angl. wax, all. wachs*). La cire pure est blanche, solide à la température ordinaire ; sa densité est de 0,96. Elle fond vers 63°, et elle brûle avec une flamme blanche qui répand une vive lumière. Elle est insoluble dans l'eau, très peu soluble dans l'alcool froid, un peu plus dans l'éther ; l'essence de térébenthine et les huiles grasses la dissolvent facilement à chaud. L'alcool bouillant la dissout en partie et la sépare en deux produits différents, une matière insoluble, la *myricine*, et une matière soluble, la *cérine*.

Nous avons déjà parlé de la production de la cire au mot ABEILLE ; il nous reste à décrire la purification et le blanchiment qu'on lui fait subir avant de la livrer au commerce.

Après que l'on a retiré les gâteaux des ruches, on les coupe par tranches horizontales que l'on place sur des claies d'osier pour laisser écouler le miel que les alvéoles renferment ; le miel que l'on obtient ainsi porte le nom de *miel vierge*. On met ensuite les fragments de gâteau égouttés dans des sacs en toile et on les soumet à l'action de la presse ; on obtient encore ainsi du miel de seconde qualité. On fond ensuite les résidus restés dans les sacs dans des chaudières avec de l'eau, pour éviter de les brûler, puis on laisse refroidir lentement afin de permettre à l'eau et aux impuretés de se séparer. Quand la cire est solidifiée, on la retire des vases, et l'on enlève avec un couteau la partie inférieure du pain de cire, qui est fort impure et porte le nom de *piéd de cire*. La cire brute ainsi obtenue est jaune, et possède une odeur de miel variable suivant la nature des plantes qui ont servi à l'alimentation des abeilles.

Avant de procéder au blanchiment de la cire, on la purifie en la fondant dans des chaudières en cuivre à double fond, chauffées au bain-marie ; on la laisse reposer quelque temps pour faciliter le dépôt des impuretés, et on la fait écouler par une ouverture latérale située un peu au-dessus du fond de la chaudière. De là elle se rend dans un deuxième réservoir, où on la laisse déposer de nouveau, puis on la décante une seconde fois et on la reçoit dans un vase prismatique, percé à la partie inférieure d'une ou plusieurs ouvertures, par lesquelles la cire s'échappe et vient tomber sur un fort cylindre en bois, dont l'axe est parallèle à celui du vase et qui est en partie plongé dans l'eau ; quand la cire est parvenue à sa surface, on le tourne lentement. Par ce moyen, la cire s'étale en rubans, se solidifie par l'abaissement de température causé par l'eau qui, en la mouillant, empêche les nouvelles couches de cire d'adhérer avec les premières, et l'on obtient ainsi des rubans très minces. On renouvelle constamment l'eau de la bûche où plonge le cylindre, en y faisant arriver au fond de l'eau froide par un tube plongeur, et en laissant écouler l'eau chaude par un déversoir placé à la partie supérieure.

La cire ainsi rubannée est placée sur des châssis en toile, puis exposée à l'action alternative de la rosée et des rayons solaires. La matière colorante se détruit peu à peu, mais il est presque impossible d'opérer le blanchiment en une seule fois, à cause de l'épaisseur des rubans de cire ; on refond alors celle-ci pour la rubanner de nouveau et la soumettre à un second blanchiment.

Il faut avoir soin de ne retirer la cire de dessus les châssis que lorsque le temps est très sec, parce que par un temps humide elle conserve une teinte grisâtre et éprouve un déchet considérable.

Enfin, on refond la cire une dernière fois et on la coule en petits pains, livrés au commerce sous le nom de *cire vierge*.

On a essayé, mais sans succès, de blanchir la cire au moyen du chlore et des chlorures décolorants; elle devient alors cassante et peu propre à la combustion.

La cire jaune sert soit directement, soit combinée à la potasse, à frotter les appartements. La cire blanche est surtout employée dans la fabrication des *BOUGIES*; elle forme la base du cérat et d'une foule d'autres préparations pharmaceutiques; enfin, on s'en est quelquefois servi pour délayer les couleurs, en les appliquant à chaud dans un genre de peinture dit à l'*encaustique*.

CIRE A CACHETER (*angl. sealing wax, all. siegellack*). La cire à cacheter est essentiellement composée de gomme laque, à laquelle on ajoute de la térébenthine afin de la rendre plus fusible et moins cassante. Pour les cires rouges ou peu colorées, on emploie de la gomme laque aussi peu colorée que possible, tandis que pour les cires noires on peut très bien se servir de gomme laque d'un brun foncé, qui revient beaucoup meilleur marché.

Voici comment on prépare la cire à cacheter rouge superfine: on fond 4 parties de laque dans une capsule en fer placée sur un feu de charbon clair, puis on ajoute 4 p. de térébenthine de Venise et 3 p. de vermillon, en agitant continuellement. Quand la matière colorante est bien incorporée, on pèse des morceaux de 250 grammes que l'on roule sur un marbre chauffé en dessous par un réchaud, puis on les lisse sur un autre marbre avec une planche en bois dur munie de poignées, et qui porte le nom de polissoir. Quand la masse a été roulée et étirée en cylindres d'une grosseur convenable, on maintient ces cylindres entre deux réchauds ardents pour qu'ils deviennent brillants à leur surface; on les divise en bouts d'une longueur convenable, qu'on fond ensuite à chaque extrémité au moyen d'une lampe à esprit-de-vin, et on y applique un cachet variable suivant le fabricant et la nature de la cire.

Les cires ovales ou cannelées se font dans des moules en acier poli.

La cire à cacheter fine s'aromatise quelquefois avec des baumes, tels que le benjoin, le styrax, le baume du Pérou, etc.

Les cires de différentes couleurs s'obtiennent en remplaçant le vermillon par d'autres substances colorantes, telles que le vert-de-gris, le chromate de plomb, l'indigo, le noir de fumée, etc.

Les cires marbrées se font en mélangeant des pâtes fondues de couleurs différentes: la marbrure dépend d'un tour de main que l'on n'acquiert que par la pratique.

Les cires dorées s'obtiennent en incorporant des paillettes de mica jaune d'or dans la cire pendant qu'elle est en fusion.

Pour les cires rouges communes, on remplace le vermillon par du minium, et même quelquefois par du colcothar. On remplace aussi la gomme laque, en tout ou en partie, par un mélange de colophane et de craie ou de plâtre pulvérisé; si l'on n'ajoutait pas de craie ou de gypse à la colophane, la cire que l'on obtiendrait serait tout à fait fragile et ne s'attacherait que faiblement au papier. On remplace quelquefois la craie ou le plâtre par du sous-chlorure de bismuth, ce qui donne une cire de meilleure qualité.

CIRE A SCCELLER. La cire à sceller est une matière plastique, destinée à recevoir l'empreinte d'un cachet, qui est employée, comme son nom l'indique, pour poser des scellés.

Cette cire se fait en fondant ensemble 4 parties de cire blanche et 4 p. de térébenthine de Venise, puis ajoutant au mélange, quand il commence à s'épaissir par le refroidissement, une quantité suffisante de ver-

millon pour le colorer en rose pâle. On en pèse ensuite des morceaux que l'on roule en cylindres, dont le volume est ordinairement plus fort que celui des bâtons de cire à cacheter. Pour employer cette cire, on en ramollit une portion en la malaxant, on l'applique sur le papier ou le tissu qui doit la recevoir, et on la comprime fortement avec un sceau dont elle prend l'empreinte.

CIRE MINÉRALE, OZOKÉRITE. Substance essentiellement composée de paraffine, qui brûle avec une flamme très brillante, et qui se trouve en assez grande quantité dans le sein de la terre en Moldavie, près de Slanik et Zietrisika, pour que les habitants du pays la fondent et la moulent en bougies pour leur usage.

CIRE VÉGÉTALE. Plusieurs plantes, et en particulier celles de la famille des *myrica*, donnent, lorsqu'on fait bouillir leurs baies avec de l'eau, une sorte de cire quelquefois employée pour l'éclairage sur les lieux mêmes de production, mais qui n'ont aucune importance commerciale.

CISAILLES (*angl. shears, all. scheere*). C'est un outil qu'on emploie pour couper et diviser des barres et des feuilles de métal. On en distingue deux espèces: les cisailles droites et les cisailles circulaires.

Les *cisailles droites* se composent de deux lames droites fixées par un goujon, et pouvant s'éloigner et se rapprocher l'une de l'autre en tournant autour de ce goujon. On les établit sur des dimensions très variables, suivant l'épaisseur des feuilles qu'elles sont destinées à travailler. Elles sont mues, tantôt à la main, tantôt par un moteur; à la main, quand on n'a que peu d'efforts à produire; par le moteur, quand on a à couper des feuilles très épaisses, et qu'il faut aller vite.

Le mode d'action de a cisaille diffère complètement de celui des autres outils à diviser. Au moyen de la scie, du burin, on réduit toujours une portion de la matière qu'on divise en limaille ou en copeaux, et les deux morceaux obtenus ont moins de volume que le morceau total. Avec la cisaille, on ne sépare plus en deux une pièce, en en enlevant une partie, mais bien en cassant, en arrachant la matière.

Quand on ne veut que couper des tôles de cuivre ou de fer très minces, on emploie une cisaille que l'on tient dans la main gauche, tandis qu'on manie la feuille avec la droite. Les deux lames sont robustes, droites; une des branches que l'on tient dans la main est recourbée en équerre et vient s'appuyer sur l'autre, afin d'empêcher la main d'être serrée et les lames de se croiser indéfiniment. Les parties tranchantes des lames sont en acier et soudées avec le reste de la cisaille, dont les deux branches sont en fer et réunies par une goupille rivée. Il est préférable cependant d'employer un boulon fileté à une extrémité, et disposé de manière à recevoir un écrou, on peut alors séparer les deux branches et les affûter à part. Il faut avoir soin de ne pas faire toucher les deux branches entre le trou du boulon et les deux lames, et même un peu en arrière de ce boulon, parce qu'en serrant l'écrou on rapproche les lames, on les serre l'une contre l'autre d'une quantité convenable, on ne court pas le risque de les voir s'écarter, il est plus facile de tenir la cisaille bien droite, et on coupe avec plus de facilité. Si l'acier n'est pas vierge, il faut le faire revenir au jaune paille, s'il est dur, au jaune-d'or.

Quand les tôles ont un millimètre d'épaisseur, on n'emploie plus ces petites cisailles avec lesquelles on ne peut pas exercer un effort considérable; on se sert alors de cisailles plus grosses dont la lame supérieure est fixe et se retourne verticalement pour pouvoir être placée dans un trou pratiqué dans un billot en bois, ou être serrée dans un étai. La lame inférieure est mobile; on prend avec les deux mains la branche avec laquelle elle fait corps, et on place la feuille aussi près que possible

du centre de rotation, afin d'éprouver une résistance moins considérable.

Pour couper à la main des feuilles d'épaisseur plus considérable, on se sert de cisailles établies sur un bâti à demeure, et dans lesquelles la feuille à couper se trouve placée entre le point de rotation et l'extrémité d'un long levier auquel on applique la puissance. La lame inférieure est alors immobile et placée solidement sur une pièce de bois; elle se termine par une bouterolle à laquelle est fixée par un goujon, ou un boulon, l'extrémité du levier mobile; les couteaux ne sont plus soudés, mais ajustés et boulonnés sur les deux branches. On peut alors en avoir plusieurs paires, les affûter sans difficulté, et les remplacer facilement, s'ils viennent à se casser ou à s'ébrécher.

Dans le manèment de ces cisailles il faut placer la feuille le plus près possible de l'axe de rotation et faire le levier très long. Il n'est pas toujours facile de remplir la première condition parce qu'il faut pour approcher la feuille de l'axe élever beaucoup le levier, le couteau supérieur est alors très incliné et la feuille tend à glisser sur le couteau inférieur; une trop grande longueur de levier rend en outre la manœuvre gênante, aussi ces cisailles sont-elles le plus souvent très pénibles à manier, et le moteur doit agir par bonds et secousses, ce qui est très fatigant. Nous croyons qu'on les perfectionnerait beaucoup en plaçant le levier sur un autre axe que le couteau mobile, et en y fixant une petite roue dentée qu'on ferait agir sur une roue beaucoup plus grande fixée sur ce couteau mobile. Par ce moyen il faudrait, il est vrai, faire parcourir à l'extrémité du levier un chemin beaucoup plus considérable pour abaisser la lame d'une même quantité, mais on déploierait un effort beaucoup moindre. Dans la disposition ordinaire l'extrémité du levier se meut à peine, aussi l'effort excède-t-il de beaucoup celui que peut produire sans fatigue un homme de force moyenne.

On emploie généralement dans les ateliers des cisailles mécaniques; l'arbre de commande de quelque manière qu'il soit mû, porte d'ordinaire un volant et un pignon qui engrène avec une roue plus grande fixée sur un second arbre.

Un excentrique ou une manivelle à bouton, placé sur cet arbre, soulève un levier auquel le couteau est fixé quelquefois directement. D'autres fois, ce levier fait descendre un cylindre auquel est attaché le couteau supérieur. La machine peut alors servir de découpoir; à cet effet on enlève les deux couteaux, on fixe au cylindre un poinçon d'acier qui, en pénétrant dans le métal, y fait un trou en enlevant un morceau qui a exactement même forme que lui.

Le volant sert à régulariser la marche de la machine pendant que les ciseaux ne coupent pas, il accumule la puissance que lui transmet le moteur, et pendant que le métal est attaqué il contribue puissamment à sa division en empêchant en outre toute la secousse de se transmettre au manœuvre qui tourne à la manivelle. De cette manière l'homme produit un travail continu bien moins pénible qu'un travail intermittent pendant lequel il faut faire un grand déploiement de force motrice.

Quelquefois les cisailles sont mues par une petite machine à vapeur spéciale; elles sont alors très simples de construction, on les fait fonctionner comme on le veut, on peut mettre entre deux coups l'intervalle convenable et faire marcher la machine plus ou moins vite.

Les cisailles circulaires sont composées de deux disques en fonte auxquels s'appliquent des tranchants circulaires en acier, tournant simultanément en sens inverse, et placés de manière à se toucher et à se croiser légèrement. On les emploie surtout pour les métaux en feuilles; elles ont l'avantage de couper en ligne courbe. Les deux disques, en tournant, attirent le métal quand

il est mince; s'il est trop épais et que les diamètres soient faibles ils glissent sur la feuille et ne la coupent plus; il faudrait employer alors des disques très grands. Un moyen très simple pour couper des plaques épaisses avec de petits disques, consiste à faire à la lime, avant la trempe, sur la partie arrondie, une denture peu profonde qui, sans nuire à la solidité du tranchant, donne aux cisailles la propriété de s'emparer de la planche de tôle à découper, sans qu'il soit nécessaire d'exercer sur elle la moindre pression.

Les deux disques sont portés sur deux arbres en fer liés entre eux au moyen d'un engrenage; on communique le mouvement à l'un d'eux par une poulie et une courroie, ou par un pignon placé sur un arbre à manivelles. Une vis placée à l'extrémité d'un des arbres fait appuyer les deux disques l'un contre l'autre. DUBIED.

CISEAU (*angl.* chisel, *alt.* meissel). Le ciseau est un outil plat, ayant un seul biseau au bout. Les petits ciseaux se font entièrement en acier, ceux de plus grandes dimensions sont faits partie en fer, partie en acier. Les longs côtés du ciseau peuvent être droits; cependant l'usage est de les faire un peu inclinés, et de manière à ce que l'outil devienne insensiblement plus large par le bout du taillant que par la partie qui avoisine le collet: on nomme ainsi une partie évidée plus épaisse que le restant de l'outil, et, assez ordinairement renforcée par une arête; c'est cette partie qui supporte l'embase, qui elle-même supporte la soie, partie qui entre dans le manche. Le biseau du tranchant doit être de 30 à 35°, et par conséquent la trempe, qui du reste varie avec la nature de l'acier employé, ne doit pas être trop dure: si l'on a employé de l'acier fondu, on le fera revenir gorge de pigeon ou même tout à fait bleu. La face du ciseau opposée au biseau ou *planche*, doit être parfaitement plane et même doit recevoir un commencement de poli; le tranchant de l'outil en est d'autant plus vif.

CISELEUR. On donne ce nom à l'artiste qui sculpte les métaux et produit ces bronzes élégants qui servent de supports aux mouvements des pendules, ces riches candélabres, ces coupes ornées, ces encriers façonnés, et autres objets analogues d'utilité et de luxe, qui parent les appartements du riche. C'est aussi le ciseleur qui fait ces guirlandes de feuillage, ces fils d'or ou de perles, ces arabesques, ces rinceaux, qui servent à garnir les meubles précieux; en un mot, le ciseleur produit sur les métaux, mais le plus ordinairement sur le cuivre, tout ce que le sculpteur fait en marbre, en pierre ou en bois. L'art du ciseleur est pour ainsi dire confiné dans un quartier de Paris: ailleurs, en France, il n'y a pas de ciseleurs; hors France il y a des ciseleurs, mais qui n'approchent pas des artistes français. On doit s'étonner qu'aussi peu de célébrité se répande sur des hommes d'un mérite aussi transcendant, et que nous n'ayons pas de noms illustres à citer; mais l'étonnement cessera lorsqu'on saura que l'industrie a tellement divisé le travail dans cette partie des beaux arts, qu'un bel objet n'est plus l'œuvre d'un homme, mais l'œuvre d'une agrégation d'hommes; de là, perfection, bas prix; mais aussi plus de renommées colossales. Celui qui vous vend un beau bronze, dont il est propriétaire, sur lequel il a les droits d'artiste, qui poursuivrait avec acharnement un contrefacteur, celui-là assez souvent n'a pas même mis la main à l'œuvre. Voici comment l'entrepreneur, l'homme qui a quelque renom, établit un bronze: Supposons qu'il s'agisse d'un candélabre, il demandera au dessinateur un sujet nouveau; le dessinateur s'il s'agit d'une composition dans laquelle un personnage porte des tyrses, des feuillages, et soit monté sur un socle, divisera son travail en trois parties: Le dessinateur de figures fera le personnage, ou les personnages; le dessinateur d'ornement fera les feuillages, le dessinateur d'architecture fera le socle. Le dessin remis à l'entre-

preneur, il fera venir le mouleur ou le sculpteur ; si c'est le mouleur qui doit travailler, il composera, d'après le dessin, ses parties en cire rouge, il fera des coupes, et pourra encore diviser son travail entre des hommes habitués à faire, les uns de la figure, les autres l'ornement, les autres l'architecture. Le mouleur produira un candélabre en cire semblable au dessin ; avec la cire, on obtiendra un creux et avec ce creux un modèle en plâtre. Si l'on appelle de suite le sculpteur, et c'est maintenant la marche la plus généralement suivie, il exécutera immédiatement son modèle en plâtre dur. C'est peut-être cet artiste inconnu, et qui habite quelquefois un grenier, qui est le père du chef-d'œuvre qui va éclore ; c'est sur son travail que s'établit la propriété de l'entrepreneur. Le candélabre sort de ses mains en une infinité de pièces séparées, qui pourront toutes se réunir pour former un ensemble gracieux. Ici c'est un bras, là une guirlande, ici une tête penchée, etc., etc. C'est dans cet état que cette pièce complexe est remise au fondeur ; et une série d'opérations très délicates, très minutieuses, commence : il faut trouver les pièces de dépouille, garnir les noirs (c'est-à-dire les creux plus larges au fond qu'à l'extérieur), mettre en sable, etc., etc. Lorsque les pièces sont coulées et réparées, elles sont assemblées par le mouleur, alors commence l'ouvrage du ciseleur, qui consiste à raviver les angles à sabler ou à fouiller les fonds ; il a pour guide le plâtre sculpté qui a servi à fonder. Le ciseleur travaille les pièces séparément ; lorsque cette facilité ne peut avoir lieu, il travaille sur l'ensemble ; il pose ses pièces à l'aide d'un ciment composé de résine, de cire et de brique broyée, et réduite en poudre fine, sur un appareil nommé *boulet*, qui lui donne la facilité d'incliner son ouvrage de tous les côtés, et c'est à l'aide de petits fermeoirs en acier nommés *ciselets*, de petits ciseaux, de rifloirs, de mattoirs et autres instruments sur lesquels il frappe avec le marteau, qu'il répare les fautes du fondeur. Plus le fondeur est adroit, moins il reste à faire au ciseleur ; mais qu'on ne croie pas qu'il pourrait se faire qu'on trouvât un fondeur tellement adroit qu'il fût possible de se passer de ciseleur. Si ce cas se rencontrait, il y aurait encore profit, dans la majeure partie des cas, à employer le ciseleur ; car alors les dépenses qui seraient occasionnées par les préparations pour parvenir à ce degré de perfection couvriraient et au-delà les frais de la ciselure. Il vaut bien mieux avoir une fonte, *bon courant*, à prix modéré, qu'on fait ensuite retoucher et fouiller au ciselet, et puis la dorure ou le vernis prennent mieux sur l'ouvrage ciselé. Assez souvent c'est sur le premier cuivre qu'on surmoule les objets destinés à la vente ; quand on doit peu mouler on se contente du plâtre. Comme on le voit, un grand nombre de mains différentes concourent à l'établissement d'un modèle : dessinateurs, modelleurs, sculpteurs, fondeurs, réparateurs, mouleur, tourneur, ciseleur, doreur-vernisseur. Le grand art du ciseleur c'est de connaître les premiers talents parmi tous ces artistes et de les employer. Dans cette partie, comme dans bien d'autres, la réputation dépend de circonstances indépendantes de l'art ; les mêmes ouvriers travaillent pour tous les établissements de la capitale ; on fait mieux ou moins bien, selon le prix. Voilà pourquoi on ne citera jamais de grands noms parmi les ciseleurs, comme parmi les peintres et les sculpteurs.

On nomme aussi *ciseleurs* des artistes qui travaillent sur le cuivre creux et qui lui donnent toutes les formes en relief en le repoussant par derrière avec des *buttoirs*, des *mattoirs*, des *repousseoirs*, et autres petits outils sur lesquels ils frappent avec le marteau en appuyant l'ouvrage sur des *tas*, des *enclumes*, des *bigornes*, et autres supports différemment contournés. Dans le cours de cette opération délicate, on fait recuire le cuivre toutes les fois que cela est nécessaire. Ce travail est analogue à celui des orfèvres. Il y avait en ce genre

des bustes à l'exposition des produits de l'industrie de 1834, présentés par un chaudronnier, passé maître en son art ; mais ces travaux, ainsi que ceux qui s'obtiennent maintenant par l'estampe, et par les procédés nouvellement introduits d'Angleterre, s'éloignent tout à fait de l'art du ciseleur proprement dit, et ne doivent point trouver place dans cet article, encore bien que le mot *ciseleur* y ait été attaché faute d'une autre expression plus convenable.

ACIDE CITRIQUE (*angl.* citric acid, *all.* citronensäure). Pour préparer l'acide citrique, on exprime le jus de citron et on le laisse fermenter ; les matières qui rendaient la liqueur visqueuse se séparent et viennent former à la surface des pellicules vertes que l'on enlève ; on sature ensuite la liqueur claire avec de la chaux éteinte en poudre, il se précipite du citrate de chaux insoluble que l'on recueille sur un filtre et que l'on lave avec de l'eau ; on décompose à chaud ce citrate par un léger excès d'acide sulfurique étendu de six fois son poids d'eau, à raison de 19 p. d'acide sulfurique à 66° pour 20 p. de chaux employée pour la saturation de l'acide citrique. Au bout de 6 à 12 heures au plus tout le citrate est décomposé, on décante pour séparer le sulfate de chaux que l'on jette ensuite sur un filtre en toile où on le lave avec un peu d'eau. On évapore la liqueur claire à feu nu, dans des chaudières en plomb, jusqu'à ce qu'elle ait atteint une densité de 1,13, on la transvase dans une autre chaudière, chauffée au bain-marie ou à la vapeur, où l'on continue l'évaporation jusqu'à ce qu'elle prenne un aspect sirupeux et qu'elle vienne à se recouvrir d'une légère pellicule ; on doit aussitôt faire évacuer la vapeur ou l'eau du bain-marie, et décanter la liqueur dans un cristalliseur. Les cristaux d'acide citrique ainsi obtenus ne sont pas assez purs ; il faut les redissoudre dans une petite quantité d'eau, laisser déposer, décanter, évaporer de nouveau et faire cristalliser.

L'acide citrique est très soluble dans l'eau surtout à chaud ; 400 p. d'eau bouillante en dissolvent 433 p. ; sa composition est représentée par la formule $C^{12} H^{10} O^{11} + 3H^2 O$, et les sels qu'il donne sont des sels tribasiques, exemple : le citrate de chaux, $C^{12} H^{10} O^{11} + 3CaO$.

On a essayé, mais sans succès, dans les pays à citrons, tels que la Sicile, de fabriquer en grand du citrate de chaux pour alimenter les besoins du commerce ; cela tient à ce que l'on n'a pas pu dessécher convenablement ce citrate de manière à ce qu'il pût se conserver sans altération pendant le temps du transport.

L'acide citrique sert à former de la limonade artificielle en le dissolvant dans de l'eau, puis y ajoutant du sucre et une très petite quantité d'huile essentielle de citron, mais son principal emploi est dans la teinture, où il sert à fixer le rose de carthame.

L'acide citrique est quelquefois fraudé avec de l'acide tartrique ; pour reconnaître cette falsification, on le dissout dans une faible quantité d'eau et on ajoute quelques gouttes d'une dissolution de potasse qui donne lieu à un précipité de crème de tartre (bi-tartre de potasse).

CIVETTE (*angl.* civet, *all.* zibeth). Substance dont l'odeur se rapproche du musc et qui est contenue dans un sac placé entre les jambes de derrière de deux petits quadrupèdes, le *viverra-civetta* et le *viverra-zibetha*, dont l'un est originaire de l'Afrique et l'autre de l'Asie ; on les élève avec soin surtout en Abyssinie. Cette matière sort en partie du sac où elle est sécrétée, par les mouvements mêmes de l'animal, surtout quand on l'irrite, et est alors recueillie avec soin par les nègres. On l'emploie dans la parfumerie.

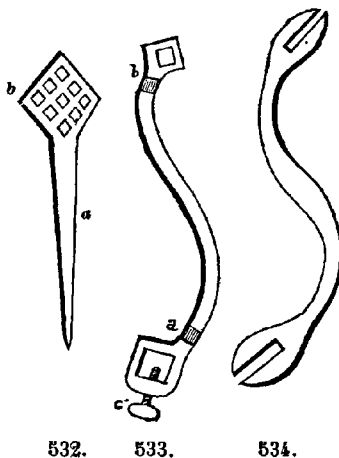
CLEF (*mécanique*) (*angl.* key, *all.* schlüssel). Ce mot s'applique, dans les arts, à une infinité d'objets différents, et souvent absolument dissemblables entre eux.

Il s'applique à beaucoup d'organes mécaniques nouveaux qui, n'ayant pas encore de nom, reçoivent celui de *clefs* : ce qui est une nouvelle preuve de la sécheresse, de la pauvreté de notre langage technique. Nous ne suivrons donc pas ce mot dans tous ses emplois, dont les principaux sont : *clef*. Cet instrument en fer que nous connaissons tous, et qui sert à faire mouvoir les pènes d'une serrure, que nous aurons l'occasion d'examiner au mot *serrure* ou *serrurier*, et qui embrasse une telle variété de sujets, qu'à lui seul il nécessiterait un travail très long et très intéressant ; puis viendront les *clefs de pouvre* et autres, connues dans la charpenterie ; les *clefs de voûte* qui terminent les voussures ; les *clefs des instruments de musique*, etc., etc. La plupart de ces acceptions de ce mot unique *clef*, seront successivement passées en revue dans le cours de cet ouvrage, lorsque l'ordre alphabétique amènera les mots qui concernent les diverses parties de l'industrie ou de la science où le mot *clef* est représentatif d'objets se rattachant à ces parties : pour cet instant, nous ne nous occuperons que de l'emploi de ce mot dans la mécanique, et notre tâche sera longue et difficile ; car ici, encore, le mot *clef* s'applique à une multitude d'objets de formes n'offrant aucune analogie entre elles, et destinées à l'obtention d'effets n'ayant aucun rapport entre eux.

La première *clef* que la mécanique nous offre est un instrument qui agit en effet par un mouvement giratoire, comme le font les *clefs* qui ouvrent et ferment les serrures, et qui à l'extérieur affecte à peu près la même forme, moins le panneton, et sert à faire virer une tige carrée ou triangulaire. Telles sont les *clefs* de montre, de pendule, de certaines cannelles, et autres qui servent à faire tourner sur leur axe des arbres, ou des noix, supportant soit des roues à rochets, soit des cylindres, soit tous autres agents mécaniques. Ces *clefs* se divisent en deux classes, forées ou non forées. Les forées sont ou carrées ou triangulaires, ou méplates, ou rondes avec une échancrure recevant un étoquiau posé sur l'arbre. Les non forées sont carrées, triangulaires ou méplates, on les introduit dans des trous de forme appropriée pratiqués sur le bout des arbres. Le levier qui sert à faire tourner ces *clefs* est un anneau, si elles sont de petite dimension, si elles sont fortes et que l'emploi des deux mains soit nécessaire pour les faire mouvoir, le levier est une barre en travers, en T ; nous n'avons rien de particulier à mentionner ici sur toutes ces *clefs*, leur description se trouve dans tous les ouvrages de technologie.

Viennent ensuite d'autres instruments qui portent également ce nom de *clef*, et qui servent à serrer et à desserrer les écrous, et même les vis lorsqu'elles sont trop grosses pour être mues par les tournevis ordinaires ; nous devons entrer à cet égard dans quelques explications, parce que quelques formes nouvelles et avantageuses ne sont pas encore généralement répandues dans les ateliers. Les fig. 532 à 547 donneront une idée de la majeure partie de ces *clefs* qui reçoivent divers noms selon leur destination. La fig. 532 se nomme *clef à carrés* ; c'est tout simplement une plaque d'acier, carrée, terminée par une soie *a*, arrondie et rendue presque pointue, afin que l'extrémité de cette soie puisse être employée à faire tourner les vis à têtes rondes, percées transversalement d'un ou de deux trous, comme on le fait maintenant pour les vis de lit. La partie aplatie *b*, qui doit toujours conserver une certaine épaisseur, est percée de plusieurs trous carrés de grandeurs diverses, afin d'étendre la portée de la *clef* ; c'est dans ces trous que l'on introduit la tête carrée des vis, en choisissant le trou dans lequel cette tête carrée entre à pression la plus exacte possible ; dans ce cas, c'est la soie *a* qui sert de levier pour faire tourner la vis. Cette *clef* est connue de tout le monde, il est inutile de nous étendre davantage sur ce qui la concerne. A la trempe

on doit la faire revenir bleue, et même si l'acier est vil, bleu-clair : cette dernière observation est applicable à toutes les *clefs* qui doivent jouir d'une certaine élasticité, et que la lime doit pouvoir entamer, lorsque l'ajustement aux têtes des vis l'exige.



La fig. 533 représente une autre *clef* à carrés destinée au même usage ; mais pour de plus fortes vis, elle sert aussi à faire tourner les écrous des essieux des voitures. Comme elle est d'ordinaire de forte dimension on la fait tout simplement en fer. On lui fait un double coude en *a* et en *b*, afin que les carrés puissent être introduits dans l'intérieur des frettes, ou boîtes, qui garnissent la partie antérieure des moyeux et dans lesquelles l'écrou est noyé. Ces *clefs* peuvent être forgées droites, mais la courbure en *S* est souvent utile, dans les cas où des pièces avoisinantes s'opposeraient à ce que la *clef* fit un tour entier. On fait cette *clef* double, en pratiquant à chaque bout un carré d'une grandeur différente, et même quelquefois, lorsque la *clef* n'est pas destinée aux voitures, on ajoute une vis de pression *c* sur l'une des faces du grand ou du petit carré afin de pouvoir serrer des vis dont la tête serait méplate, ou dont le carré serait trop petit et tournerait dans le carré de la *clef*.

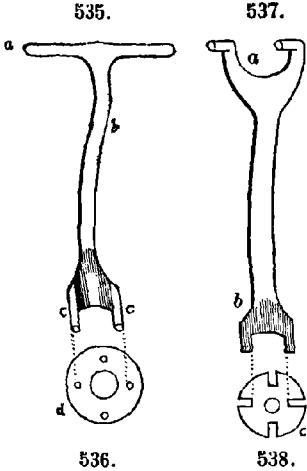
La fig. 534 est la *clef* pour les vis à tête plate, ou vis à main : elle doit être faite en acier, et en *S* ; une des fentes des extrémités doit être plus ouverte que l'autre par les raisons que nous avons données plus haut en parlant de la différence de grandeur des carrés de la première *clef*.

La fig. 535-536 est la grosse *clef* à goujons, toute en fer. *a* est le levier, *b* la tige qu'on fait longue suivant le besoin, lorsque l'écrou à atteindre se trouve situé au fond d'un creux quelconque, d'un puisard par exemple. *c, c*, sont les goujons correspondant aux deux trous de l'écrou rond *d*. On fait souvent des écrous ronds, encore bien qu'ils ne soient pas destinés à entrer dans une encasture, afin qu'il ne soit pas possible de les tourner autrement qu'avec la *clef* à ce destinée. L'entre-deux des goujons doit être arrondi en gouge afin que la vis, si elle dépasse l'écrou, ne soit pas rencontrée par la *clef*.

La fig. 537-538 est encore une *clef* à goujons, mais qui ne se place pas perpendiculairement à l'écrou comme la précédente ; mais bien se pose à plat, la partie excédante de la vis passant dans l'échancrure circulaire *a* sans y toucher. Cette *clef* sert à tourner les écrous faits comme celui *d*, elle est généralement beaucoup moins forte que la précédente, et doit nécessairement être faite en acier, sans cela les goujons n'auraient point assez de force. On peut utiliser l'extrémité de cette *clef* en lui donnant

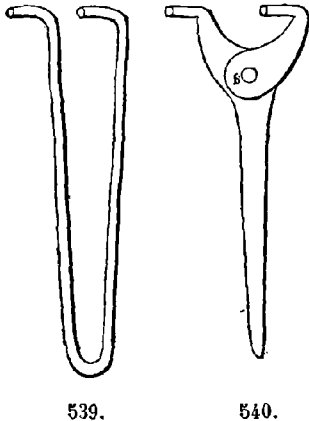
CLEF.

la forme de la clef à goujons droits, à cette différence près, que les goujons seront remplacés par deux tenons qui seront ajustés dans deux encoches rectangulaires faites



avec la lime à refendre sur le champ de l'écrou, cette manière épargne le peine de forer deux trous et est adoptée dans beaucoup de circonstances, les trous de l'écrou pouvant se remplir d'ordures, ou de limaille, et formant obstacle à l'introduction des goujons, tandis que les coupures de l'écrou *c*, qu'on peut multiplier tout autour, sont facilement nettoyées et offrent toujours un accès facile à la clef.

La fig. 539 est la clef à goujons en pincette, on la fait avec un fil d'acier de calibre avec les deux trous de l'écrou *d*. La flexibilité des branches permet d'ouvrir ou de fermer la clef pour la rendre propre à faire virer des écrous dont les trous sont à écartements différents.



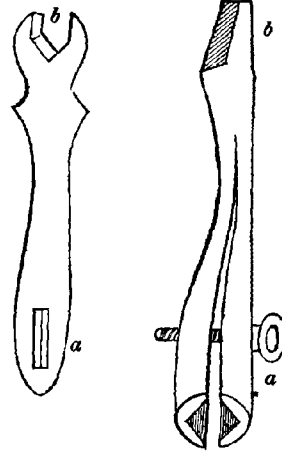
La fig. 540 est une autre clef à goujons, formée de deux branches réunies par une goupille *a*, formant brisure et pouvant, comme la précédente, servir pour des écrous, dont les trous seraient plus ou moins rapprochés.

La fig. 541 sert, en *a*, à tourner les vis à tête plate, et, en *b*, à serrer ou desserrer les écrous hexagones ou octogones selon la forme que l'on donne à l'ouverture *b*.

La fig. 542 est une clef fendue, flexible, qui embrasse les têtes carrées des vis et les écrous, par les angles dia-

CLEF.

gouement opposés. Une vis de pression *a*, maintient l'écartement et opère le rapprochement des deux parties. Cette clef peut être munie d'un levier en travers adhé-



541. 542.

rent, ou bien le haut peut être terminé en un carré *b*, qu'on introduira dans un vilebrequin, si la clef est de moyenne force, ou bien dans l'œil d'un tourne-à-gauche à deux bras, si elle est de grande dimension.

Toutes ces clefs plus ou moins connues et plusieurs autres encore dont nous nous abstenons de parler pour arriver plus tôt à l'objet qui doit particulièrement nous intéresser, n'ont pu encore satisfaire à tous les besoins, et l'on a dû chercher un autre moyen plus usuel, et surtout plus généralement applicable, et c'est la *clef anglaise* qui est venue satisfaire à toutes ces exigences.

Mais cette clef, avant d'arriver au degré de perfection où elle est maintenant parvenue, a passé par beaucoup d'épreuves; comme elle est un objet de première nécessité dans beaucoup de professions, qu'il s'en vend une quantité considérable, et que l'acheteur sait qu'il doit y mettre un bon prix, l'instrument étant assez compliqué, les fabricants ne se sont pas arrêtés à la forme première qu'elle a d'abord reçue, et d'améliorations en améliorations ils sont arrivés à un degré très satisfaisant de perfection. Il serait assurément très intéressant pour nos lecteurs de suivre pas à pas l'historique de cette découverte, et de leur faire voir quelle énorme différence existe entre nos clefs actuelles et les premières qui ont été offertes à l'industrie, et qui furent accueillies alors avec tant d'empressement. Mais nous ne saurions faire cette revue sans l'emploi d'une suite de figures très compliquées, et sans donner à cet article des proportions autres que celles que son importance comporte; nous passerons donc sous silence les divers brevets obtenus, et nous donnerons de suite la description de la clef nouvelle telle que le temps et l'expérience l'ont faite. Le brevet actuel appartient à l'établissement des *Forges de Vulcaïn* à Paris; mais il doit bientôt expirer.

Les principaux reproches qu'on faisait aux clefs dites anglaises étaient d'abord la longueur du temps à dépenser lorsqu'il s'agissait de changer la capacité de la clef: en d'autres termes, lorsqu'il s'agissait de saisir un petit écrou lorsque la clef était très ouverte, ou lorsqu'il s'agissait d'en saisir un grand, quand la clef était fermée. Pour l'ouvrir ou pour la fermer il fallait faire faire autant de tours au manche que la vis de rappel avait de pas; car c'était cette vis qui réglait la marche de la mâchoire mobile. On lui reprochait aussi, avec raison,

CLEF.

que la vis de rappel était très dure à tourner, la main n'ayant que la grosseur du manche pour levier, et cette vis de rappel assez souvent renfermée dans l'intérieur du manche ne pouvant être facilement lubrifiée par les corps gras, et ne pouvant être nettoyée lorsqu'elle était encrassée sans qu'on fût obligé de démonter l'instrument; ce qui était une besogne longue qu'il était impossible d'entreprendre quand le besoin pressant forçait d'avoir recours à la clef. Indépendamment de ces deux difficultés qu'on pouvait surmonter en y sacrifiant du temps, ou en donnant des formes diverses à la clef, il restait un vice radical de construction que rien ne pouvait faire disparaître, et qui rendait la *clef anglaise* un instrument imparfait. Ce vice, c'était la mobilité de la mâchoire supérieure; il résultait de cette conformation que plus l'érou à saisir était grand et plus, par conséquent, il devait être dur à tourner; plus l'instrument s'affaiblissait, sans que la longueur du levier en fût augmentée. Aussi ces outils, toujours assez chers, étaient-ils promptement faussés et mis hors de service. C'était donc vers les moyens de parer à ces graves inconvénients d'un outil utile, tellement indispensable que, malgré tous ses défauts, il s'en faisait une très grande consommation, que devaient tendre les efforts des constructeurs. Le modèle que nous allons faire connaître est exempt de tous ces reproches, par la suite il se perfectionnera encore, en devenant plus robuste, au moyen de quelques changements, ou additions faites qui existent déjà dans l'intention de l'auteur.

La fig. 543 représente la clef vue de profil, la fig. 544 la fait voir par devant, la fig. 545 par derrière.

A dans les trois figures est le corps de la clef, fait d'un seul morceau d'acier si la clef est petite, d'un seul morceau de fer si elle est grande; dans ce dernier cas, on acièrè les mordaches comme cela a lieu dans les clefs ordinaires.

B est la mâchoire mobile.

C est un talon dépendant du corps *a* dans lequel est vissée, à demeure, la vis dont il va être parlé.

d est une vis à gros pas, ou à pas double et même triple, engagée près de la tête dans le talon C, et reçue par son extrémité opposée dans un trou non débouché, pratiqué dans le talon de la mâchoire supérieure A, faisant partie du corps de l'instrument.

E, F, écrous cursifs, coulant librement sur la vis *d*, faits à huit pans sur leur champ, entaillés à cannelures pour donner prise facile aux doigts.

Fig. 546, la mâchoire *b*, mobile, vue à part, en plan; on y remarquera l'étranglement *b'* entre *b* et le trou *b''* dont l'usage sera indiqué plus bas.

Fig. 547, la même mâchoire *b*, vue dans sa position lorsqu'elle est en place. Les mêmes lettres indiquent les mêmes objets.

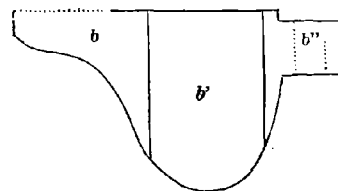
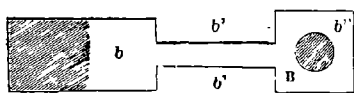
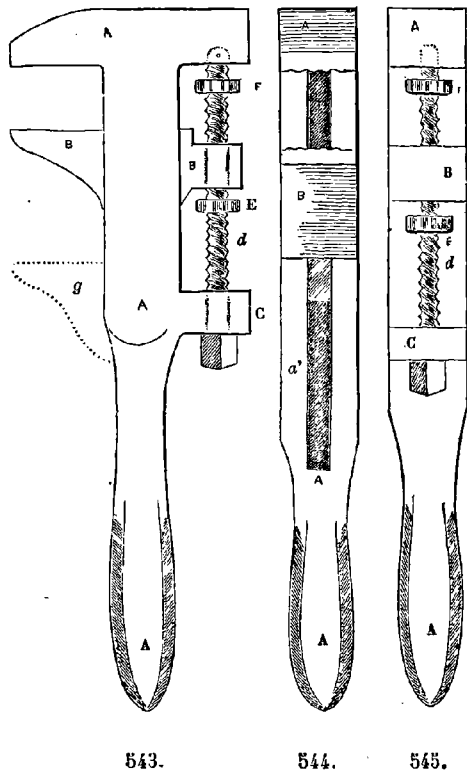
Cette mâchoire est faite aussi en acier, taillée en lime dans la partie antérieure. L'étranglement *b'* entre à frottement doux, mais cependant senti, dans la coulisse *a'*, visible seulement dans la fig. 544. Les quatre épaulements de l'étranglement doivent frotter sur le champ antérieur et le champ postérieur du corps *a*, dressés à l'effet de recevoir ces épaulements qui doivent affleurer sur le nu de la pièce.

Le trou *b''* n'est point taraudé: il est uni en dedans, et d'un diamètre tel que la vis *d* y passe librement; mais sans ballotements. Pour compenser la perte de force que l'étranglement *b'* causerait à cette mâchoire, on donne à cette partie, ainsi qu'on peut le voir dans la fig. 544, une plus grande hauteur, au moyen de quoi cette pièce, qui se présente d'ailleurs de champ à l'action de la pression, ne peut aucunement fléchir sous les efforts qu'elle est appelée à supporter.

Lorsqu'on envisage l'instrument dans son ensemble, on croit apercevoir de grandes difficultés dans la mise en place de la mâchoire mobile dans la fente verticale

CLEF.

a'. Mais un forgeron habile lève cette difficulté par le moyen employé pour faire le nœud si bien ajusté des pinces plates. L'étranglement *b'* étant bien dressé au



fond et sur ses épaulements, on ouvre les deux jons de la coulisse *a'*, convenablement chauffées, on met la mâchoire en place, et, immédiatement, on redresse la coulisse, à petits coups. Quant à la mise en place de la vis immobile *d*, elle offre encore moins de difficultés. Lorsque le talon C est foré, on passe par le trou un foret long qui va faire un avant-trou profond de 5 à 6 mil-

limètres, plus ou moins, selon la force de l'instrument dans le revers du talon de la mâchoire A. Puis on taraude le premier trou, et on engage dans ce trou formant écrou le bout de la vis *d*. Aussitôt que ce bout de la vis a dépassé l'écrou dans lequel elle doit entrer avec beaucoup de peine, on enfle sur la vis l'écrou cursif *E*; on continue à visser et l'on fait passer la vis dans le trou *b'*, puis, lorsqu'il est dépassé, on fait couler sur la vis le second écrou cursif *F*; enfin, en continuant toujours à visser, on fait parvenir le bout de la vis *d*, où l'on a réservé un tourillon sans filets, dans l'avant-trou pratiqué dans le revers du talon de la mâchoire A. La vis alors est en place. Si elle n'était pas entrée avec beaucoup de peine, et que l'on pût appréhender que l'effort des écrous cursifs pût la dévisser, on l'arrêterait avec une goupille placée à travers le bout engagé dans l'avant-trou, ou avec une petite vis à tête fraisée appuyant sur le talon inférieur; car il faut que cette vis reste immobile une fois placée.

Comme on le voit, les difficultés d'exécution et de mise en place des pièces, ne sont pas aussi grandes qu'on pourrait se l'imaginer à la première inspection; nous n'avons plus qu'à indiquer comment l'instrument fonctionne.

Les mâchoires étant placées comme elles sont représentées fig. 544, ne pourraient pincer qu'un petit écrou. Supposons qu'il s'agisse d'en prendre un dont le côté serait aussi grand que l'espace contenu entre la mâchoire A, et la mâchoire ponctuée *g*. On donnera un coup de main sec et rapide sur le cursif *E*, qui descendra rapidement jusqu'à ce qu'il soit arrêté par le talon inférieur A. La mâchoire mobile B, n'étant plus alors soutenue, descendra d'elle-même, ou du moins faiblement sollicitée, et tout d'un coup jusqu'à la ponctuée *g*, et l'on pourra de suite se mettre à dévisser le gros écrou. Si l'on veut de suite en saisir un petit, la clef retirée et renversée, la mâchoire B, d'elle-même, ou du moins faiblement sollicitée, et tout d'un coup, viendra rejoindre la mâchoire A, et pour la fixer à ce point on n'aura qu'à faire remonter le cursif *E*, qui sera un point d'appui suffisant pour les pressions ordinaires.

S'il s'agissait d'un gros écrou, ou d'un écrou quelconque rouillé sur sa vis, et tellement résistant que l'on pût appréhender de fausser la clef, on ferait descendre le cursif *F*, qui venant appuyer sur le talon de la mâchoire B, concourrait à le fortifier et à prévenir tout ébranlement.

Ainsi donc, tous les inconvénients qui se rencontreraient dans les anciennes clefs n'existent plus dans celle-ci; l'ouverture et la fermeture sont rapides, et, pour ainsi dire, instantanées; elles se font sans effort. La vis ne peut s'encrasser, puisqu'elle est située à l'extérieur, et peut toujours être promptement et facilement nettoyée, enfin, la mâchoire supérieure ne s'allongeant plus, le levier est toujours de la même largeur et ne s'affaiblit nullement. La clef méplate, attaquant la résistance de champ, est plus robuste sous beaucoup moins de volume, et pèse proportionnellement beaucoup moins que les autres clefs, dont la lourdeur est encore un défaut. Nous avons donné dans notre dessin à cette clef des proportions un peu massives, afin qu'il fût plus facile à comprendre. Dans l'exécution, on fera le manche plus long, afin d'augmenter la force du levier.

On fait subir à ce système plusieurs changements plus ou moins avantageux, mais qui sont compliqués et seraient trop longs à décrire; nous pensons que l'exposition de l'idée mère sera suffisante.

Quant aux clefs d'arrêt et à celles d'impulsion des tours en l'air et autres clefs encore, nous en donnerons la description lorsque cela sera nécessaire, en décrivant les machines-outils, dans lesquelles elles sont parties intégrantes.

PAULIN DESORMEAUX.

CLINOMETRE. Le clinomètre est un instrument

destiné à mesurer en mer l'inclinaison de la quille des vaisseaux, et pouvant aussi servir à des nivellements sur terre. Cette inclinaison, dont dépendent les tirants d'eau relatifs à l'avant et à l'arrière du navire, a la plus grande influence sur la vitesse de la marche de celui-ci, et ayant une fois déterminé l'inclinaison la plus favorable à la marche, il importe de la conserver autant que possible dans toutes les circonstances.

L'importance d'un instrument permettant d'apprécier facilement l'inclinaison de la quille ne saurait être douteux. Nous emprunterons à M. Perpigna (*Dictionnaire du commerce et des marchandises*) la description du clinomètre de M. Coninck, adopté par la marine royale :

« Cet instrument se compose de deux boules de verre allongées, placées à la distance de 50 centimètres, réunies par un tube de verre partant de la base de ces boules. On verse dans chacune de ces boules du mercure, qui doit remplir la moitié de leur capacité; du sommet de chacune de ces boules part un tube qui suit une direction parallèle au tube des bases, jusqu'à ce que les deux tubes du sommet ne soient plus qu'à 3 centimètres de distance; alors ils se dirigent verticalement, en faisant un angle droit, et s'élèvent parallèlement l'un à l'autre. Ces tubes verticaux s'appliquent contre un index ou une verticale, portant une échelle de deux degrés divisés en 120 minutes.

« On verse dans les tubes de l'alcool coloré en rose, jusqu'à ce qu'il s'élève au point marqué zéro sur l'échelle. L'alcool remplit l'intérieur des tubes et flotte sur le mercure qui lui transmet ses oscillations.

« Ces tubes verticaux sont munis à leur sommet d'une boule en verre, qui reçoit l'alcool quand l'agitation violente de la mer tendrait à le chasser hors des tubes, ouverts à leur sommet. »

Cet instrument domant l'angle d'inclinaison de la quille, dont la longueur est connue, on en déduira facilement la différence de tirant d'eau à l'avant et à l'arrière, élément très important de la bonne marche du navire.

CLINQUANT (*angl.* orichalch, *all.* flittergold). Le clinquant est une plaque mince ou feuille de métal qu'on met sous les pierres; son effet est d'augmenter le brillant ou le jeu des pierres; ou bien, pour parler plus généralement, il sert à fortifier la couleur des pierres naturelles ou artificielles en leur donnant une teinte plus foncée.

On peut faire du clinquant en cuivre ou en étain; on a quelquefois employé de l'argent mêlé avec de l'or, suivant les besoins; mais on peut se dispenser de l'un et de l'autre, parce que le cuivre produit le même effet.

Quand on veut avoir du clinquant coloré, c'est du cuivre qui convient le mieux; voici comment on peut le préparer pour cela :

Prenez des plaques de cuivre battues à une juste épaisseur; faites-les passer entre deux cylindres d'acier fin, très serrés, et réduisez-les en lames aussi minces que possible, polissez-les avec du blanc très fin jusqu'à ce qu'elles brillent le plus qu'il est possible; dans cet état elles seront prêtes à recevoir la couleur.

Il faut blanchir le clinquant dans le cas où la couleur jaune ou orange nuirait à l'effet, comme cela arrive pour le violet ou le rouge cramoisi; voici comment se fait cette opération :

Prenez une petite quantité d'argent, et la faites dissoudre dans l'eau forte; ensuite mettez des morceaux de cuivre dans la solution, et précipitez l'argent; cela fait, il faut enlever le liquide, ajouter de l'eau fraîche pour enlever tout ce qui pourrait en rester; après quoi, faites sécher l'argent et le broyez avec un poids égal de crème de tartre et de sel marin, jusqu'à ce que le tout soit réduit en poudre très fine; après avoir légèrement humecté le clinquant avec ce mélange, frottez-le avec

le doigt en un morceau de chiffon jusqu'à ce qu'il ait la blancheur désirée; si ce moyen ne suffit pas, il faut rafraîchir le poli.

On ne se sert de feuilles d'étain que dans le cas des pierres sans couleurs, et on les lamine au moyen des mêmes cylindres; mais elles n'ont pas besoin d'être polies davantage.

La manière de préparer le clinquant pour donner aux pierres sans couleurs le plus d'éclat et d'effet, est de donner à la surface un poli tel qu'il fasse l'effet d'un miroir, effet que le vif-argent seul peut rendre parfait, étant appliqué comme on l'applique aux miroirs. Voici le meilleur moyen d'exécution :

Prenez des feuilles d'étain, préparées comme pour argenter les glaces, et coupez-les en petits morceaux de grandeur convenable, pour couvrir la surface des pierres que l'on veut enchâsser; mettez-en trois l'une sur l'autre, et, après avoir humidifié le dedans de l'orbite avec de l'eau de gomme et l'avoir laissé sécher pour qu'elle reste encore un peu gluante, introduisez-y les trois morceaux des feuilles placés l'une sur l'autre, et adaptez-les sur la surface aussi également que possible; cela fait, chauffez l'orbite, et le remplissez de vif-argent que vous y laisserez pendant trois ou quatre minutes, et que vous verserez ensuite très doucement; puis il faudra placer la pierre dans l'orbite et l'y fixer, ayant soin qu'elle entre assez librement pour ne pas enlever l'étain et le vif-argent. Il faut que la monture joigne étroitement la pierre, afin que l'étain et le vif-argent dont l'orbite est revêtu ne puissent pas se détacher.

L'éclat des pierres montées de cette manière dure plus longtemps que lorsqu'elles sont montées suivant la manière ordinaire, parce que, la cavité de l'orbite qui les enveloppe étant bien remplie, l'humidité si nuisible à la durée des pierres n'y pénètre pas.

Cette espèce de clinquant donne de l'éclat au verre ou aux autres matières diaphanes qui n'en ont pas par elles-mêmes; mais aux pierres ou aux pâtes qui en ont un peu, elle leur donne un feu des plus brillants.

Il y a deux moyens de colorer le clinquant : l'un en donnant à la surface du cuivre la couleur voulue en faisant usage de fumée, l'autre en la peignant avec quelque substance colorante.

On peut délayer les couleurs destinées à peindre le clinquant dans l'huile, dans de l'eau rendue visqueuse par la gomme arabique, ou dans du vernis. L'huile convient mieux quand on veut des couleurs foncées, parce que certains *fards* y deviennent transparents, comme la laque et le bleu de Prusse; le jaune et le vert s'étendent mieux dans le vernis; le vert de gris distillé donne le plus beau vert qu'il soit possible; mais il est sujet à perdre sa couleur et à noircir avec l'huile : ordinairement cependant toutes les couleurs peuvent être fixées avec de la colle de poisson, sans beaucoup de peine, de la même manière que les couleurs au vernis qu'on emploie pour la miniature.

Pour le rouge imitant le rubis, on emploie un peu de laque mêlée dans de la colle de poisson, ou du vernis, avec du carmin si le verre ou la pâte est d'un cramoisi foncé tirant sur le violet; mais si le verre tire sur l'écarlate ou l'orange, on peut se contenter de ne mettre dans l'huile que de la laque bien brillante qui ne soit pas violette.

Pour le rouge grenat, on peut employer le sang-dragon dissous dans du vernis; et pour le grenat couleur vinaigre, la laque orange délayée avec du vernis est excellente.

Pour l'améthyste, de la laque avec un peu de bleu de Prusse employées à l'huile, et étendues légèrement sur le clinquant, font un effet parfait.

Pour le bleu, quand on veut qu'il soit foncé ou bien qu'il joue l'effet du saphir, on mêle du bleu de Prusse, qui ne soit pas trop foncé, dans de l'huile, et l'on en

étend sur le clinquant une couche plus ou moins légère suivant que l'on veut avoir une couleur plus claire ou plus foncée.

Pour l'aigue-marine, du vert-de-gris ordinaire, avec un peu de bleu de Prusse délayé dans du vernis.

Quand c'est un gros jaune que l'on veut, on peut colorer le clinquant avec un vernis jaune, préparé comme pour autre chose; pour les topazes plus légères en couleur, le brunissage et le clinquant lui-même seront assez forts sans y rien ajouter.

Pour le gros vert, il faut employer les cristaux de vert de-gris délayés dans du vernis; mais pour imiter l'émeraude, il faut y ajouter un peu de vernis jaune, pour en faire un vert plus clair et ayant moins d'analogie avec le bleu.

Avec du verre blanc, ou une pâte transparente, même sans clinquant, on peut imiter très bien, et presque sans frais, les pierreries de couleur claire, telle que l'améthyste, la topaze, le grenat couleur vinaigre et l'aigue-marine; le moyen consiste à délayer les couleurs dont il est question avec de la térébenthine et du mastic, et à peindre avec ce mélange la châsse dans laquelle on veut mettre la fausse pierre, toutefois après avoir chauffé préalablement l'orbite et la pierre elle-même; dans ce cas, il faudrait placer la pierre de suite, et refermer sur elle l'orbite qui la contient, avant que la peinture se refroidisse et se durcisse. La laque orange dont il a été parlé plus haut fut inventée exprès pour cela; elle fait un très bel effet; la couleur qu'elle donne est celle du grenat-vinaigre, qu'elle rend avec une vérité étonnante. Les couleurs que nous avons signalées comme devant être employées à l'huile doivent être extrêmement bien broyées dans de l'huile de térébenthine, et délayées avec de la vieille huile de noix ou de pavots, ou bien avec de l'huile grasse, si on peut lui donner le temps de sécher; cette huile, mêlée avec de l'esprit de térébenthine, acquiert d'elle-même un beau poli.

CLOCHE. Voyez FONDERIE DE CUIVRE.

CLOCHE DE PLONGEUR (*angl.* diving bell, *all.* taucherglocke). Cette cloche, employée soit pour retirer du fond de la mer des corps qui y sont plongés, soit pour faire des constructions submergées, consiste en un vase ouvert par le bas et fermé par toutes les autres parts, dans lequel on peut descendre sans danger des hommes au fond de l'eau.

La cloche de plongeur, telle qu'elle a été perfectionnée par Rennie, et telle qu'elle est actuellement employée en Angleterre, a la forme d'un parallépipède, ou à peu près. Sa hauteur extérieure est de 4^m,835, intérieurement de 4^m,72, et sa largeur de 4^m,38. Les dimensions du bas de la cloche sont un peu plus grandes que celles de la partie supérieure. Pour éviter de la lester, on la coule d'un seul jet, en fonte de fer, de sorte que son poids est suffisant pour la submerger, même pleine d'air, et qu'elle est assez épaisse pour qu'on ne craigne pas qu'il s'y forme de fissures, même par suite d'un accident.

Au sommet de la cloche est pratiquée une ouverture communiquant avec l'intérieur par plusieurs trous également circulaires, fermés par autant de soupapes en cuir s'ouvrant de haut en bas. Un fort tuyau de cuir vissé sur l'ouverture extérieure s'élève jusqu'à la pompe foulante placée sur l'échafaud ou le bâtiment qui manœuvre la cloche; celle-ci est suspendue à de fortes chaînes engagées dans des anneaux fondus avec le corps de la cloche, et attachées à la maître-se, qui supporte le tout.

42 ouvertures circulaires, disposées autour de la face supérieure, sont garnies de lentilles d'un verre très épais, solidement fixées par des écrous et mastiquées, et servent à distribuer la lumière dans l'intérieur de la cloche. Celle-ci peut aisément renfermer deux person-

nes assises sur des sièges convenablement placés. Le poids de tout l'appareil est d'environ 4,000 kil.

La pompe foulante qui fournit l'air est ordinairement manœuvrée par 4 hommes. L'expérience a prouvé qu'un homme consomme en 24 heures 800 lit. d'oxygène, ou 3,800 lit. d'air sous la pression atmosphérique; mais dans un air plus condensé, comme l'est celui de la cloche de plongeur, la dilatation des poumons est à peu près la même que sous la pression ordinaire, et par conséquent la quantité d'air vicié dans le même temps est plus considérable; d'un autre côté, pour que l'air de la cloche n'ait aucune influence fâcheuse sur la santé des ouvriers, il faut qu'il renferme au plus 4 à 5 p. 400 d'air vicié; de sorte qu'en résumé, la machine soufflante devra renouveler de 4 à 5 mètres cubes d'air par heure et par homme. L'air vicié par la respiration étant plus chaud et par conséquent plus léger que l'air frais, se maintient au haut de la cloche, d'où on l'expulse par un robinet.

Le cabestan qui porte la cloche est mobile sur 2 chemins de fer superposés, et placés à angle droit, qui permettent de faire mouvoir la cloche horizontalement dans tous les sens.

Les signaux sont communiqués le plus souvent par les plongeurs, aux personnes qui manœuvrent la cloche, au moyen de coups de marteau frappés contre les parois de celle-ci, et n'en exigent généralement qu'un petit nombre.

Lorsque l'eau est limpide, la lumière est très grande sous la cloche; l'expérience a fait voir que l'action calorifique des rayons solaires n'est nullement détruite par leur passage à travers l'eau, comme le montre l'exemple suivant: Un plongeur descendu à 17 mètres sous l'eau, vit tout à coup la cloche se remplir de fumée; il reconnut bientôt que son bonnet, placé au foyer d'une des lentilles, avait pris feu par la concentration des rayons solaires.

À mesure que la cloche s'enfonce sous l'eau et que la pression de l'air y devient plus considérable, les plongeurs ressentent dans les oreilles une douleur assez vive, qu'ils font disparaître en opérant dans la bouche, celle-ci et les narines étant bouchées, un mouvement de déglutition, ou en avalant leur salive. Par ce moyen, on détermine l'ouverture des trompes d'Eustache, l'air se met en équilibre dans les oreilles, en produisant une petite explosion, et la douleur cesse sur-le-champ. Elle cesse de même, mais moins rapidement, si l'on arrête la descente de la cloche.

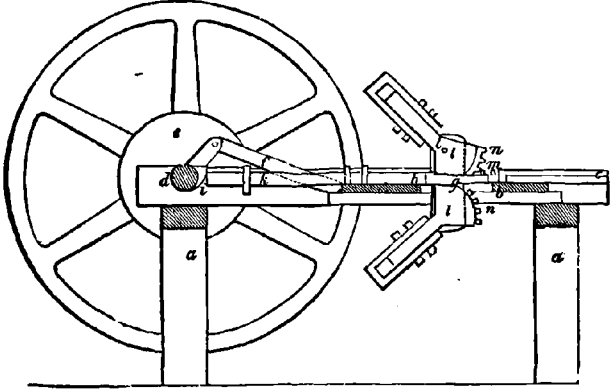
CLOUS (*angl.* nails, *all.* nægel). Les clous se font ordinairement en fer et se distinguent, 1° en clous forgés; 2° en clous fabriqués à la mécanique; 3° en clous d'épingle ou pointes; 4° en clous découpés et façonnés à froid; et 5° en clous fondus.

1° *Clous forgés.* Les clous se forgent avec du fer en verge de bonne qualité. Chaque ouvrier a toujours plusieurs baguettes à chauffer, dans un petit feu de forge à la houille, pendant qu'il en travaille une. Laisant chauffer à blanc, il forge et soude d'abord la pointe, étire la tige, puis coupe au tranchet une longueur suffisante pour faire un clou, sans le séparer entièrement de la baguette dont il se sert pour le placer dans le trou de la *clouière* ou *cloutière*, et rabat et façonne la tête du clou, qu'il fait ensuite sauter pour en recommencer un autre. La clouière est garnie en dessus d'une table d'acier, afin qu'elle ne soit point sujette à se déformer et afin de dresser le dessous de la tête des clous; en outre son épaisseur totale doit être moindre que la longueur du

clou, pour que la pointe de celui-ci dépasse toujours un peu en dessous.

Un bon cloutier fait ordinairement 4 et même 2 clous par chaude, c'est-à-dire 42, 45 et même 20 clous par minute, suivant le numéro.

On a imaginé de remplacer dans nombre de fabriques



548.

le travail du forgeage à la main par des opérations mécaniques; la fig. 548 qui représente bien qu'incomplètement la machine à faire les clous de Hancorne, nous permettra de donner une idée des mécanismes qu'on emploie à cet effet. *aa*, est un bâti qui porte des glissoires destinées à maintenir une pièce *bb*, qui reçoit de la roue *e*, un mouvement horizontal de va-et-vient, par l'intermédiaire de l'arbre coudé *d*, et de la bielle *f*. Un peu avant que la pièce *bb* soit à l'extrémité de sa course en avant, on lui présente une vergette de fer de gros-seur convenable préalablement chauffée au rouge-blanc; deux mâchoires mues par des excentriques et placées sur *bb*, qui ne sont pas indiquées sur la figure, saisissent le bout de la vergette au bout de leur course et l'entraînent ensuite dans leur mouvement en arrière; deux ciseaux également mues par des excentriques coupent alors obliquement un bout de fer *g*, d'une longueur suffisante pour faire un clou; deux secteurs *l, l*, terminés par des spirales portant sur leurs rebords extérieurs des dents *nn*, engrenant avec des crémaillères *m*, fixées sur la pièce *bb*, tournent à mesure que celle-ci recule, et viennent étirer la pointe *g* en lui donnant la forme d'un coin, par suite de leur forme spirale qui fait varier leur écartement. D'un autre côté l'arbre *d*, porte un excentrique *i*, qui venant presser sur la pièce *k* qui porte le coin *h*, forme la tête du clou par refoulement; de sorte que lorsque *bb* est arrivé à l'extrémité de sa course en arrière, le clou est terminé, les mâchoires qui l'avaient saisi sont ouvertes par les excentriques qui les mettent en mouvement, et le clou est rejeté hors de la machine.

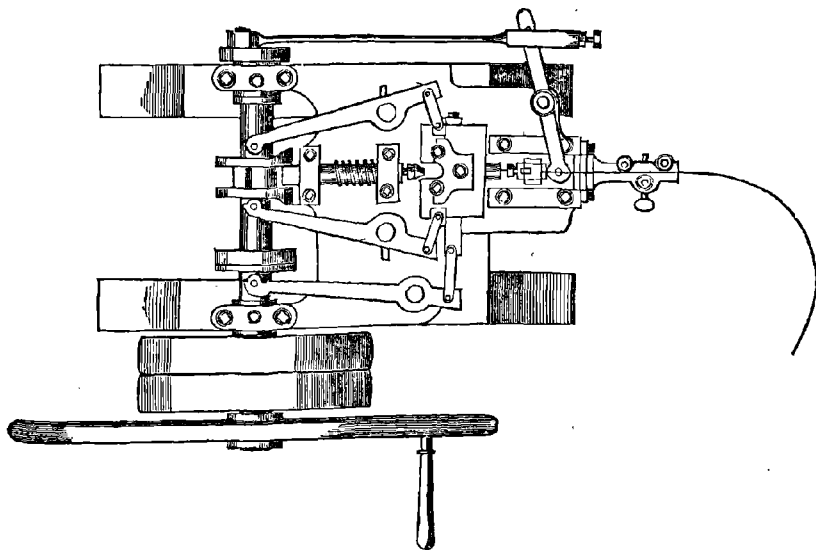
3° *Pointes.* On fait les pointes avec du fil de fer; le travail se compose de trois opérations: 1° couper à la cisaille les fils métalliques par bouts égaux de 0^m,30 environ; 2° *appointir* les fils sur une meule en bois de 2^m de diamètre sur 0^m,08 à 0^m,40 d'épaisseur, recouverte d'une virole en acier dont la surface convexe est tournée et taillée en lime, puis les couper à la cisaille en bouts d'une longueur convenable; 3° former la tête; à cet effet, l'ouvrier a une espèce d'étau fermant à vis, ou avec un levier, qu'il fait manœuvrer avec un de ses pieds; dans lequel étau saisissant successivement chaque clou du côté de la tête, et laissant dépasser au-dessus de la mâchoire une quantité de fil de fer suffisante, il forme la tête d'un seul coup de marteau, qu'il fait tomber dessus à l'aide de l'autre pied.

Les pointes se fabriquent maintenant beaucoup à la mécanique.

La fig. 549 représente la machine à fabriquer les

enfonces, avoir soin d'en placer le tranchant suivant le fil du bois.

5° Clous fondus. Les clous en fonte de fer ne se sont



549.

pointes de Paris, mise à l'exposition de 1844 par M. Frey, qui a exécuté grand nombre de fois ce modèle dont l'usage a démontré l'excellence. La figure fait aisément comprendre comment le fil de fer avançant à chaque tour de la manivelle d'une longueur constante, la tête est façonnée par refoulement, et la pointe formée par deux couteaux mus par deux excentriques qui coupent le fil de fer sous un angle aigu.

La fabrication par machines, et par suite à très bas prix, des pointes de Paris en a rendu la consommation énorme. Elles ont généralement remplacé les clous faits à chaud de petites dimensions. Leur régularité et leur forme ronde permet en outre de les enfoncer plus facilement et avec bien moins de danger de faire éclater le bois.

4° Clous découpés dans de la tôle de fer. Pour fabriquer ces clous on emploie de la tôle douce d'épaisseur convenable, que l'on découpe d'abord par bandes parallèles d'une largeur égale à la longueur que doivent avoir les clous, dans une direction normale à la nervure du fer. Ces dernières étant ensuite découpées en petits coins qui ont alternativement leur tête de côté et d'autre, forment les clous dont on exécute la tête, comme celle des pointes, en saisissant successivement chaque clou dans un étai, et laissant tomber dessus un marteau dont le poids est tel, qu'il puisse la former d'un seul coup.

Enfin on met ces clous avec du gravier et du grès pilé, dans des tonneaux à polir auxquels on imprime pendant quelques heures un mouvement de rotation, afin d'émousser un peu les aspérités les plus saillantes, qu'a occasionnées le découpage; mais on se garde bien de les faire entièrement disparaître: elles sont une des causes qui les font tenir beaucoup plus fortement dans le bois que les clous forgés, et les rend par conséquent préférables dans beaucoup de cas. Il faut lorsqu'on les

pas répandus en France; la fonte y est trop chère pour qu'on ait pu l'employer avec économie à cette fabrication. Il n'en est pas de même en Angleterre, où l'on a trouvé le moyen de faire des clous en fonte étamée tellement douce, que ces clous se reploient en tous sens sans se rompre.

COBALT (*angl.* cobalt, *all.* kobalt). Le cobalt a été obtenu, pour la première fois, à l'état métallique par Brandt en 1733. On l'obtient en chauffant l'oxyde au blanc dans un creuset brasqué, ou en le réduisant au rouge par le gaz hydrogène, ou bien en le chauffant jusqu'au rouge vif avec du sel ammoniac en excès; dans ce dernier cas il se forme d'abord un chlorure double, qui bout au rouge en laissant dégager du sel ammoniac, puis il s'épaissit peu à peu, et finit par se transformer en une éponge de cobalt métallique pur. Il est d'un gris blanc comme le platine, ductile, malléable et susceptible de recevoir un beau poli. Sa densité est de 8,6. Il est attirable à l'aimant mais moins que le fer. Dans un creuset brasqué il fond un peu plus difficilement que le fer; il est fixe. Le cobalt fondu ne s'altère pas dans l'air sec à la température ordinaire, mais au contact de l'air humide il se recouvre peu à peu d'une rouille noire qui est de l'hydrate de peroxyde.

Le cobalt décompose l'eau pure au rouge, mais beaucoup moins rapidement que le fer. Il la décompose aussi à la température ordinaire, en présence des acides sulfurique et hydro-chlorique. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent très promptement; les acides végétaux ne le dissolvent qu'à la longue, et seulement lorsqu'il y a contact de l'air. Le cobalt chauffé au contact du carbone en absorbe une petite quantité; il se combine avec facilité directement avec le chlore, le soufre, le phosphore et l'arsenic; enfin il est susceptible de s'allier à un grand nombre de métaux, et de produire beaucoup d'alliages ductibles.

L'oxygène se combine en 4 proportions avec le cobalt pour former : 4° du protoxyde ; 2° du peroxyde ; 3° du deutoxyde ; et 4° de l'acide cobaltique.

Les oxydes de cobalt sont facilement réduits par l'hydrogène, le carbone, le soufre, le phosphore, l'arsenic, etc.; avec le borax et le sel de phosphore ils donnent, au chalumeau, des verres transparents d'un beau bleu; il ne faut qu'une petite quantité d'oxyde pour produire une coloration très sensible.

Le protoxyde de cobalt est d'un gris assez foncé, ayant quelquefois un léger éclat métallique. Son hydrate est d'un bleu de lavande, et devient spontanément ou par l'ébullition d'un rose pâle; il se dissout dans l'ammoniaque et son carbonate en les colorant en rouge. L'oxyde de cobalt se combine par voie sèche avec les alcalis, en formant des composés bleus que l'eau détruit complètement. Il se combine également avec plusieurs bases, telles que la magnésie, l'alumine et l'oxyde de zinc. On prépare ces composés en chauffant les bases après les avoir arrosées avec une dissolution de nitrate de cobalt. Le composé magnésien est rose, le composé alumineux est d'un beau bleu-d'outre-mer, et le composé zincifère est d'un assez beau vert : on l'appelle *vert de Rimann*. Le protoxyde de cobalt est composé de :

Cobalt. . .	78,7	}	Co O.
Oxygène. . .	24,3		
400,0			

On le prépare en calcinant le nitrate de cobalt et laissant refroidir dans le creuset couvert. Son hydrate s'obtient en précipitant par la potasse caustique le nitrate ou tout autre sel de cobalt soluble.

Le peroxyde de cobalt est noir, son hydrate est brun; il ne forme pas de sels; sa composition est représentée par la formule Co^2O^3 .

On ne connaît le deutoxyde de cobalt qu'à l'état d'hydrate d'un vert-olive sale, qui ne forme pas de sels; par l'action des acides étendus il se décompose en protoxyde qui se dissout, et en peroxyde qui se précipite; il paraît être analogue à l'oxyde de fer magnétique, et avoir pour formule $\text{Co O} + \text{Co}^2\text{O}^3$.

L'acide cobaltique ne forme que des sels très peu stables, qui se décomposent spontanément au contact de l'air, et n'a pas encore été isolé. M. Gmelin a trouvé que sa formule était Co O^3 .

Tous les sels de cobalt sont à base de protoxyde; desséchés ou calcinés, ils sont roses, lilas ou bleus; dissous dans l'eau, ils la colorent en rose fleur de pêcher passant au rouge grenat. Les alcalis caustiques précipitent complètement le cobalt de ses dissolutions; le précipité d'abord bleu de lavande, devient violet-rougeâtre par l'ébullition. Les carbonates alcalins les précipitent en rose; l'ammoniaque et son carbonate, en excès, redissolvent le précipité et se colorent en rouge. Les phosphates alcalins y donnent un précipité bleu, et les arsénates un précipité rose fleur de pêcher; l'hydrogène sulfuré ne les trouble pas, mais les hydro-sulfates les précipitent en noir.

Parmi les sels de cobalt nous citerons seulement : le chlorure qui, desséché par l'évaporation à sec de ses dissolutions, est bleu et très soluble dans l'eau qu'il colore en rose; il est même déliquescents lorsqu'il renferme un peu de chlorure de fer ou de nickel; c'est par suite de ces propriétés que lorsqu'il est impur et en dissolution très étendue, il constitue ce qu'on appelle *encre de sympathie*. L'arséniate qui, récemment précipité, est d'un très beau rose fleur de pêcher; sa couleur ne change pas par la dessiccation et il la conserve même quelquefois après calcination, mais le plus souvent il devient violet ou lilas; il est insoluble dans l'eau et soluble dans les acides; le charbon le réduit aisément en arsénure. Le phosphate qui, récemment précipité, est gélatineux et d'un bleu violacé; desséché à l'air il est d'un beau bleu; cal-

ciné il perd beaucoup d'eau et devient d'un noir violacé; le charbon le réduit complètement même par cémentation. En mélangeant bien intimement 4 p. de phosphate de cobalt humide, obtenu en précipitant par le phosphate de soude une dissolution de nitrate de cobalt, avec 8 p. d'alumine en gelée, faisant dessécher à l'étuve et calcinant ensuite au rouge-cerise pendant une demi-heure dans un creuset couvert, puis pulvérisant aussi fin que possible la masse calcinée, on obtient la belle couleur connue sous le nom de *bleu Thénard* ou *bleu de cobalt*.

Les minerais de cobalt se réduisent à deux, savoir :

Le *cobalt arsenical* d'un gris d'acier pur, composé de cobalt, d'arsenic, avec un peu de soufre, de fer et de nickel, renferme environ 20 p. 400 de cobalt; il cristallise en cubes simples ou modifiés. C'est le plus abondant des minerais de cobalt et par suite le plus employé pour la fabrication du smalt. On le trouve à Schneeberg et Annaberg en Saxe, à Riechelsdorf et Bieber en Hesse.

Le *cobalt gris* ou arsénio-sulfure de cobalt, d'un gris clair teinté de rouge, a un éclat fortement métallique et cristallise en cubes ou en octaèdres; on le trouve surtout à Tunaberg et Skuterud en Suède; il est essentiellement composé de cobalt, de soufre et d'arsenic, et renferme en outre une faible quantité de fer et de nickel; il contient 33 à 34 p. 400 de cobalt.

On trouve quelquefois à la surface des minerais de cobalt, du cobalt oxydé noir ou brun, provenant à ce qu'il paraît de leur altération. Le cobalt arsenical donne aussi naissance, par son altération, à du cobalt arséniaté facile à reconnaître par sa couleur passant d'un beau rose fleur de pêcher au rouge cramoisi.

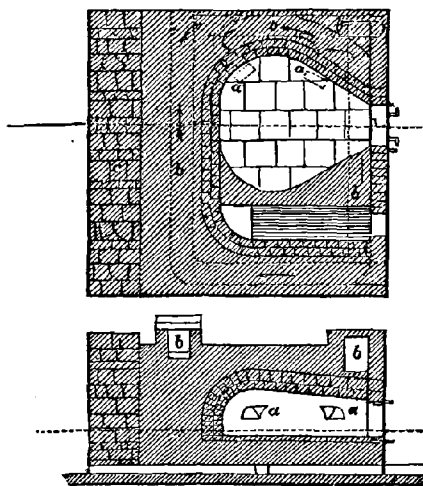
On peut employer plusieurs procédés pour retirer de l'oxyde de cobalt pur de ses minerais; nous recommandons le suivant, indiqué par Wöhler, comme étant le plus économique et permettant de séparer facilement l'arsenic. On mélange le minerai cru avec le triple de son poids de carbonate de potasse et autant de soufre en poudre, et on projette le tout, successivement et par petites parties, dans un creuset préalablement chauffé au rouge. On concasse ensuite grossièrement la masse fondue et on l'épuise par l'eau bouillante. Il se dissout du sulfure double d'arsenic et de potassium, et il reste une poudre noire cristalline composée de sulfure de cobalt avec un peu de sulfure de fer et de nickel; on dissout cette poudre dans de l'acide sulfurique, auquel on ajoute un peu d'acide nitrique, puis on fait bouillir la dissolution avec un excès de nitrate de potasse qui précipite le fer à l'état de sous-sulfate insoluble, que l'on sépare ensuite par filtration. On précipite alors le cobalt et le nickel à l'état de carbonate, en versant une dissolution de carbonate de potasse dans la liqueur filtrée; on filtre, on fait digérer le précipité avec de l'acide oxalique, qui transforme les carbonates en oxalates de cobalt et de nickel insolubles, et qui, s'il reste du fer, forme de l'oxalate de peroxyde de fer soluble que l'on sépare par un nouveau lavage. On dissout ensuite les oxalates de cobalt et de nickel dans l'ammoniaque, on étend d'eau la dissolution, et on l'expose à l'air libre dans un vase ouvert. Lorsque tout l'excès d'ammoniaque s'est dégagé, l'oxalate double de nickel et d'ammoniaque se précipite sous la forme d'un précipité vert, tandis que le cobalt reste dans la dissolution qu'il colore en rose; on l'en précipite aisément en faisant bouillir celle-ci avec du carbonate de potasse.

Le principal emploi du cobalt est la préparation du *smalt*, verre bleu que l'on prépare en fondant ensemble du minerai de cobalt grillé, du sable quarzeux et de la potasse; l'azur est du smalt réduit à l'état de poudre impalpable.

Les fig. 550 et 554 représentent le plan et la coupe du fourneau à reverbère employé pour le grillage des minerais de cobalt; la grille est latérale, et la flamme

COBALT.

sort du côté opposé et se rend dans le canal *b, b*, et de là dans les chambres de condensation, où l'acide arsé-



551.

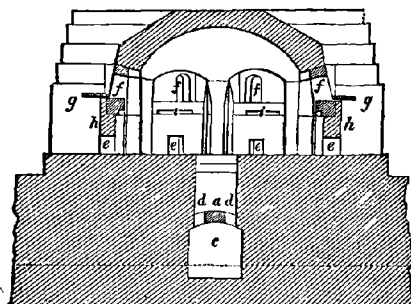
nieux se dépose, et d'où on le retire de temps à autre au moyen de portes ménagées à cet effet. Il importe que le grillage ne soit pas complet, parce qu'alors le fer et le nickel passeraient dans le smalt et lui donneraient une teinte verdâtre, tandis que lorsqu'il reste dans le minéral grillé une certaine quantité de soufre et d'arsenic, il se forme, lors de la fusion de ce minéral, un arsénio-sulfure de nickel et de fer, qui sépare complètement ces métaux, et se réunit en culot au fond des creusets où s'opère la fusion; ce produit porte le nom de *speiss*. D'un autre côté, il faut que le grillage soit poussé suffisamment loin, sans quoi une partie du cobalt passerait dans le *speiss*.

On étend le minéral pulvérisé, en couche de 0^m,40 à 0^m,42 d'épaisseur, sur la sole du four de grillage, et on renouvelle de temps à autre les surfaces avec un ringard, jusqu'à ce que le grillage soit arrivé à un point convenable.

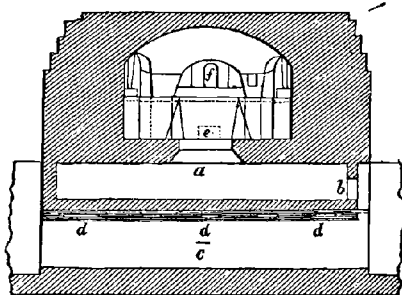
On mélange alors intimement le minéral grillé et tamisé, avec du sable quarzeux très pur, en les passant ensemble entre les meules. Le mélange mécanique ainsi obtenu porte le nom de *safré*; celui-ci est mélangé avec une proportion convenable de carbonate de potasse frittée, et fondu dans des pots d'argile placés dans un four, analogue aux fours de verrerie, représenté en coupe transversale fig. 552 et en coupe longitudinale fig. 553. Ce four est à sole circulaire et couvert d'une voûte surbaissée; on charge le combustible (qui est du bois) sur la grille en briques *d d*, par la porte *b*; *c*, est le cendrier; la flamme pénètre dans le four par l'ouverture *a*, ménagée au milieu de la sole, puis se rend par les rampants *i, i* (fig. 552), dans des fours à flammes perdues qui servent à étonner le sable quarzeux et à fritter la potasse; les ouvertures *h, h*, qui sont murées pendant le travail servent à introduire dans le four les pots où se fait la fusion; ceux-ci, au nombre de 6 à 8, sont disposés circulairement sur la banquette du four, et s'élevaient presque jusqu'à la hauteur des ouvreaux *f, f*, en avant desquels sont des plaques de fonte *g, g*; à la partie inférieure de ces pots sont pratiquées des ouvertures, que l'on ferme pendant le travail, par des plaques de même nature, lutées avec de l'argile, et par lesquelles on fait écouler, après un certain nombre d'opérations, le *speiss* qui s'est rassemblé au fond des

COBALT.

pots, quand la fusion est terminée, et que l'on a puisé tout le smalt. Ces ouvertures sont placées en regard des portes murées *e, e*, qui servent à les déboucher.



552.



553.

La fusion est facile et ordinairement terminée au bout de huit heures; on puisé alors le smalt avec des poches en tôle intérieurement enduites d'argile, et on le verse dans de l'eau froide pour l'étonner et faciliter sa pulvérisation ultérieure.

Le verre bleu ainsi obtenu est d'abord pulvérisé sous des bocards à sec, puis broyé à l'eau entre des meules de granite horizontales, analogues à celles des moulins à blé. On classe ensuite successivement par lévigation l'azur obtenu, d'après son degré de ténuité, en : *gris bleu* (*all. streublau*), qui est, soit livré ainsi au commerce, soit repassé entre les meules; *couleur* (*all. farbe*), obtenu après une heure de repos; *eschel*, dépôt suivant très fin, mélange de parties quarzeuses venant des meules; et en *boues* (*all. sumpfeschel*), dernier dépôt très impur qui se forme dans de grands réservoirs où on laisse l'eau jusqu'à ce qu'elle soit tout à fait clarifiée: ces boues sont repassées dans la fonte pour smalt. Les fabriques de cobalt distinguent ces divers produits par les lettres suivantes: *K*, minéral de cobalt cru, *F K*, *F F K*, minéral riche, très riche; *S*, minéral grillé, *OS*, *MS*, *FS*, *F F S*, minéral grillé ordinaire, moyen, riche, très riche; *C*, couleur, *OC*, *MC*, *FC*, *F F C*, *F F F C*, *F F F F C*, les diverses qualités de couleur; *E*, *eschel*, et *OE*, *ME*, *FE*, *F F E*, *F F F E*, *F F F F E* les différentes variétés ou nuances de couleur.

Les *speiss* qui se réunissent au fond des pots, renferment moyennement environ 50 p. 100 de nickel, 40 d'arsenic et 40 de soufre, de fer, de cobalt et de cuivre, et quelquefois des traces d'antimoine; antrefois sans valeur, ils sont actuellement très recherchés pour la préparation du nickel.

On conçoit aisément que la proportion de quartz et de potasse à ajouter aux minerais de cobalt dans la préparation du smalt, dépend de leur teneur en cobalt et de l'intensité de la couleur que l'on veut obtenir; d'un

COBALT.

autre côté le degré de grillage dépend également de la proportion des métaux étrangers et de l'état sous lequel ils se trouvent dans le minerai : ainsi, certains minerais pauvres en cobalt et riches en autres oxydes métalliques, doivent être fondus crus, avec d'autres minerais riches également crus qui leur fournissent une quantité de soufre et d'arsenic suffisante pour faire passer tous les métaux étrangers dans le speiss. On obtient ces diverses données par un essai en petit qui consiste à mélanger 4 parties du minerai de cobalt cru, partiellement grillé, et totalement grillé, avec 3, 6, 9 et 12 p. d'un mélange de 2 p. de sable quarzeux blanc et de 4 p. de carbonate de potasse fondu ; puis fondant les douze mélanges ainsi obtenus, dans de petits creusets couverts, presque à la température des essais de fer. On juge ensuite à la couleur du verre quel est le mélange le plus convenable à employer. Ce mode d'essai est surtout usité pour les minerais de cobalt argentifères de l'Erzgebirge. L'argent passe dans le speiss qui est soumis à l'amalgamation, dont les boues sont ensuite traitées pour nickel.

Nous terminerons cet article en indiquant une manière très simple employée en Allemagne pour préparer l'oxyde de cobalt pour la peinture sur porcelaine : On grille le minerai de cobalt aussi complètement que possible, on réduit le minerai grillé en bouillie épaisse avec de l'acide sulfurique, on introduit le tout dans un creuset en terre où on laisse digérer, pendant un certain temps, à 200 ou 300° ; enfin on évapore à siccité, on chauffe jusqu'au rouge, et on maintient cette température pendant une heure. Après le refroidissement, on pulvérise la masse et on la traite par l'eau bouillante ; on filtre, on étend d'eau froide, on acidule la liqueur avec un peu d'acide sulfurique ; puis on précipite, en agitant constamment, par une dissolution de carbonate de soude, en s'arrêtant aussitôt que la liqueur a perdu toute réaction acide, et que le précipité au lieu d'être jaunâtre devient rose ; tout le fer s'est alors précipité à l'état de sous-arséniat en entraînant l'arsenic avec lui, et il ne reste dans la liqueur filtrée que du sulfate de cobalt qui la colore en rose ; d'un autre côté, on fond ensemble 40 parties de potasse du commerce, 45 parties de sable quarzeux et 4 parties de poussier de charbon ; on pulvérise la masse fondue, on dissout dans l'eau bouillante, on décante et on obtient une dissolution de silicate de potasse dont on se sert pour précipiter la dissolution de sulfate de cobalt obtenue comme il a été dit ci-dessus ; il se forme du sulfate de potasse soluble et il se précipite un mélange intime de silice gélatineuse et d'oxyde de cobalt, qui entraîne un peu de silicate de potasse. Ce précipité a une couleur brun-sale, mais appliqué sur la porcelaine, il prend, lors de la cuisson, une très belle couleur bleue.

La production du smalt est annuellement d'environ :

• Suède et Norvège.	2000 à	2500 ⁰⁰⁰
Saxe.	5000 à	6000
Prusse	3000 à	3500
Hesse électorale (Schwarzenfels).	3500 à	4000
	43500 à	46000 ⁰⁰⁰

P. DEBETTE.

COCHENILLE (*angl.* cochineal, *all.* kochenille). La cochenille, *coccus cacti*, est un insecte dont la femelle renferme une forte proportion d'une matière colorante rouge, extrêmement belle. On l'a longtemps prise pour une semence végétale ; c'est Læwenhœck qui fit voir que c'était un animal. On l'a découverte au Mexique, en 1548, où elle vit sur le cactier nopal (*cactus opuntia*). On en distingue deux sortes, la cochenille sauvage ou cochenille sylvestre que l'on recueille dans les forêts, et la cochenille mestèque élevée dans des nopales ou plantations artificielles de cactiers. La première est la plus petite et recouverte d'un duvet cotonneux, qui augmente son poids et par suite diminue naturelle-

COCHENILLE.

ment en proportion sa teneur en matière colorante, en même temps que sa valeur commerciale. Ce duvet sert à protéger l'insecte contre l'intempérie des saisons, de sorte qu'il n'exige aucun soin. Elevée dans des plantations artificielles, la cochenille acquiert une grosseur presque double de la précédente, et perd le duvet cotonneux qui la recouvrait et qui se trouve remplacé par une poussière grisâtre qui en augmente à peine sensiblement le poids.

La cochenille femelle est ovoïde, légèrement aplatie en dessous ; son corps est couvert d'auneaux toujours visibles, peu nombreux ; entre les deux premières paires de pattes elle porte un suçoir avec lequel elle se fixe sur les cactiers, où elle est ensuite fécondée par le mâle ; alors son corps se développe, s'arrondit, et elle finit par produire un grand nombre d'œufs d'où naissent autant de nouveaux insectes, si l'on n'a pas soin de la recueillir avant cette époque ; enfin elle meurt, et se dessèche sur la place où elle a vécu. Le mâle est plus petit que la femelle ; il n'a point de suçoir et porte deux ailes bien développées au moyen desquelles il vole pour chercher les femelles, qui n'en ont point, et les féconder.

Quand les cochenilles fécondées sont prêtes à pondre, on les recueille en râclant légèrement la surface des cactiers avec un couteau mousse, pour les faire tomber dans un vase où on les reçoit, en ayant soin d'en laisser quelques-unes sur chaque arbre pour la reproduction.

On fait périr les cochenilles soit en les trempant dans l'eau bouillante, soit dans une étuve, soit enfin sur des plaques métalliques chauffées en dessous ; l'immersion dans l'eau bouillante enlève une partie de la couleur qui reste en partie extérieurement fixée à la cochenille, et lui donne une teinte rougeâtre ; la dessiccation à l'étuve n'apporte aucun changement apparent dans la cochenille qui est alors dite *jaspée* ou *argentée*, et qui est d'autant plus estimée qu'elle est plus grosse, plus régulière, et recouverte d'un enduit gris-argenté pur ; la dessiccation sur des plaques métalliques chauffées en dessous détermine la fusion de la poudre grisâtre qui recouvrait la cochenille et qui paraît être une substance céroïde, de sorte que l'insecte présente une couleur brun-noirâtre, ce qui lui a fait donner le nom de *cochenille noire* ; elle est moins estimée que la cochenille argentée, mais elle a une valeur supérieure à la cochenille rouge.

La cochenille bien desséchée peut se conserver extrêmement longtemps sans s'altérer ; ainsi *Hellot* a reconnu, par expérience, que les cochenilles conservées depuis 130 ans, avaient exactement le même pouvoir colorant que des cochenilles nouvellement cueillies.

La cochenille a été particulièrement étudiée par MM. Pelletier et Caventou, qui ont donné au principe colorant qu'elle renferme le nom de *carmin*, et qu'ils ont obtenu : en épuisant la cochenille par l'éther ; traitant à plusieurs reprises le résidu par l'alcool bouillant ; laissant refroidir ; traitant le dépôt qui se forme par de l'alcool pur, puis y ajoutant un volume égal au sien d'éther sulfurique également pur ; il se produit un dépôt de carmine.

La carmine ainsi obtenue est rouge-pourpre, fond vers 50°, et brûle sans dégager de l'ammoniaque, ce qui prouve que la matière colorante de la cochenille appartient aux composés non azotés. Elle est très soluble dans l'eau, et une très faible quantité en suffit pour colorer en rose une grande masse d'eau. Elle est également soluble dans l'alcool, quoique moins que dans l'eau, et au contraire insoluble dans l'éther. Les acides ne la précipitent pas de sa dissolution aqueuse, lorsqu'elle est pure ; mais dans le cas où cette dissolution renferme encore une partie des autres matières animales renfermées dans la cochenille, le tout est précipité.

L'alumine a beaucoup d'affinité pour la matière co-

lorante de la cochenille; ainsi si l'on met dans une dissolution aqueuse de carmine, de l'alumine en gelée récemment précipitée et encore humide, la liqueur devient incolore; lorsque l'on a opéré à froid, l'alumine prend une belle couleur rouge de carmin; mais si l'on chauffe la dissolution, le précipité passe au rouge-cramoisi, et même au violet si l'on chauffe jusqu'à l'ébullition. Une solution d'alun ne donne lieu à aucun précipité; elle fait seulement passer la couleur du rouge de carmin au rouge-pourpre. Voyez **CARMIN**.

Le proto-chlorure d'étain ou *sel d'étain* donne naissance à un précipité d'un violet très riche, qui passe au rouge cramoisi quand la dissolution d'étain renferme beaucoup d'acide libre. Le per-chlorure d'étain ne forme aucun précipité, mais il fait passer la couleur de la dissolution au rouge-écarlate. Quand après l'addition du per-chlorure d'étain, on mélange la liqueur avec de l'hydrate d'alumine récemment précipité, celui-ci se combine avec la matière colorante pour former une laque carminée d'un rouge-écarlate, qui ne change même pas par l'ébullition.

La cochenille est sans contredit la plus belle des matières colorantes rouges employées dans la teinture, et s'applique surtout sur la laine. Pour cela, on mordance celle-ci avec un mélange de per-chlorure d'étain et de crème de tartre, puis on la teint avec une décoction de cochenille. On ne doit pas ajouter d'alun, qui ferait passer la couleur au rouge-cramoisi. Afin de séparer plus complètement de la cochenille la matière colorante, ainsi que la matière animale qu'elle renferme, et qui paraît jouer un rôle essentiel dans la fixation de la carmine sur la laine, on peut ajouter une petite quantité de cendres gravelées dans la préparation de la décoction de cochenille, mais il faut alors augmenter la proportion de la crème de tartre employée dans le mordantage, de manière à conserver au bain l'acidité nécessaire pour obtenir une vive couleur écarlate.

Pour teindre avec la cochenille en rouge-cramoisi, on ajoute au bain un peu d'alun, on fait bouillir dans une dissolution d'alun la laine, préalablement teinte en rouge écarlate.

D'après M. de Humboldt, on a importé de l'Amérique du Sud en Europe, depuis 1736, pour une valeur de 45 à 46,000,000 de francs de cochenille. Le prix actuel de la cochenille, sur la place de Londres, est d'environ 43 francs le kilogr.

COCO (*huile de*). S'obtient par l'expression à chaud des noyaux amygdaloïdes des noix de coco. A la température ordinaire elle a une consistance butyreuse, une couleur blanc-jaunâtre et une odeur douce particulière. On l'emploie surtout dans les fabriques de savon; elle donne un excellent savon, dont malheureusement l'emploi est restreint par suite de l'odeur persistante qu'il laisse aux mains.

En plaçant cette matière butyreuse dans des sacs en canevas très serré, et la soumettant à la température la plus basse possible, 40 à 42° C., à l'action d'une presse hydraulique, on la sépare en stéarine solide, que l'on traite comme la stéarine ordinaire pour en faire des bougies, et en oléine que l'on purifie en la mélangeant avec 4 à 2 p. 400 d'acide sulfurique concentré, que l'on étend de six fois son poids d'eau, agitant bien le tout dans une sorte de baratte, transvasant et laissant déposer; l'acide se rassemble peu à peu au fond, tandis qu'il se forme à la surface une écume que l'on enlève soigneusement avec une écumoire; au bout de deux ou trois jours l'huile est tout à fait clarifiée, on décante, et on passe à travers une chausse en laine très serrée; elle est alors propre à être employée comme huile de lampe.

Les bougies faites avec la stéarine obtenue par simple pression donnent une lumière très brillante.

Le coco, qui n'est pour nos pays qu'un objet de

commerce de faible importance, est, comme chacun sait, le fruit de l'arbre le plus utile et le plus précieux que possèdent les peuplades de l'Océanie. La liqueur et le noyau qu'il renferme forment une partie très importante de leur nourriture. L'enveloppe du fruit, qui, en Europe, est souvent employée pour la tabletterie, leur sert de vases culinaires; enfin, les filaments qui enveloppent le fruit servent à faire des cordes, des nattes, des tissus de grande résistance.

COKE. L'un des principaux débouchés actuels du coke est dans le service des chemins de fer, et on peut s'en faire une idée par ce fait, que la dépense en coke brûlé dans les locomotives forme du huitième au quart de la dépense d'exploitation totale de nos chemins de fer français.

La qualité du coke employé dans les locomotives exerce sur la marche des trains une influence telle que, pour assurer la régularité du service, il est souvent préférable d'y mettre un prix très élevé; c'est ce que font quelques chemins de fer français en achetant des coques anglais, bien qu'ils puissent se procurer des coques de France et de Belgique à des prix bien inférieurs.

Il est également de la plus haute importance dans toutes les industries métallurgiques, et notamment dans la fabrication de la fonte et du fer, pour assurer la régularité de l'allure des appareils, l'uniformité et la pureté des produits, de se servir de combustibles très purs. L'importance de la question nous engage à compléter ce que nous avons dit à l'article **CARBONISATION**, par l'exposé des derniers perfectionnements récemment adoptés.

Depuis 1848, la fabrication du coke a fait de grands progrès dans le nord de la France et en Belgique, grâce aux études faites par la compagnie du chemin de fer du Nord et au mode qu'elle a adopté pour les réceptions des fournitures de coke qu'elle consomme, en fixant le prix du coke pour une teneur déterminée de cendres de 5 à 7 p. 400, suivant la veine de charbon d'où il provient, faisant une retenue d'un franc par chaque centième de cendres en sus, et accordant une gratification de cinquante centimes à un franc par chaque centième de cendres en dessous de la teneur indiquée dans le marché, et indiqué par un essai contradictoire fait sur un échantillon pris sur la livraison, de manière à en représenter autant que possible la teneur moyenne.

En Angleterre, la plupart des veines de houille servant à la fabrication présentent un toit et un mur très solides; elles ne renferment pas de lits de schistes friables intercalés; de sorte qu'on peut en abattre le charbon sans y mêler une quantité notable de matières étrangères, et obtenir, soit avec le fin, soit avec le tout-venant, un coke d'excellente qualité.

En France et en Belgique, au contraire, très fréquemment le toit ou le mur sont mauvais, ou bien le charbon renferme des veines de schistes tantôt plus dures, tantôt plus friables que la houille. Au sortir de la mine, le charbon est employé comme tel sous le nom de *tout-venant*, ou classé en trois parties au moyen de deux grilles ou claies placées en cascade, savoir: en *gailletterie*, *gaillette* ou gros morceaux, ayant plus de 0^m,03 de côté; en *gailletin*, morceaux ayant 0^m,008 à 0^m,03 de côté; et en *fin* ou menu, ayant moins de 0^m,008 de côté; il reste quelquefois dans la gailletterie des pierres ou morceaux de schistes que l'on enlève facilement; le gailletin renferme ordinairement beaucoup de petites pierres, dont une partie seulement peut être enlevée dans un triage en grand; enfin presque toutes les parties schisteuses, terreuses et friables se rassemblent dans le fin.

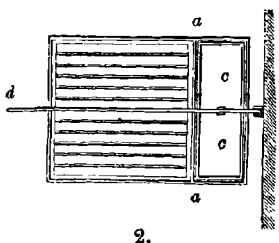
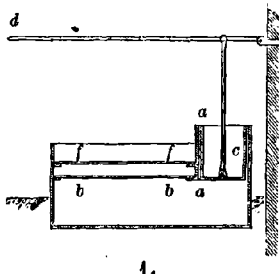
Le résultat d'un grand nombre d'essais faits par M. de Marsilly, ingénieur des mines, sur les veines de

charbons à coke des bassins de Mons et de Valenciennes, a montré que les cokes fabriqués avec la gailletterie avaient constamment à très peu près la même qualité et ne tenaient que 6 à 7 p. 100 de cendres; que les cokes fabriqués avec du gaillettin avaient une teneur en cendres de 7 à 14 p. 100, et n'étaient pas d'un bon emploi sur les locomotives; enfin que *tout-venant* donnait des cokes de qualité intermédiaire et constamment variables. Ces faits résultent de ce que les schistes qui altèrent la pureté de la houille sont plus friables qu'elle ne l'est elle-même, et se réduisent en poussière plus fine. Il est donc naturel qu'ils se concentrent dans le fin.

Il résulte de ce qui précède que, pour obtenir du coke de bonne qualité, il faut n'employer pour sa fabrication que de la houille triée et en morceaux assez gros dits *gailletterie*, ou bien purifier préalablement le *gaillettin* et le *fin*, en en séparant, par une préparation mécanique spéciale, les impuretés qui s'y sont concentrées, de manière à les amener au degré de *propreté* que présente la *gaillette*. A cet effet, on les soumet à un lavage analogue à ceux employés dans la préparation mécanique des minerais métalliques.

Ce procédé de purification a été appliqué il y a déjà longtemps aux charbons pyriteux des Vosges, mais il n'a pris un certain développement que depuis quelques années. En 1840, M. Baetnadoux l'employait dans l'Allier, aux mines de Bert; postérieurement, il était introduit dans les bassins de Commeny, de Saint-Etienne et de Rive-de-Gier, et enfin il est appliqué dans les bassins de Mons et de Valenciennes depuis la fin de 1848.

Le lavage se fait ordinairement sur un orible à piston de grande dimension, représenté en coupe et en plan (fig. 1 et 2), et consistant en une caisse rectan-



gulaire en bois, divisée en deux compartiments inégaux par une cloison *a* qui ne descend pas jusqu'au fond de la caisse, en sorte qu'ils communiquent ensemble par le bas; dans le plus grand est une grille *b*, sur laquelle on jette le charbon; dans le plus petit se meut un piston en bois *c*; l'appareil est rempli d'eau jusqu'au dessus du charbon; le piston *b*, en descendant, lorsqu'on fait une pesée sur la bringuebale *d*, refoule

l'eau sous la grille *b*; elle soulève les charbons et les schistes, et se retire quand le piston remonte. Les schistes étant plus denses que le charbon sont soulevés moins haut, à volume égal, que ne l'est celui-ci, et tombent plus vite au fond quand l'eau se retire. Il en résulte qu'après quelques coups de piston les schistes sont rassemblés sur la grille et le charbon purifié est à la partie supérieure; pour en faciliter l'enlèvement, on place, à 0^m,42 environ au-dessus de la première grille *b*, une seconde grille *ff*, dont les barreaux ont 0^m,40 d'espacement; par cette disposition, la pelle de l'ouvrier glisse sur les barreaux, ne prend que le charbon lavé et ne touche point aux schistes, qui s'accumulent entre les deux grilles. Quand ils viennent à s'élever jusqu'à la grille supérieure *ff*, on la retire pour les enlever; on la replace ensuite, et l'opération continue. De temps en temps on remet de l'eau dans la caisse au moyen de robinets convenablement disposés.

On donne généralement au compartiment des grilles 4^m,20 à 4^m,30 de largeur sur autant de hauteur et 1^m,50 à 1^m,60 de longueur; le compartiment du piston a même largeur et même hauteur; mais sa longueur, mesurée suivant l'axe longitudinal de l'appareil, n'a que 0^m,40 à 0^m,50, de sorte que l'aire du piston n'est pas tout à fait le tiers de celle des grilles.

On charge ordinairement à la fois, dans cet appareil, un hectolitre de charbon *tout-venant*, dont on a retiré les gros morceaux. Lorsque l'appareil de lavage est placé à portée de la fosse et des fours à coke, et que le charbon n'a qu'un faible transport à subir, trois ouvriers peuvent laver, en une journée de douze heures, 450 à 200 hectolitres de houille. La consommation en eau est d'environ six mètres cubes par douze heures, soit 30 à 40 p. 100 (environ un tiers) du charbon à laver, en volume.

La grille étant chargée, deux des ouvriers font mouvoir le piston, tandis que le troisième étale et remue le charbon sur la grille; quand l'opération est terminée, ce dernier charge le charbon lavé dans une brouette, que le premier ouvrier va décharger près des fours à coke, pendant que le second amène le tout-venant à laver.

Le nombre de coups de piston varie avec la *propreté* naturelle de la houille à laver; en moyenne, on ne donne pas moins de quinze à vingt coups de piston, et encore le lavage n'est jamais bien complet.

Les ouvriers sont payés à la tâche, à raison de trois à quatre centimes par hectolitre de houille à laver.

D'après M. de Marsilly, dans le bassin de Mons 400 hectolitres de tout-venant donnent en moyenne au lavage :

Houille lavée.	89 hectol.
Schistes stériles.	2 —
Déchet qui traverse la grille et renferme 75 à 80 p. 100 de charbon pur.	9 hectol.

Ce déchet est presque de nulle valeur et s'écoule difficilement sur place au prix de 20 cent. l'hectolitre.

Les frais de lavage varient de 10 à 20 cent., et sont en moyenne de 13 cent. par hectolitre de houille lavée (le prix de l'hectolitre de tout-venant sur la fosse est de 80 cent. environ). Or, la différence entre le prix de la gaillette et celui du tout-venant étant toujours supérieure à 50 cent., il est évident que le lavage du charbon, quand bien même il ne serait pas destiné à la fabrication du coke, présente sous le rapport économique et industriel de très grands avantages.

En résumé, le lavage tel qu'il vient d'être décrit enlève 4 à 5 p. 100 des matières pierreuses ou schisteuses qui se concentraient dans le coke, y laisse encore 1 à 2 p. 100 de matières étrangères susceptibles d'en être

COKE.

séparées par une préparation mécanique plus soignée, et augmente le prix de la tonne de coke d'environ 2 fr. 20 c.

L'utilité du lavage des charbons résulte encore, le plus souvent, de ce fait que leur prix sur les lieux de consommation se trouve sensiblement grevé par le transport des matières inertes qui l'obstruent, lesquelles, en moyenne, entrent dans une proportion de 5 ou 6 p. 100. Le charbon de Mons, qui au rivage de Jemmapes se vend 90 cent. le quintal, revient, rendu à Paris, chez le marchand en détail, à 2 fr. 35 c.; il y a donc 1 fr. 95 c. pour frais de transport et droits d'entrée, qui se rapportent aussi bien aux pierres dont le charbon est mélangé qu'au charbon lui-même. Si le lavage diminue de 6 p. 100 le rendement en cendres du charbon, 94 quintaux de charbon lavé équivaudront à 100 quintaux de charbon non lavé, ce qui donnera sur le transport une économie de 11 fr. 70 c., soit 24 c. par quintal; or, le lavage coûte à peine ce prix actuellement. Avec les perfectionnements dont il est susceptible, on pourra descendre au-dessous; ainsi, en lavant le charbon, non-seulement on aurait des produits de qualité supérieure, mais encore on les obtiendrait à meilleur marché.

Les grilles que l'on emploie généralement sont en osier ou en fil de fer, espacées de 0^m,004 ou plus, ou enfin en tôles de fer, cuivre ou zinc, percées de trous de 0^m,004 à 0^m,004. Quand les trous ont plus de 4 à 5 millimètres de diamètre, le fer et le zinc sont préférables parce qu'ils coûtent moins cher; mais si l'on veut avoir des trous très fins, de 4 millimètre de diamètre par exemple, le cuivre vaut mieux, parce qu'il présente plus de solidité; on ne peut percer de trous aussi fins dans des tôles de fer qu'autant qu'elles sont très minces, tandis qu'on peut en percer dans des feuilles de cuivre assez épaisses pour résister aux pressions qu'elles doivent supporter dans les circonstances ordinaires du lavage.

Si l'on avait préalablement le soin avant de charger le tout-venant sur la grille du lavoir d'en séparer la poussière en la classant en même temps en plusieurs catégories de grosseurs, en opérant soit à sec, soit dans l'eau, au moyen de grilles appropriées ou d'appareils classificateurs analogues à ceux décrits à l'article MÉTALLURGIE, on pourrait employer pour le lavage du charbon au crible des grilles beaucoup plus fines sans craindre l'obstruction des mailles ou des trous par les poussières, la main-d'œuvre totale serait réduite d'environ un quart et le déchet d'un tiers, de sorte qu'en résumé le prix de la tonne de mille kilog. de coke ne serait augmenté par le lavage que de 1 fr. 50 c. au lieu de 2 fr. 20 c.

On lave aussi la houille, sur certains charbonnages, dans des appareils analogues aux caisses allemandes (voir MÉTALLURGIE) servant pour le débouillage des minerais de fer et de plomb, divisées en trois ou quatre compartiments par des cloisons. Ordinairement ces caisses ont de 0^m,70 à 0^m,80 de large, 0^m,40 à 0^m,60 de profondeur, et 1^m,50 à 3 mètres de long. En tête du premier compartiment se trouve un conduit qui communique avec un réservoir rempli d'eau et qui se ferme à volonté au moyen d'une petite vanne. À l'autre extrémité de la caisse se trouve un autre conduit fermé par une cloison en osier tressé très serré, qui laisse passer l'eau et retient le charbon. La vanne étant suffisamment levée, un ouvrier jette la houille à la pelle, par petites quantités à la fois, à la tête de la caisse; le courant l'entraîne, les schistes et les morceaux de charbon les plus gros se déposent dans le premier compartiment; les pierres les plus légères arrivent juste dans le second compartiment. Le troisième et le quatrième compartiment renferment le charbon purifié; c'est dans ce dernier que se dépose le charbon le plus

COKE.

fin; la poussière est entraînée par le courant à travers la claie en osier et se dépose dans de grands bassins placés à la suite.

Il y a deux ouvriers par lavoir: le premier règle l'introduction de l'eau, jette le charbon par pelletées et le remue de temps à autre pour faciliter l'entraînement des parties les moins lourdes; lorsque le second compartiment est trop plein, il ramène en avant dans le premier ce qui se trouve à la surface. Le second ouvrier enlève le charbon lavé des deux derniers compartiments et le dépose en tas près du lavoir. Des brouettes amènent la houille au lavoir et l'emmènent quand elle est lavée.

Quand les schistes sont accumulés en assez grande quantité dans les deux premiers compartiments, on les retire et on les soumet à un second lavage, soit dans les mêmes lavoirs, soit dans des cribles à piston analogues à ceux précédemment décrits.

Les caisses allemandes dépendent dix à douze parties d'eau pour une partie de charbon lavé, et les frais de main-d'œuvre paraissent être un peu plus élevés que pour les cribles à piston. Ces derniers sont donc en général préférables, surtout s'ils sont établis avec soin et si l'on sépare préalablement les poussières.

Dans certains cas, et lorsque la houille est très friable, la question du lavage des poussières peut acquiescer beaucoup d'importance. On ne s'en est pas préoccupé jusqu'à ce jour; mais, vu le bas prix de ces poussières (20 centimes au plus par hectolitre), il est évident que l'on en viendra bientôt à leur faire subir une préparation mécanique plus soignée, soit sur des tables à secousses, soit au moyen des autres appareils employés sur les exploitations métalliques pour le lavage des schlammes, afin de retirer une partie des 60 ou 80 centièmes du charbon pur qu'elles renferment.

La matière première de la fabrication du coke, la gaillette ou la houille lavée étant obtenue comme il vient d'être dit, il ne nous reste plus qu'à parler de la carbonisation même, sur laquelle il nous semble nécessaire d'entrer dans des détails de procédés et de chiffres qui puissent servir de guides positifs pour l'établissement de fours à coke. L'expérience de chaque jour et les nombreuses constructions auxquelles ont donné lieu les exploitations si nombreuses de chemins de fer, permettent de fournir des renseignements certains à cet égard.

Nous rappellerons que les conditions essentielles des coques que l'on fabrique aujourd'hui en quantités si considérables pour le service des chemins de fer, pour les fonderies et en général pour toutes les combustions à vent forcé, lorsqu'il s'agit d'obtenir des températures élevées, sont, avec la pureté dont nous venons de parler, la dureté et la densité. Ainsi le coke qui sort des cornues qui servent à la distillation de la houille dans l'ÉCLAIRAGE AU GAZ, tout à fait impropre pour le cas qui nous occupe, tandis que son boursoufflement le rend très précieux pour les usages domestiques, en ce que sa combustion dans des appareils imparfaits, à faible tirage, devient possible. Si, au lieu de répandre la houille en couche mince, on empêche le boursoufflement par une grande épaisseur, on aura des systèmes qui se rapprocheront des fours à coke, mais qui donneront des produits inférieurs, de telle sorte que l'on perd le bénéfice apparent qui résulterait de ce que le gaz serait recueilli.

Cela est si vrai que dans un système disposé au seul point de vue de la qualité du coke, mais qui se rapproche du précédent, dans les fours à coke à voûte cylindrique et à sole chauffée en dessous par la combustion des gaz produits par la distillation de la houille, l'expérience a démontré que, en général, le coke produit est moins propre au service des chemins de fer que

COKE.

celui obtenu dans les fours ordinaires dits *fours plats* à sole non chauffée en dessous, et que le rendement en coke était un peu plus faible ; aussi ne parlerons-nous que des fours plats.

Les *petits fours plats*, ou fours à une porte, coûtent, dans le Nord, de 500 à 800 francs à construire ; les grands fours plats de 4,500 à 2,000 francs.

Les petits fours à une porte employés dans le Nord ont une sole elliptique ayant ordinairement 3 mètres de longueur sur 2^m,50 de largeur, et la voûte à la clef est à 4^m,25 au-dessus de la sole.

Les charges varient avec la durée de la carbonisation ; elles sont de 27,30 ou 32 hectolitres de charbon, présentant une épaisseur sur la sole de 0^m,46, 0^m,51 ou 0^m,54, suivant que l'opération doit durer vingt-quatre, trente-six ou quarante-huit heures.

Les cokes de quarante-huit heures sont les meilleurs pour le service des chemins de fer ; ceux fabriqués en moins de temps sont moins durs, moins denses et donnent plus de déchet, c'est-à-dire une plus forte proportion de menu coke.

Les *grands fours plats* ont une sole ovale, présentant aux extrémités du grand axe deux portes par lesquelles s'effectuent le chargement et le déchargement. La sole a de 5^m,50 à 6 mètres de long sur 2^m,50 à 2^m,75 de large, et la hauteur maximum de la voûte au-dessus de la sole est de 4^m,25 à 4^m,50 ; les charges sont de 40, 70, 80 ou 400 hectolitres, représentant une épaisseur variable de 0^m,37 à 0^m,80, suivant que la cuisson doit durer vingt-quatre, quarante-huit, soixante-douze ou quatre-vingt-seize heures. Le coke le plus dense, le mieux cuit et celui qui fournit le moins de déchet est celui de quatre-vingt-seize heures.

En résumé, pour les houilles du bassin de Mons, la durée de la cuisson la plus convenable pour le coke destiné au service des chemins de fer est de quarante-huit heures, pour la fabrication dans les petits fours plats, et de quatre-vingt-seize heures dans les grands fours.

Dans les grands fours que nous venons de décrire, pour une cuisson en quatre-vingt-seize heures, les parois du four sont obscures lors du chargement. Quelquefois même on laisse le four se refroidir une heure ou deux quand il est vide ; la quantité considérable de houille qu'on y introduit le refroidit encore. La chaleur s'est emmagasinée dans la voûte ; la sole n'est point chauffée par dessous et est devenue presque froide. Peu à peu la masse s'échauffe de haut en bas par le rayonnement de la voûte et les gaz commencent à se dégager ; ce n'est qu'au bout d'une heure et demie environ qu'ils s'enflamment ; le dégagement des gaz a lieu lentement, par couches horizontales, en descendant de haut en bas ; quand il arrive aux couches inférieures, les couches supérieures sont en partie déjà transformées en coke ; elles ont pris de la cohésion, et les fissures qu'elles présentent livrent passage aux gaz sans qu'ils causent de boursoufflement ; au bout de quarante-huit à soixante heures, le dégagement de gaz a cessé et on ferme hermétiquement toutes les issues. La température qui, vers le milieu de l'opération, s'était élevée grâce à une introduction d'air considérable, descend considérablement ; le coke est presque noir lorsqu'on le retire et il suffit de très peu d'eau pour l'éteindre.

Les frais de carbonisation s'élèvent en moyenne en Belgique, dans les grands fours ci-dessus, à 2 fr. 50 c. par tonne de coke.

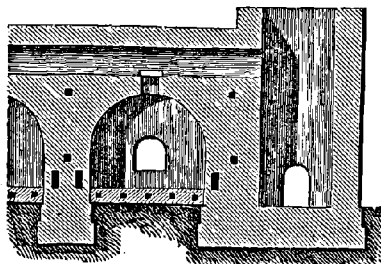
Les fours à coke qui alimentent le chemin de fer de Ronen sont de grands fours plats, dont la sole a 3^m,50 de diamètre et la voûte 4^m,40 de hauteur maximum au-dessus de la sole. On y charge de 4,000 à 4,500 kilogr. de houille, formant une épaisseur de 0^m,55 à 0^m,60, et la cuisson y dure soixante-neuf heures. Les frais de

COKE.

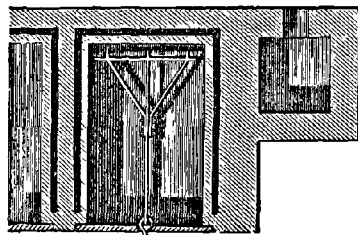
fabrication sont évalués à 2 fr. 60 c. par 4,000 kilogr. de coke. Le déchargement s'opère avec de grandes pelles en fer que l'on passe sous la sole au-dessous du coke, de manière à le soulever sans le briser.

Le seul reproche qu'on puisse faire à ces fours est d'exiger pour 2,000 fr. environ d'armatures par four, ce qui en porte le prix à environ 4,000 fr.

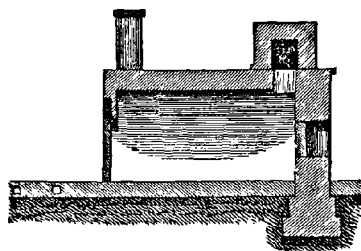
A Boulogne-sur-Mer enfin, on se sert de fours (fig. 3, 4 et 5) dont la construction est très simple : la sole est à peu près rectangulaire et a environ 2^m de large sur 4^m de long ; du fond à l'entrée elle présente un évasement de 42 à 45 centimètres destiné à faciliter le déchargement du coke. La voûte, en plein cintre, est parallèle au grand axe de la sole et à 4^m,75 environ de hauteur à la clef. Le chargement de la houille se



3.



4.



5.

fait à la pelle par une petite porte de derrière, le déchargement par une grande ouverture placée sur le devant, qu'on bouche au moyen d'un petit mur en briques réfractaires, et qu'on démolit au moment de décharger.

Ces fours sont construits d'une manière très remarquable. Au-dessus des fondations s'élèvent deux voûtes en plein cintre sur lesquelles repose la sole. Des conduits pratiqués dans l'épaisseur des pieds-droits établissent une communication entre l'air extérieur de ces voûtes et de petites cheminées qui surmontent chaque

four. Celles-ci restent bouchées pendant toute la durée de la cuisson; on les ouvre seulement à la fin, pour établir un courant d'air chaud et rapide qui enlève toutes les vapeurs qui se sont dégagées. Grâce à ces dispositions, le massif reste parfaitement sec, et, quoiqu'il n'y ait aucune armature et que tout soit en briques, ces fours ne présentent aucune fissure, aucune marque de détérioration soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, et n'ont eu besoin d'aucune réparation depuis qu'ils sont construits. Il est vrai qu'ils ont été construits avec des matériaux réfractaires de premier choix. Ces fours sont réunis par groupes de douze. Il y a une cheminée commune pour chaque groupe; un conduit général amène les flammes et les gaz à la cheminée; mais, au moyen d'un registre, on peut intercepter en totalité ou en partie toute communication entre chaque four et le conduit général.

Avant de procéder au chargement, on place au fond du four une forte traverse en fer à laquelle est fixée par le milieu une barre d'attache en fer qui vient se coucher sur le grand axe de la sole; on charge ensuite 4,000 à 4,500 kilogr. de houille et on ferme la porte de derrière; déjà la porte de devant est en partie reconstruite, sauf une grande ouverture laissée pour l'introduction de l'air, le carreau qui fermait l'issue de la voûte par où s'échappent les gaz est retiré tout à fait. Ce chargement, fait par deux ouvriers, dure une heure et demie; ce n'est qu'une ou deux heures après que les gaz commencent à s'allumer. Peu à peu on diminue la quantité d'air introduit en lutant successivement toutes les fentes et ouvertures; au bout de vingt-quatre heures, elles sont presque entièrement bouchées; elles sont entièrement lutées avant quarante-huit heures, ainsi que l'issue même qui servait à l'échappement des gaz; le coke se refroidit en continuant à durcir, et on défourne ordinairement après soixante-douze heures et quelquefois seulement après quatre-vingt-seize heures.

À cet effet, on démolit la partie supérieure de la porte de devant, ainsi que la porte de derrière, par laquelle on introduit un tuyau qui sert à verser une petite quantité d'eau sur les parties de coke les plus chaudes. On achève alors de démolir l'embrasure antérieure, et, à l'aide d'un treuil et d'une chaîne en fer que l'on accroche au T en fer dont nous avons parlé plus haut, on retire tout le coke d'une seule pièce en dehors du four en le faisant glisser sur une plate-forme inclinée.

La principale modification dont ces fours paraissent susceptibles serait de charger la houille par une ouverture ménagée à la voûte, comme cela a généralement lieu dans les fours cylindriques ordinaires, ce qui faciliterait cette opération et produirait une certaine économie de main-d'œuvre.

En résumé, une cuisson lente, jointe à une charge très forte, est le moyen d'obtenir du coke très dur et très dense, quelle que soit la nature de la houille; aussi tend-on tous les jours à augmenter les dimensions des fours et le poids de la charge: en Angleterre, on se sert actuellement, sur certains chemins de fer, de fours dont la sole a une surface de 9 mètres carrés et où la charge de 400 hectolitres, soit 8,000 kilogrammes de houille, forme une épaisseur de 4^m,25; la cuisson s'y fait en quatre-vingt-seize heures.

Réciproquement, avec les mêmes houilles et avec les mêmes fours, en faisant des charges moins fortes, donnant beaucoup d'air et élevant par suite la température de manière à effectuer la cuisson en quarante-huit, vingt-quatre et même douze heures, on obtient des coques de plus en plus légers et friables, suivant l'usage auquel on les destine.

F. DEBETTE.

COLCOTHAR, ROUGE D'ANGLETERRE (*angl.* colcothar *alt.* kolcothar). Oxyde rouge de fer, obtenu

comme résidu de la distillation du sulfate de peroxyde de fer, dans les fabriques d'acide sulfurique fumant, ou préparé simplement par la calcination du sulfate de fer. Il est en poussière rouge-brunâtre sans éclat; on le réduit par porphyrisation et lévigation en poudre extrêmement tenue employée pour polir. En chauffant dans un creuset 100 parties de sulfate de fer et 42 de sel marin, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus d'acide hydrochlorique, et reprenant par l'eau bouillante pour dissoudre le sulfate de soude, on obtient un résidu d'oxyde de fer en paillettes très éclatantes d'un gris d'acier rougâtre qui, réduit en poussière très tenue, donne une excellente poudre à polir.

Le rouge le plus fin s'obtient en précipitant une dissolution de sulfate de fer, ramené à l'état de sel de peroxyde par l'ébullition avec de l'acide nitrique, par une solution de carbonate de soude; le précipité est du sous-sulfate de peroxyde de fer, que l'on lave avec soin, que l'on dessèche, que l'on porphyrise, et que l'on chauffe ensuite au rouge dans une capsule plate jusqu'à ce qu'il prenne une teinte d'un rouge brun foncé.

Le rouge d'Angleterre sert à polir l'acier, l'or et les glaces; celui destiné à polir l'or doit être très faiblement calciné, afin de conserver un certain degré de mollesse, tandis que celui employé pour donner le poli à l'acier doit avoir été très fortement calciné, afin de posséder la plus grande dureté possible. Plus la calcination a été poussée loin, plus la dureté est grande, et plus aussi la couleur se fonce et tire sur le violet.

COLLE A BOUCHE. La colle à bouche est une matière gélatineuse, sèche, que l'on emploie à froid pour coller le papier sur les planches à dessiner, ou pour réunir plusieurs feuilles de papier les unes à la suite des autres. On la prépare en faisant macérer dans une petite quantité d'eau de la colle de Flandre de belle qualité, puis chauffant pour opérer la dissolution de la colle, ajoutant alors 40 p. 100 de son poids de sucre blanc en poudre, continuant à chauffer jusqu'à ce que la masse soit devenue transparente et homogène, retirant du feu et aromatisant avec de l'essence de citron lorsqu'elle est prête à se figer par le refroidissement, puis la coulant dans des moules de forme rectangulaire.

Lorsque la colle est entièrement figée et qu'elle a acquis la forme d'une gelée très consistante, on la détache du moule, en renversant ce dernier sur un plan horizontal bien dressé, et on la découpe en feuilles de 6 millimètres au moins d'épaisseur, en allant de haut en bas, au moyen d'un fil de cuivre très mince, tendu horizontalement à la partie inférieure d'un assemblage de trois pièces de bois formant un cadre rectangulaire, dont le fil métallique occupe le quatrième côté; ce cadre se met à coulisse dans une autre cadre n'ayant aussi que trois côtés assemblés d'une manière très solide. Le fil de cuivre glisse en dehors du deuxième cadre, et peut être amené à toutes les hauteurs désirables en levant ou abaissant le cadre qui le porte dans la coulisse du second cadre, qui doit être appuyé sur le plan horizontal; il suffit alors de l'y promener de manière à ce que le fil rencontre la colle, pour que celle-ci soit coupée régulièrement, si l'on a soin de tenir le premier cadre toujours vertical ou de l'incliner d'une quantité toujours égale.

Lorsque la colle est coupée en feuilles horizontales, on divise celles-ci en long et en travers pour obtenir des morceaux de grandeur convenable, que l'on fait ensuite sécher d'abord à l'air libre, puis dans une étuve, sur des plaques de fer-blanc légèrement amalgamées à la surface avec du mercure, pour que la colle ne puisse s'y attacher.

Pour employer la colle à bouche, on la ramollit dans la bouche en l'imprégnant d'une petite quantité de saline, puis on la pose entre les parties que l'on veut coi-

COLLE DE PATE.

ler, et que l'on en enduit en lui donnant un mouvement de va-et-vient; il suffit ensuite de frotter rapidement ces parties avec un corps dur et lisse, pour qu'elles adhèrent fortement; entre le froitoir et le papier que l'on veut coller, il faut placer une bande de papier commun pour empêcher que le premier ne soit lissé ou déchiré.

COLLE DE PATE (*angl. paste, all. kleister*). La colle de pâte se fait avec de l'eau et de la farine; celle de blé n'est employée que lorsqu'elle est avariée ou à très bas prix; on préfère celle de seigle qui coûte moins cher et ne se dessèche pas autant. Pour la préparer, on délaisse d'abord la farine avec très peu d'eau, afin qu'il ne se forme pas de grumeaux, puis on en ajoute assez pour former une espèce de bouillie très claire; on chauffe alors en ayant soin d'agiter continuellement pour que la farine ne se dépose pas, et pour qu'elle ne puisse brûler; la masse s'épaissit quand elle a acquis une température de 70 à 75°, et l'opération est terminée après quelques bouillons. On réussit mieux à préparer cette colle quand on achève de délayer la farine avec de l'eau bouillante: elle s'épaissit rapidement, il faut la laisser moins longtemps sur le feu, on risque moins de la brûler, et elle coûte moins de main d'œuvre. Dans tous les cas, il y a avantage à la préparer au bain-marie.

La colle de pâte est employée pour le collage du papier de tenture, celui des affiches, pour le cartonage, etc.; en général, elle ne peut servir que pour le papier.

COLLE DE POISSON, ICHTHYOCOLLE (*angl. isinglass, all. hausenblase*). La colle de poisson, telle qu'on la trouve dans le commerce, se compose de membranes jaunâtres demi-transparentes, très peu colorées, et roulées sur elles-mêmes en forme de fuseaux allongés, n'ayant tout au plus qu'un centimètre de diamètre vers le milieu de leur longueur qui est de 5 à 8 centim.; cette espèce de cordon est pliée circulairement, et chacune de ses extrémités est repliée en sens contraire de la grande courbure et dans le même plan, disposition qui rappelle la forme d'une lyre.

La colle de poisson de bonne qualité est tout à fait inaltérable à l'air sec; elle a un saveur fade, à peine sensible; elle se gonfle et se ramollit dans l'eau froide; si on porte ensuite l'eau à l'ébullition, elle se dissout, et par le refroidissement on obtient une gelée incolore demi-transparente, soluble dans les acides faibles, mais qui est précipitée de cette dissolution par les alcalis. C'est de la gélatine presque pure, et si elle n'est pas cassante comme la colle-forte, cela tient à sa texture fibreuse et élastique qui n'a pas été détruite par l'action de la chaleur; elle est d'autant plus estimée que sa couleur est plus pâle.

La colle de poisson se prépare avec les vessies natatoires de quelques espèces d'esturgeons, et particulièrement de l'*accipenser huso* que l'on pêche sur les côtes de la mer Caspienne et dans tous les fleuves qui s'y jettent. Dans ces pays, et particulièrement à Astracan, on trempe d'abord ces vessies dans de l'eau, on enlève soigneusement la membrane extérieure et le sang qui y est attaché, on les met dans des sacs en chanvre que l'on comprime, on les ramollit entre les mains et on les roule en cordons auxquels on donne ensuite la forme d'une lyre. Enfin on les étend au soleil, sur des ficelles, pour les faire sécher, et on les blanchit quelquefois en les souffrant.

Dans quelques districts de la Moldavie, on emploie à la fabrication de la colle de poisson non seulement les vessies natatoires, mais encore la peau, l'estomac et les intestins des esturgeons, que l'on coupe en petits morceaux que l'on lave à l'eau froide, et que l'on fait ensuite bouillir avec de l'eau jusqu'à dissolution presque complète; par le refroidissement, on obtient une

COLLE DE POISSON.

gelée consistante que l'on divise en feuilles minces que l'on fait ensuite sécher, et que l'on trouve dans le commerce soit à cet état, soit roulées en lyre; dans tous les cas, le produit ainsi obtenu a une valeur commerciale très inférieure à celle de la véritable colle de poisson préparée comme nous l'avons dit.

Les vessies natatoires de la morue et de plusieurs autres poissons servent aussi à préparer une colle de poisson factice que l'on trouve dans le commerce, mais qui est généralement très peu soluble dans l'eau bouillante, et par conséquent de très mauvaise qualité.

Les propriétés de la colle de poisson sont les mêmes que celles de la gélatine pure et son emploi est très répandu; on s'en sert pour le collage des vins, des liqueurs; sa texture organique permet de l'employer pour le collage de la bière, où il ne se trouve pas de tannin pour précipiter la gélatine et où les colles de gélatine ordinaires ne peuvent la remplacer. 4 parties de colle de poisson dissoutes dans 400 p. d'eau donnent une gelée claire très employée dans l'art culinaire; mêlée avec une dissolution de gomme, elle sert à l'appât des rubans et d'autres soieries. Les fabricants de perles artificielles l'emploient pour fixer la dissolution d'écaillés d'ablettes dans l'ammoniaque, dans les globules de verre creux qui constituent ces perles. Les Turcs fixent leurs pierres précieuses au moyen d'une dissolution alcoolique d'un mélange de colle de poisson et de gomme ammoniacale, combinaison qu'ils emploient aussi pour raccommoder la porcelaine et les verres cassés.

La colle de poisson sert à la fabrication du TAFFETAS D'ANGLETERRE; on l'emploie pour fabriquer des vitres de navires que l'on recouvre d'un vernis transparent et inaltérable à l'air humide, et qui sont d'un très bon usage.

COLLE-FORTE, COLLE DE GÉLATINE (*angl. glue, all. leim*). Depuis un temps immémorial, on prépare la colle-forte avec des rognures de peaux et des matières animales molles. M. Darcet a fait voir que les os convenablement traités peuvent donner de la colle-forte qui ne le cède en rien à la colle obtenue par les anciens procédés qui sont le plus généralement employés. Mais le procédé qui consiste à traiter les os par l'acide hydrochlorique peut seul donner de pareils résultats; quant à l'autre, où les os sont soumis en vases clos à l'action de l'eau ou de la vapeur à haute pression, la haute température dont on fait usage pour l'extraction de la gélatine, altère nécessairement celle-ci; le produit obtenu n'a pas la même qualité collante et est toujours plus ou moins soluble dans l'eau.

Les matières animales molles qui peuvent donner de la colle-forte sont très nombreuses; les plus employés sont: les débris et rognures de peaux non tannées, les tendons, les intestins, et même les muscles de tous les animaux; en un mot toutes les substances animales qui donnent de la gélatine par une simple ébullition avec de l'eau.

Voici, d'après le savant M. Dumas, le rendement en colle fabriquée de quelques-unes de ces *colles-matières*:

Débris de peaux provenant de la mégisserie, et dépouillées de graisses et de parties charnues.	0,44 à 0,46
Épiderme des peaux provenant de la préparation de la buffetterie.	0,30 environ
Rognures des cuirs de l'Amérique du Sud.	0,56 à 0,60
Gros tendons de bœufs, avec portions de muscles, etc.	0,35
Rognures de parcheminerie.	0,62
Rognures de tannerie.	0,38 à 0,42
Têtes de veaux provenant des tanneries.	0,44 à 0,48
Peaux de lièvre et de lapin épilées.	0,54

Toutes les fois que les colles-matières fraîches ne sont pas employées de suite à la préparation de la colle-

forte; il faut, pour en prévenir l'altération, les faire macérer pendant deux à trois semaines dans un lait de chaux que l'on renouvelle plusieurs fois; puis les égoutter et les faire sécher en plein air, en les retournant plusieurs fois par jour à l'aide d'une fourche; et les emballant enfin pour les expédier aux fabricants de colle. L'eau de chaux sert à dissoudre le sang et quelques parties molles; elle attaque l'épiderme et prédispose le tissu à se transformer plus rapidement en gélatine.

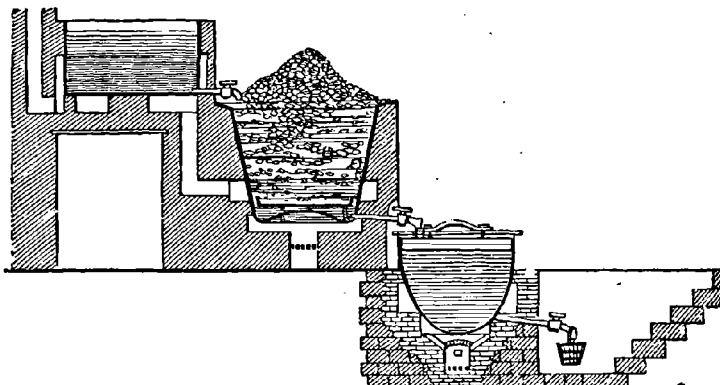
Avant d'employer ces colles-matières, on les immerge de nouveau dans un lait de chaux faible, qui les débarasse encore de quelques matières animales solubles. Lorsqu'elles sont bien gonflées et pénétrées, on les rince à l'eau, à plusieurs reprises, pour leur enlever l'excès de chaux; puis on les étend sur des dalles en pierre, ou mieux sur des claies, et on les retourne de temps en temps, afin de carbonater la chaux libre qui pourrait altérer la gélatine au moment de l'extraction.

Les colles-matières ainsi préparées sont portées immédiatement dans la chaudière d'extraction; celle-ci est en cuivre ou en fer; elle est placée directement au-dessus du foyer, et son fond, bombé intérieurement pour résister à l'action du feu, et muni à sa partie la plus délicate, d'un robinet qui sert à soutirer la solution gélatineuse. Elle est munie d'un double fond percé de trous et facile à enlever, qui sert à empêcher le contact immédiat des matières avec le fond de la chaudière.

Les colles-matières étant portées dans la chaudière, qu'on remplit comble, on y introduit de l'eau jusqu'aux $2/3$ de sa hauteur; si l'eau est déjà chaude, l'opération n'en marche que plus vite et il en résulte une économie sur le combustible; aussi, utilise-t-on, dans quelques usines, les produits de la combustion, qui s'échappent des carneaux de la chaudière, pour chauffer à flammes perdues une seconde chaudière remplie d'eau et assez élevée, pour qu'on puisse la vider entièrement dans la première. Tout étant disposé, on allume le feu sous la chaudière d'extraction. Dès que l'ébullition commence à se faire sentir, les matières s'affaissent peu à peu, le liquide augmente de volume et finit par les submerger entièrement. Il convient alors de renouveler les surfaces de temps en temps en agitant les matières avec une spatule en bois. On soutire même par le robinet du fond de la chaudière une partie de la dissolution qu'on reverse sur la surface. On termine ensuite l'opération soit en fractionnant les produits de la dissolution de manière à ce qu'ils restent le moins longtemps possible sur le feu, soit en ajoutant, en une seule fois, toute la quantité d'eau nécessaire pour dissoudre la gélatine, et prolongeant la cuite des matières jusqu'à ce qu'elles soient presque entièrement fondues. Le premier procédé donne les produits les plus tenaces, et de la meilleure qualité, comme la colle de Flandre; l'autre donne des produits d'assez belle apparence, telle que celle de Givet, et les colles façon anglaise, mais de moindre qualité, parce que la gélatine qui a été extraite dans les premières heures de l'opération reste exposée jusqu'à la fin, à la température de l'ébullition et s'altère inévitablement.

Lorsqu'on opère par la méthode des produits frac-

tionnés, on emploie l'appareil représenté (fig. 554), qui se compose de trois chaudières en cascade. La chau-



554.

dière inférieure est un bain-marie servant à la clarification de la colle, la chaudière intermédiaire, également chauffée par un foyer particulier, sert à l'extraction de la colle; enfin, la chaudière supérieure chauffée, à flammes perdues, sert à échauffer l'eau d'alimentation. Dès que la dissolution gélatineuse est assez concentrée pour se prendre en gelée consistante par le refroidissement, ce dont on s'assure par un essai, on arrête le feu, on laisse reposer pendant $1/4$ d'heure, puis on soutire doucement par le robinet du fond dans la chaudière inférieure chauffée d'avance au bain-marie à 400° , où on laisse la colle déposer pendant 4 à 5 heures, avant de la soutirer pour la mouler. Pendant que le dépôt se fait on remplit de nouveau la chaudière d'extraction d'eau chaude contenue dans la chaudière supérieure, et on continue l'ébullition jusqu'à ce que l'on ait obtenu une seconde solution gélatineuse assez concentrée pour se figer par refroidissement. Enfin, on répète une troisième fois l'opération; mais comme le liquide que l'on obtient n'est plus assez dense pour se prendre en masse, on le concentre par l'addition des rognures de colle d'une opération précédente. Lorsque cela ne suffit pas, on évapore vivement la solution. Quant aux résidus, on les retire immédiatement de la chaudière, on les exprime encore chauds et l'on réunit le liquide qui s'en écoule à celui de la troisième cuite. Enfin, lorsque cette dernière solution est assez concentrée, on la clarifie en y ajoutant peu à peu $1/500$ d'alun en poudre en agitant vivement, et laissant déposer pendant 4 à 5 heures avant de soutirer.

Les trois cuites successives donnent évidemment des colles de qualités différentes; cependant, les colles des deux dernières cuites sont encore supérieures à celles de Givet. Pour préparer les colles de Givet, on ajoute de suite dans la chaudière d'extraction une quantité d'eau suffisante, pour que la solution de la presque totalité de la gélatine contenue dans la colle-matière atteigne, après la cuisson, un degré de concentration suffisant pour se prendre en masse par le refroidissement. On écume la matière graisseuse mêlée de chaux, qui se sépare pendant l'ébullition; on soutire avec précaution le liquide dans la chaudière inférieure, aussitôt que la cuisson est terminée. On clarifie la solution, en y ajoutant $1/650$ de son poids d'alun en poudre, on maintient pendant une heure à l'ébullition, puis on retire le feu, on couvre la chaudière et on laisse reposer le liquide chaud pendant quelques heures, avant de le soutirer dans les moules.

Les moules dans lesquels on reçoit la solution gélatineuse sont ordinairement en bois de sapin, rectangulaires, et ont une forme légèrement pyramidale pour

que l'on puisse facilement en détacher le contenu. Ces moules doivent être maintenus très propres, afin de ne pas altérer la qualité de la colle. On les remplit à ras, à l'aide d'un large entonnoir à fond plat dans l'intérieur duquel on met un petit tamis pour réunir les impuretés de la colle que l'ouvrier verse avec un seau. Les moules sont placés sur un dallage en pierre légèrement incliné vers une cuvette, de manière à pouvoir recueillir la gélatine tombée à côté. L'atelier dans lequel ils sont placés doit être maintenu à une température aussi basse que possible, afin que la colle se prenne plus rapidement en gelée, ce qui a ordinairement lieu au bout de 42 à 48 heures ; on monte ensuite les moules dans les étages supérieurs, disposés en séchoirs à air libre ; on détache les pains de gélatine des moules au moyen d'une grande lame de couteau trempée dans l'eau, et on les renverse sur une table mouillée d'avance avec une éponge. On divise alors les pains en feuilles horizontales au moyen d'un fil de cuivre tendu sur un châssis, et guidé par des règles entaillées à des distances égales à l'épaisseur d'une feuille de colle ; on divise ensuite de la même manière ces premières feuilles en long et en travers, selon les dimensions en surfaces que l'on veut donner aux feuilles de colle. On dispose ensuite ces feuilles sur des filets tendus sur des châssis que l'on place les uns au-dessus des autres à 8 ou 10 centimètres de distance, en les faisant glisser sur des tasseaux en bois, fixés sur des montants verticaux. Pour rendre l'action de l'air plus égale, on a soin de retourner la colle 2 ou 3 fois par jour.

La dessiccation de la colle-forte est une des parties les plus délicates de la fabrication. La température extérieure, l'état de l'atmosphère influent singulièrement sur le produit, surtout pendant les premiers jours. Une température trop élevée ramollit la colle qui passe à travers les mailles, et adhère si fortement aux cordes qu'on est obligé de tremper les filets dans l'eau bouillante pour la retirer. La gelée en condensant l'eau interposée fait fendiller les feuilles, et, dans ce cas, on est presque toujours obligé de refondre la colle. Un orage, l'état électrique de l'atmosphère, suffisent pour faire tourner toute une portée de colle, même celle qui se trouve depuis 2 à 3 jours sur les filets, auquel cas, il y a une perte énorme. Un brouillard, même très léger, si on le laisse s'introduire dans le séchoir, pique la colle, lui ôte de sa valeur, et oblige même souvent à la refondre en totalité ou en partie. Un vent sec et chaud dessèche trop rapidement la colle, et la fait fendiller partout, par suite du retrait qu'elle éprouve. Il faut donc, autant que possible, éviter de travailler par les grandes chaleurs et pendant les grands froids : les saisons les plus favorables sont le printemps et l'automne.

En sortant du séchoir à air libre, la colle conserve encore trop de souplesse pour être livrée au commerce ; on achève sa dessiccation dans une étuve. Enfin, on la lustre en plongeant une à une les feuilles sèches dans un baquet plein d'eau chaude, les frottant vivement avec une brosse humide, et les plaçant au fur et à mesure sur une claie qui est portée à l'étuve ; quelques heures suffisent pour chasser l'eau dont les tablettes ont été mouillées, et on peut alors les mettre en tonneaux et les expédier au loin.

Lorsqu'on veut préparer la colle au moyen des os, on peut employer l'action des acides ou celle de la vapeur, comme nous le décrirons plus en détail à l'article GÉLATINE.

Le premier procédé employé pour la première fois en grand, en 1812, par M. d'Arcet, consiste à traiter les os par de l'acide hydro-chlorique très étendu, qui dissout complètement les sels calcaires (carbonate et phosphate de chaux) qu'ils renferment, et laisse pour résidu le tissu cellulaire qui, tout en conservant la forme primitive de l'os, est devenu transparent et flexible, et

que l'on lave avec soin à l'eau froide pour enlever les dernières traces d'acide ; pour plus de sûreté, on les fait même ordinairement macérer pendant plusieurs jours dans un lait de chaux ou dans une faible solution de carbonate de soude. Les os doivent être préalablement dégraissés en les coupant par morceaux et les faisant bouillir avec de l'eau, enlevant la graisse qui se rassemble à la surface, puis les faisant égoutter. Avant de préparer de la colle-forte avec les os ramollis, il est nécessaire de les faire sécher complètement et de les emmagasiner jusqu'à l'époque la plus convenable à cette fabrication ; sans cela les produits obtenus seraient de moindre qualité, ce qui paraît tenir à la nécessité de laisser à la chaux, que retiennent toujours les os ramollis, le temps de se carbonater. A Bouxvillers, pour convertir en colle-forte les matières desséchées, on les fait bouillir dans des chaudières en cuivre ou mieux en tôle et même en fonte, à l'air libre, à trois reprises différentes, pour que l'épuisement soit plus complet et la dissolution plus concentrée, par la méthode des produits fractionnés que nous avons déjà décrite. La colle-forte ainsi obtenue est d'excellente qualité, et est même supérieure aux colles extraites des peaux d'animaux. On compte en grand qu'on dépense un poids d'acide hydro-chlorique égal à celui des os, et que l'on obtient 22 à 23 p. 100 de colle lorsqu'on a traité des cornillons ou des os de la tête et du crâne, et 14 à 15 p. 100 pour les autres os. Dans les mêmes circonstances le procédé à la vapeur à haute pression qui nous reste à décrire, ne donne que 10 à 15 p. 100 de colle-forte d'assez mauvaise qualité ; malgré cette grande différence, il est le plus généralement employé, ce qui tient d'une part à ce que les fabricants de soude peuvent seuls avoir l'acide hydro-chlorique à bas prix, et de l'autre à ce que les os que l'on obtient en résidu par le dernier procédé peuvent encore servir à la préparation du noir animal.

Ce procédé, inventé par M. d'Arcet en 1817, consiste à exposer à l'action de la vapeur d'eau à la température maximum de 106°, produite dans un générateur isolé, les os concassés et renfermés dans un cylindre en tôle métallique placé dans l'intérieur d'un cylindre en fonte hermétiquement fermé, dans lequel on règle l'arrivée de la vapeur du générateur au moyen d'un robinet qui permet de modérer la température et de faire varier à volonté la durée de l'opération. La vapeur que l'on fait arriver dans les cylindres pénètre les os, expulse la graisse, puis détermine la transformation du tissu cellulaire en gélatine. Celle-ci se dissout immédiatement dans la vapeur condensée et s'écoule au fur et à mesure dans la partie inférieure du cylindre, d'où on la soutire par un robinet. On évapore ensuite rapidement à une température aussi basse que possible, dans des chaudières plates, la solution gélatineuse, jusqu'à ce qu'elle ait atteint un degré de concentration suffisant pour le prendre en masse consistante, on la laisse déposer et on la moule comme à l'ordinaire.

Les colles bien fabriquées sont peu ou point colorées, assez claires, à cassure conchoïde, les bords des feuilles sont un peu ondulés ; plongées dans l'eau froide elles se gonflent beaucoup sans se dissoudre ; on ne peut guère les obtenir que par la méthode des produits fractionnés. Celles obtenues par l'autre méthode sont toujours moins tenaces et plus ou moins solubles dans l'eau. Elles sont quelquefois si mal fabriquées, qu'elles attirent fortement l'humidité de l'air. La colle dite de Paris ou des chapeliers en est un exemple frappant.

D'après M. Dumas, on peut résumer le classement des colles du commerce de la manière suivante, qui rattache étroitement leurs qualités à leurs provenances :

1° Colles-fortes obtenues au moyen des os traités par les acides. Ce sont les meilleures colles ; la grenetine et les colles de Rouen et de Bouxvillers en donnent une idée.

COLORATION DES BOIS.

3° *Colles-fortes provenant de peaux d'animaux sauvages.* Elles sont très bonnes et renferment les bonnes colles de Hollande, de Flandre, la colle anglaise, la colle de Givet, etc.

3° *Colles-fortes provenant de peaux d'animaux domestiques.* Elles sont très faibles; les colles d'Alsace, d'Allemagne et de Paris appartiennent à cette catégorie.

4° *Colles-fortes obtenues des os traités par la vapeur.* Ce sont les plus mauvaises, et elles se dissolvent toutes plus ou moins dans l'eau froide.

Les emplois de la colle-forte sont trop connus pour qu'il nous soit nécessaire de nous y arrêter ici; les qualités supérieures remplacent avec économie la colle de poisson dans la plupart de ses applications.

COLORATION ET CONSERVATION DES BOIS.

Les bois se conservent très longtemps lorsqu'ils ont été abattus dans la saison favorable, lorsque après l'abatage ils ont été mis dans des lieux ni trop secs ni trop humides, et dans des conditions telles, que l'évaporation de la sève et de l'eau qu'ils contiennent a pu se faire lentement et entièrement; enfin, lorsque, après avoir été séchés, ils sont gardés avant comme après leur mise en œuvre dans des endroits où ils ne se trouvent exposés ni à une trop grande sécheresse ni à l'humidité. Nous allons examiner l'une après l'autre chacune de ces propositions.

L'abatage. Plus un bois sera près de l'époque où il aura acquis toute la plénitude de sa force, et passé laquelle il commence à déperir, plus il sera fort et de garde s'il est abattu dans ce moment. Nous ne saurions déterminer pour chaque essence de bois quelle est cette époque, il y a tant d'espèces diverses! et, dans chaque espèce, le climat, le sol, la position, ont des influences si marquées! Nous devons donc renoncer à entrer dans une exploration des individus et des détails, qui ne pourrait être convenablement placée que dans une monographie. Nous dirons seulement que, en général, l'âge des arbres peut être estimé *extérieurement* par leur simple inspection. Si l'écorce est saine et égale dans toutes ses parties, si les feuilles venues de bonne heure au printemps, ne tombent que très tard en automne, si ces feuilles sont abondantes jusque dans les rameaux les plus élevés, si les branches qui sortent du tronc sont rondes, lisses et droites, on peut conjecturer que l'arbre est dans toute sa force, on ayant égard toutefois à la grosseur du tronc, à l'âge de l'arbre, et aux enseignements de l'expérience en cette matière; car, l'âge d'un orme, n'est pas l'âge d'un chêne; celui d'un chêne, n'est pas l'âge d'un peuplier, et ainsi de suite. L'inspection de l'intérieur peut aussi, et plus sûrement peut-être, servir de guide pour l'appréciation du moment opportun de l'abatage; mais il ne faut pas qu'il s'agisse seulement d'un individu, car une fois mis à bas, il serait trop tard pour s'instruire, il faut qu'on ait à s'assurer si une coupe entière peut être faite. Dans ce cas on expérimente sur un sujet, pour s'assurer de l'état des autres. Quand un arbre est abattu et scié transversalement près de la souche, on examine le grain du bois: s'il a peu d'aubier, si le cœur est sain, si les couches annuelles concentriques sont bien visibles et si le tissu ligneux est bien égal, on peut conclure que l'arbre est arrivé à toute sa croissance, et on le peut d'autant mieux, que, dans nos climats, les couches concentriques sont un indice à peu près assuré de l'âge de l'arbre; or en comptant ces couches on aura le nombre des années de l'individu, et en s'en rapportant à l'âge que l'expérience accorde à chaque espèce, on aura une connaissance suffisamment approximative.

En comptant les couches concentriques inscrites dans le cœur de l'arbre, il ne faut faire cas que de celles qui sont bien distancées entre elles. Souvent, lorsque la sève d'automne a été abondante, il s'est formé une couche médullaire étroite, quelquefois partielle et pres-

COLORATION DES BOIS.

que adhérente à la ligne principale, dans le calcul les deux couches ne doivent compter que pour une année, et comme quelques couches sont toujours perdues près de l'écorce dans l'extrême aubier, on peut toujours ajouter quatre ou cinq ans au nombre donné par les couches. Comme une, deux ou trois années de plus ou de moins importent peu dans ce cas, on aura donc toujours une connaissance assez complète de l'âge de l'arbre.

L'abatage doit-il être fait en hiver, en été, en automne ou au printemps? Chaque pays a son opinion; chaque siècle a eu la sienne. La science ne nous dit rien à cet égard; tant de livres ont été faits pour ou contre telle ou telle opinion, que nous estimons qu'il est impossible de rien déterminer d'absolu, de général, en cette importante partie, et que le plus sûr est peut-être de consulter les anciens de la localité, les ouvriers, les bûcherons. Les avis varieront sans doute avec les localités; mais cette variation dans les idées ne devra pas toujours être considérée comme une preuve de l'erreur, mais comme une preuve que les localités, les climats différents, peuvent apporter des modifications dans une même essence de bois. Sans faire part à nos lecteurs de toutes les observations physiologiques qui ont été faites à ce sujet, nous leur dirons seulement que l'opinion de l'abatage en hiver est celle qui a réuni le plus grand nombre d'approbateurs.

Le bois écorcé un an avant l'abatage devient très dur; son aubier acquiert les mêmes propriétés que le bois fait, ce qui augmente d'un sixième environ, pour certaines essences, le produit réel de l'arbre. On remarque aussi que ce bois écorcé, qu'on nomme *pelard* dans les ventes, est plus lourd, plus dur, que le bois sous écorce, et qu'il est moins sujet à être attaqué par les vers; mais nous devons dire qu'il est bien plus sujet à se fendiller, et qu'il se gerce quelquefois à ce point qu'il n'est plus bon qu'au chauffage.

Nous avons personnellement essayé une autre méthode; nous avons été plusieurs arbres à l'endroit de la bifurcation des premières branches, et laissé encore un an ce bois sur pied, et non privé de son écorce; nous avons réussi à avoir d'excellent bois très compacte, très dur, peu ou point sujet à la fente: mais ceci n'est qu'une expérience individuelle, faite seulement sur des arbres fruitiers, et non encore sanctionnée par une longue expérience. Cependant, le succès obtenu nous engage à la consigner ici, afin qu'entrée dans le domaine de l'exploitation publique, elle puisse être répétée, suivie, étendue.

On fera bien, toujours après avoir abattu des arbres, de les ébrancher, de couper de très près le cheveu des racines, et dans cet état de les immerger dans un courant d'eau douce; mais de telle sorte que l'arbre ne soit plongé que jusqu'à la moitié ou même au tiers de la hauteur du tronc, et placé dans une position verticale, ou inclinée sur le bord du talus du fossé. Si les arbres ont été abattus aux approches du printemps, on verra quelques pousses de feuilles lorsque la chaleur de l'atmosphère se fera sentir. Ces feuilles, et même les brindelles qui pourraient croître, seraient un indice qu'on aurait bien opéré. Cette végétation limitée prouve que l'arbre pompe l'eau par les racines coupées, et qu'il se fait à l'intérieur un travail de végétation. Si on laisse les arbres dans cet état pendant l'été, ils ne se fendront pas. Et à l'automne, lorsqu'on les retirera de l'eau et qu'on les abritera contre les rayons du soleil et les atteintes de la pluie, ils sécheront lentement; une grande partie de la sève, qui est essentiellement fermentescible, ce qui est toujours cause de l'échauffement des bois et de la dégénérescence hâtive qui s'y fait remarquer, aura été chassée par l'eau aspirée par les racines, une autre partie se sera dispersée, car la sève est soluble dans l'eau froide. Par ce moyen, d'une exécution très facile, les bois seront d'un bon usage, seront bien moins sujets

à la fente et à la vermoulure ; les gros vers l'attaqueront moins, et ils pourront être conservés jusqu'au printemps suivant, époque où il sera convenable de les écorcer, par les motifs qui seront exprimés plus bas.

Il faut faire bien attention que ce procédé que nous indiquons, et dont l'idée nous a été donnée par les belles expériences de M. *Boucherie*, dont nous dirons quelques mots plus bas, diffère entièrement de l'immersion totale qu'on avait l'habitude de faire dans certains contrées dans les courants d'eau douce. Les bois ainsi plongés étaient envahis de tous côtés par l'eau qui tendait à les pénétrer par les deux bouts, et comme l'effort était le même de chaque côté, l'eau ne pouvait s'introduire dans les pores, la sève s'y trouvait emprisonnée, elle s'y coagulait, s'y corrompait, et occasionnait la corruption du bois, au lieu que dans la position que nous indiquons, la majeure partie de l'arbre étant hors de l'eau, la capillarité du bois et l'absorption de l'air font monter l'eau, qui, quelquefois, lorsqu'il s'agit de bois poreux et lorsque les arbres sont inclinés entre 30 et 40 degrés, exsude par la section des branches.

Séchage. Dès que l'arbre est couché par terre, il convient de l'exhausser au-dessus du sol, quelle que soit la nature de ce sol, en le faisant porter soit sur des chantiers, soit, à leur défaut, sur des pierres. Quelques personnes suivent une marche diamétralement opposée : ils laissent les bois sur terre, les couvrent en partie de sable, s'il s'en trouve à leur portée, ou, à défaut de l'ensablement, amassent la terre et laissent croître les herbes autour du bois ; ils prétendent en agissant de la sorte conserver au bois une fraîcheur qui l'empêche de sécher trop promptement et de se fendiller ; mais en évitant de faire gercer le bois, ils le font s'échauffer, ce qui est un inconvénient bien plus grave, car l'échauffement altère profondément le bois, le dénature, le prive de son ressort, de son liant, de sa fermeté. Il est donc préférable de risquer l'invasion de quelques fissures, et encore en agissant avec prudence on parviendra, dans la majorité des cas, à les éviter.

Les bois couchés horizontalement sur des chantiers, espacés les uns des autres, si on leur a conservé l'écorce, juxta-posés, si ce sont des pelards, ne devront pas être laissés découverts, car les alternatives de la pluie et de la sécheresse, de la rosée et du hâle, de la fraîcheur de la nuit et de la chaleur du jour, leur seraient contraires, et seraient des causes déterminantes de gerce et de fente. Si donc on ne doit faire qu'une assise, il sera prudent de couvrir ces bois de planches ou de joncs, et d'englaiser les pelards ; mais ordinairement on empile les bois, et cette méthode est préférable. Ainsi donc, après avoir fait une assise, dont les brins seront espacés d'un décimètre pour le moins, on mettra une seconde assise croisant la première, et ainsi de suite jusqu'à l'entière élévation de la pile, qu'on terminera par une espèce de toit incliné, en planches, comme le font les menuisiers dans leurs chantiers. Les bois ainsi placés resteront une année à sécher. L'année suivante la dessiccation principale sera faite. Le bois n'a jamais de retrait que sur son diamètre, sa longueur reste en partie invariable ; et comme l'écorce n'est pas aussi sujette que le bois au retrait, il arrivera que son adhérence au bois sera détruite et qu'elle s'enlèvera aisément. On fera donc bien de défaire la pile, d'enlever toutes les écorces qui ne sont plus adhérentes, d'écorcer grossièrement et jusqu'au liber seulement, les bois qui n'auront pas quitté leur écorce, et de refaire la pile en mettant en bas les bois du hant, et *vice versa*, en ayant soin, cette fois, de ne laisser aucun espace entre les morceaux qui devront se toucher ; car ces bois, privés de l'écorce, seront bien plus sujets à se fendre lorsqu'ils seront saisis par le hâle ou chauffés par les rayons du soleil. On les recouvrira de la même manière. En agissant ainsi,

on conservera mieux le bois que par tout autre moyen.

Le conseil que nous donnons d'écorcer les arbres la seconde année, n'a d'autre but que de prévenir l'envahissement des vers, qui sont à craindre surtout pour les bois fruitiers, les bois résineux ; les conifères y sont bien moins assujettis, et on pourra, à leur égard, se dispenser de l'écorcement. Voici ce qui a lieu pour les arbres sujets à l'attaque des vers : les œufs sont déposés à l'automne dans l'écorce des bois empilés, ils éclouent au printemps ; le ver, jeune encore, se nourrit de l'écorce et du liber qu'elle recouvre ; il parcourt de la sorte le bois en tous sens, jusqu'à ce que, parvenu à un certain degré de force, il puisse attaquer le bois lui-même et s'y introduire. Il y cause de grands ravages, car la poussière qu'il laisse après lui s'empare avidement de l'humidité de l'atmosphère et la porte dans le cœur du bois ; des myriades d'autres vers éclouent dans cette poussière qui fermente facilement, et les vers deviennent de la sorte l'un des agents les plus destructeurs. Lorsque les arbres sont écorcés, les œufs qui peuvent être déposés sur le bois nu ne sont jamais à craindre ; car, s'ils éclouent, le ver meurt infailliblement d' inanition sur cette substance dure et lisse, qu'il ne peut attaquer encore, privé qu'il est d'ailleurs du point d'appui que lui prête l'écorce.

Mais comme la dessiccation est bien plus prompte sur les bouts tranchés des arbres empilés, et que l'effet de cette dessiccation est de rétrécir le diamètre de ces bouts en fermant les canaux capillaires, par lesquels l'humidité encore contenue dans le corps de l'arbre se peut évaporer, que cette humidité est cause de fermentation et de pourriture en tenant la sève qui est enfermée dans les canaux nutritifs dans un état liquide qui s'oppose à la coagulation, il convient de scier un peu les bouts de la longueur de deux ou trois centimètres, un peu plus, un peu moins, selon que la dessiccation est plus avancée, afin que les pores étant de nouveau ouverts par cette ablation, l'humidité puisse continuer à se frayer un passage au dehors et que la sève puisse se concréter entièrement.

Lorsqu'il ne s'agit pas de grandes exploitations commerciales, mais seulement de la provision d'un atelier ou d'un ouvrier, on fera bien de rentrer les bois nouvellement abattus et sans écorce sous un hangard, en laissant quelques mois durant la racine, ou la cu-lasse, plongée dans une auge de pierre, ou simplement un baquet rempli d'eau, qu'on aura soin d'alimenter au fur et à mesure qu'elle sera absorbée, les bois étant tenus presque debout appuyés contre les murs. Au bout de quelques mois on cessera d'y mettre de l'eau, et les bois, ainsi maintenus dans une position verticale et à l'ombre, sécheront assez lentement pour ne point se fendre.

Quant à la dessiccation au feu ou à la vapeur, l'expérience n'a pas parlé en sa faveur. Indépendamment de ce qu'elle altère souvent les qualités des bois, en les rendant cassants, en détruisant la coloration naturelle et en nuisant au poli, elle les rend très hygrométriques, qualité qui les fait s'emparer avidement de l'humidité de l'air, et qui les gonfle ou favorise la gerce dans les temps de grande sécheresse. D'ailleurs, les moyens d'exécution qui nécessitent cette opération ne sont pas à la portée de tout le monde, et l'industrie ne retire jamais qu'un médiocre avantage des moyens compliqués.

Dès que les bois sont suffisamment secs, il est sage de les faire de suite débiter dans des proportions un peu plus étendues que celles réclamées par les usages auxquels ils sont destinés, parce qu'alors s'opère l'entière et définitive dessiccation : si ce sont des planches, on a soin de les entasser l'une sur l'autre en piles, afin que leur propre poids les empêche de se gondoler, de se tourmenter ; le plus de bois qu'on a laissé aux morceaux sert à dégauchir et à ramener les pièces à leurs proportions

exactes. Des bois ainsi préparés sont d'un très bon usage; ils ne travaillent plus.

Nous nous sommes à dessein renfermés dans les généralités. Assurément tous les bois ne se comportent point de même pendant le temps de la dessiccation; l'orme, le hêtre et certains arbres fruitiers peuvent être traités avec moins de ménagements; mais il en est d'autres aussi pour lesquels il faudra redoubler d'attention; on conçoit qu'il faudrait passer en revue chaque espèce de bois, et cette revue nous entraînerait beaucoup trop loin; les préceptes généraux que nous avons énoncés, appliqués avec sagacité et prudence, suffiront dans la presque totalité des cas. Nous allons maintenant nous occuper de la coloration de ces mêmes bois.

Coloration. Les bois chers, les bois exotiques ont rarement besoin d'être colorés artificiellement; leurs riches nuances sont un présent de la nature, et ce n'est guère que pour imiter ces nuances sur nos bois indigènes que nos ouvriers ont recours aux couleurs factices. Nous n'entendons nullement parler dans cet article des peintures opaques, quelle que soit la couleur employée pour enduire les bois, surtout ceux qui sont exposés dehors aux intempéries des saisons, et dont on les recouvre plus dans un intérêt de conservation, que dans l'intention de les embellir. Cet art est compris dans celui du peintre en bâtiments, dont les brosses recouvrent indifféremment le bois, le fer, le plâtre. Ce que nous entendons par coloration des bois c'est l'art d'ajouter des tons plus vifs à la teinte naturelle de ces bois, tout en conservant les caprices de leur veinage, de telle sorte que le connaisseur puisse toujours dire, malgré notre coloration: voilà du frêne, voici de l'orme, de l'ébène, etc.

On connaît deux modes de teintures qui n'ont point chacun un nom distinct, mais qui n'en sont pas moins des choses absolument différentes. Le premier et le plus anciennement connu, le moins intéressant de nos jours, est celui qui consiste à donner à certains bois une teinte uniforme, verte, bleue, rose, rouge, jaune, et autres. Les bois ainsi teints servaient dans la marqueterie, dans l'ébénisterie du temps; on produisait par la découpe des pièces, leur placage, leur agencement symétrique, l'opposition des teintes, des effets fort piquants, des rayures agréables, des dessins variés qui n'étaient certes pas dépourvus d'agrément, et qui exigeaient de l'ouvrier chargé de leur exécution beaucoup de goût et d'habileté. La mode, cette souveraine absolue et capricieuse, n'a plus voulu les découpures colorées: il a fallu subir sa loi; mais comme elle est sujette à varier, à retourner en arrière, à reprendre ce qu'elle a pros crit, nous devons dire par quels moyens on donne aux bois ces teintes plates qui faisaient l'ornement des meubles de nos pères. Déjà maintenant on en est revenu à la mosaïque riche, aux découpures; on n'emploie encore que les bois blancs ou foncés, dans leur couleur naturelle, l'ivoire, la nacre, l'écaillé, la baleine, le cuivre, l'argent. On fait mieux et plus beau qu'on ne faisait jadis; mais aussi le prix est plus élevé, et si ce goût persiste, il faudra bien en revenir aux bois teints pour satisfaire aux demandes des consommateurs peu fortunés.

Les bois, si l'on en excepte les bois tendres et poreux, et le poirier cultivé, ne sont jamais entièrement pénétrés par la couleur, lorsqu'ils sont débités en morceaux d'une certaine épaisseur. Avant de les teindre, on doit donc les réduire en planches de l'épaisseur d'un fort placage, c'est-à-dire de deux millimètres environ. Amenés à cette épaisseur restreinte, les bois prenant la couleur en dessus et en dessous en seront facilement traversés, et la teinte n'en sera pas variable, si le rabot ou le grattoir en enlève plus dans un endroit que dans l'autre, comme cela a lieu lorsque le bois n'est que superficiellement coloré.

On doit concevoir que les bois blancs sont seuls susceptibles de recevoir les couleurs tendres, telles que le rose clair, le bleu-ciel, le jaune, le vert-pomme; ainsi donc, les bois à choisir, dans ce cas, seront l'ébène et ses variétés, sycomore, platane et le mûrier. Le houx est rare, on le réserve pour le blanc uni; le peuplier, le marronnier d'Inde sont trop mous; ils prennent cependant bien la teinture ainsi que le bouleau; mais ils sont rarement employés, si ce n'est le marronnier qui s'emploie blanc et dans son état naturel. L'aulne, le frêne, le noyer blanc, le cerisier, le hêtre, certains pommiers, l'alisier jeune et autres bois blanchâtres prendront bien des teintes plus foncées, telles que le rouge, l'orangé, le vert, le bleu; enfin l'orme, le cormier, le noyer d'Auvergne, le prunier, le buis, et autres bois prendront bien des teintes encore plus foncées; quant au noir, il peut être employé sur toute espèce de bois.

On trouve dans tous les ouvrages qu'on a faits sur l'ébénisterie une foule de recettes pour la teinture des bois; ces recettes mises en exécution avec attention et discernement donnent généralement toutes d'assez bons résultats; chaque ouvrier en adopte une qu'il vante à l'exclusion des autres; mais très souvent l'excellence de sa recette n'est due qu'à l'usage journalier qu'il en fait, or on finit par bien faire ce qu'on fait souvent et longtemps. Ne pouvant rapporter ici toutes ces recettes, qui ne sont d'ailleurs plus guère employées, nous nous contenterons d'en donner une seule pour chacune des principales teintes.

Avant de teindre les bois, il faut les soumettre à une opération préparatoire, qui consiste à les tremper dans une dissolution d'alun, ou bien dans un bain d'eau de chaux. Certaines couleurs cependant sont assez pénétrantes pour qu'il soit permis de se dispenser de cette préparation. Lorsqu'ensuite il s'agit de teindre, il y a deux manières d'opérer: la cuve, et le pinceau ou l'éponge. Si les bois ont peu de volume, on les met baigner dans la cuve, ils prennent alors plus facilement la teinture; mais s'ils sont trop grands pour pouvoir entrer dans une cuve, on a recours au pinceau ou à l'éponge: quand les bois sont dans la cuve, il ne faut pas trop pousser le feu, il faut que le bain soit chaud, mais non pas absolument bouillant. Si on teint avec l'éponge ou le pinceau, la couleur doit être tenue plus chaude, parce qu'appliquée sur le bois elle se refroidit toujours assez promptement. Certaines teintures se font à froid, alors on laisse les bois tremper jusqu'à ce qu'il soit entièrement pénétré.

Couleur rouge. C'est la plus usitée; on la fait avec le rocou; on le coupe par morceaux qu'on met dissoudre dans l'eau bouillante, et l'on donne plus ou moins de couches de cette teinture, selon qu'on veut que la couleur soit plus ou moins foncée; le rocou donne une couleur rouge-orangée qui imite fort bien les couleurs naturelles. La garance contient deux matières colorantes: l'une blonde, très soluble à l'eau, l'autre beaucoup moins soluble, qui est d'un beau rouge. La garance ne doit point être portée jusqu'à l'ébullition, car à ce degré de chaleur sa couleur s'altère. Avant de teindre avec la garance, il faut faire tremper le bois pendant quelque temps, une heure ou deux, dans un bain d'acétate d'alumine, et on prépare la solution de garance en mettant un hectogramme de cette racine pulvérisée par litre d'eau, plus ou moins, selon que l'on veut foncer la couleur. On peut, pour rendre la teinture encore plus éclatante, y ajouter un peu d'étain dissous dans l'acide nitrique, avec les précautions qu'on doit prendre en faisant cette dissolution; mais cette addition n'est pas d'une nécessité absolue et la couleur est suffisamment belle sans étain. L'orcanette fournit une teinture très agréable et d'un facile emploi; on en met dans de l'huile de lin chauffée modérément, et lorsque l'huile est bien rouge on l'étend sur ce bois. On en met plusieurs couches si l'on veut une couleur plus foncée, on frotte en-

COLORATION DES BOIS.

suite avec de la ponce broyée, et l'on sèche au tripoli rouge avant de vernir. La terre de Sienna, broyée avec l'huile de lin à froid, et ensuite délayée dans une plus grande quantité d'huile, s'emploie comme l'orcanette et donne les mêmes résultats. L'orseille est soluble dans l'eau qu'elle teint en rouge violet; mais en acidulant l'infusion, on la ramène au rouge vif, il ne faut que chauffer modérément. Un peu de dissolution d'étain rend la couleur belle et brillante; pour employer cette couleur, il faut que le bois ait été préalablement aluné. Le bois de campêche, dans la proportion d'un hectogr. environ, réduit en poudre, par chaque litre d'eau, donne par l'ébullition une couleur rouge d'un ail particulier; les bois doivent infuser dans cette teinture plus ou moins longtemps, selon que l'on veut donner plus ou moins d'intensité à la couleur. Le bois de Brésil est préférable au campêche. On le fait bouillir à l'état de râpure, on réduit en copeaux, pendant 2 heures environ, dans de l'eau mise dans la proportion de : bois, 4, eau, 40; plus ou moins, suivant l'intensité de couleur qu'on veut obtenir. On doit préférer les eaux de puits à l'eau de rivière, et si l'on ne peut avoir que de cette dernière, il est bon d'y ajouter un peu de nitre. La teinture devient pourpre si on y mêle du bois de campêche, et lorsque le bois est teint et qu'il est sec en le mouillant légèrement avec de l'eau dans laquelle on a fait dissoudre de la potasse perlasse, dans la proportion de 4 gram. par litre d'eau; on attendra que cette solution ait produit son effet avant d'en mettre une seconde, car ce ne sera qu'après l'inspection de l'effet produit par la première couche qu'on pourra juger s'il est nécessaire d'en mettre une seconde. Pour que la teinture devienne plus claire, tirant sur le rose, on fera entrer dans la décoction du bois de Brésil, de l'ammoniaque ou de la potasse perlasse, et on laissera le tout infuser 48 heures et même plus, puis on tirera au clair et on fera chauffer jusqu'à ébullition; on l'étendra alors toute chaude sur bois, ou, lorsque cela sera praticable, on plongera le bois dans cette préparation. Lorsque le bois est teint, et avant qu'il soit sec, on le mouille avec une eau alunée. On adoucira, ou l'on foncera la teinte, selon qu'on augmentera ou qu'on diminuera les doses de potasse perlasse, d'ammoniaque ou d'alun. Le bois de Brésil peut servir plusieurs fois avant que toute sa matière colorante soit épuisée. Un bain préparé d'avance, et conservé quinze jours ou un mois, couvert et dans un lieu frais, n'en produira que de plus belles teintures. La décoction du bois de Brésil sans alun produit un rouge-jaune qui n'est pas sans un certain attrait. Le bois de Fernambouc produit à peu près le même effet, et se comporte pour ses préparations comme le bois de Brésil. On emploie encore le bois de Brésil en mettant les pièces à teindre dans un bain de vinaigre pendant 24 heures, ou en humectant plusieurs fois ces pièces avec une éponge pleine de vinaigre. On jette ensuite dans le vinaigre de la râpure de bois de Brésil, jusqu'à ce que la teinte soit arrivée au point voulu; on ajoute de l'alun et on fait bouillir. La potasse et la soude agissent sur le bois de Brésil; elles foncent sa couleur: les acides jaunissent la décoction, et on se sert souvent de cette faculté pour rendre au bois de Brésil, qui aurait passé au clair, toute l'intensité de sa couleur. La chaux employée avec prudence produit le même effet; elle fonce la couleur, et cette couleur ainsi ramenée est bien plus durable. Les autres matières qui servent à teindre les bois en rouge, sont la chaux, pour le merisier, le cerisier, le guignier; on en fait un lait très épais dans lequel on met tremper les pièces, ou on étend ce lait avec l'éponge ou la brosse; la gomme adragante; on la fait dissoudre dans l'essence de térébenthine; on plonge le bois dans la solution et l'on fait chauffer doucement. Après une heure ou une heure et demie l'essence est évaporée; on laisse le bois jusqu'au lendemain sans y toucher, et avant de le polir,

COLORATION DES BOIS.

on le frotte avec un peu d'alcool pour enlever la gomme qui aurait pu rester en excès.

Nous passons sous silence tous les procédés pour imiter la couleur de l'acajou; ce bois est maintenant tellement baissé de prix que la connaissance de ces procédés est à peu près inutile. Ce n'est pas tant la couleur qui platt dans l'acajou, c'est le roncé, le fleuri, et surtout son admirable chatoyement qu'aucune couleur ne peut rendre, que l'art ne peut produire, et d'ailleurs la mode de l'acajou tend à disparaître petit à petit. Nous passerons donc aux autres couleurs.

La teinture bleue se fait soit avec le tournesol, soit avec l'indigo, soit avec le bois de campêche, soit avec une dissolution de cuivre rouge dans l'acide nitrique. Pour préparer le tournesol, on étend une poignée de chaux dans un litre d'eau, puis on ajoute dans cette eau 2 hectogr. de tournesol; on fait bouillir une heure environ, on immerge les bois dans cette préparation, ou on les frotte à l'éponge ou à la brosse, si l'immersion n'est pas praticable. Quant à l'indigo, on le broie le plus fin possible, on expose à une chaleur douce, au soleil. On met l'indigo peu à peu, jusqu'à consistance de bouillie, on malaxe et on soumet le vaisseau qui contient la couleur à une chaleur d'eau-bouillante pendant 2 ou 3 heures; on retire du feu, et lorsque le mélange est refroidi, on ajoute autant de potasse bien sèche qu'il y a d'indigo ($\frac{1}{8}$ de la quantité d'acide sulfurique), on mêle bien cette potasse et on laisse reposer 24 heures. Dans cet état, elle serait beaucoup trop foncée, aussi pour l'employer est-on obligé de l'étendre d'eau, afin de l'amener à la nuance voulue. Cette teinture ne pénètre le bois que fort lentement, aussi devra-t-on laisser le bois soumis longtemps à son action. La teinture par le bois de campêche est également très lente dans son action, il faut laisser les bois plusieurs jours dans le bain pour qu'ils en soient pénétrés. On met 2 hectogr., ou 2 hectogram. $\frac{1}{2}$ de râpure de bois par litre d'eau, avec un peu d'oxyde de cuivre, et on laisse bouillir le tout pendant une heure environ. La dissolution de cuivre se fait de deux manières, et, selon qu'on a opéré, on a une teinture verte ou une teinture bleue. On met de l'acide nitrique pur dans un vase, et on jette dedans par très petites pincées de la limaille de cuivre rouge; lorsque l'ébullition est commencée, on éteint avec de l'eau. Le cuivre finit par se dissoudre dans cet acide étendu. On peut aussi étendre d'abord l'acide, puis y mettre le cuivre. Dans tous les cas, il est bon d'agir en plein air, car il se dégage des vapeurs abondantes. Quand la dissolution s'est faite avec une forte effervescence, on ajoute l'eau nécessaire pour ramener à la teinte qu'on veut produire. En général une eau très peu teintée suffit pour colorer très foncé; on ne doit pas craindre d'étendre la dissolution.

La teinture en jaune se fait soit avec la gaude, soit avec les grains d'Avignon, soit avec le curcuma, et aussi avec chacune des substances dont les noms suivent: le bois jaune, le fustet, le quercitron, la gomme gutte, le racou. On fait simplement une décoction d'une ou plusieurs de ces substances, et l'on met infuser dans cette décoction les bois qu'on veut teindre. On donne du ton à la couleur produite par la gaude en mettant dans le bain un peu de soude ou d'oxyde de cuivre; dans la décoction de bois jaune, il faut mettre un peu de colle forte, ou même simplement des rognures de peau de gants. Quant au racou, on le fait bouillir pendant un quart d'heure avec une quantité égale de bonne potasse. On obtient aussi la couleur jaune avec la gomme-gutte dissoute dans l'essence de térébenthine, surtout si on opère sur le platane; le curcuma se prépare avec l'alcool, on en met 60 gr. dans un litre d'esprit; on rendra ce jaune orangé en ajoutant à la dissolution un peu de sang-dragon. Nous ne donnons pas l'historique de ces substances qu'on trouve toutes préparées dans le com-

COLORATION DES BOIS.

merce; ou variera l'intensité des teintes en les combinant entre elles.

La couleur verte se fait avec l'oxyde de cuivre, dont nous ayons parlé, ou avec le vert-de-gris concret. Dans ce dernier cas, on le broie très fin, on le met dissoudre dans du vinaigre de bois très fort; on y ajoute 60 gr. de sulfate de fer, et l'on fait bouillir le tout un quart d'heure, dans 2 litres d'eau. Les ébénistes font ordinairement leur teinture verte en teignant d'abord en bleu, et en ajoutant ensuite un lavage d'épine-vinette, ou bien en remplaçant l'épine-vinette par la gaude, dont on met plus ou moins, selon que l'on veut que le vert soit plus ou moins foncé.

Le violet s'obtient par une décoction de bois de camipèche dans laquelle on mêle de l'alun, ou en teignant d'abord le bois rouge clair, et le plongeant ensuite dans un bain de tournesol ou d'autre bleu clair.

Toutes les fois que cela sera possible, il faudra préférer le bain froid au bain chaud, les couleurs sont plus belles; mais beaucoup de préparations exigent un bain chaud; on fera donc bien, toutes les fois que deux moyens se présenteront, l'un à chaud, l'autre à froid, de choisir ce dernier.

Teinture noire. Noix de galle concassée, en poids, 45 parties; bois d'Inde, 4 p.; vert-de-gris, 2 p.; sulfate de fer, 4 p., qu'on fait bouillir ensemble dans une quantité suffisante d'eau. On connaît plus de quarante recettes pour la teinture en noir, celle-ci peut suffire. Si le bois n'était pas assez noir après une première couche, on en mettrait une seconde, et même une troisième, si cela était nécessaire.

Nous nous contenterons de ce qui précède. Cette méthode de teindre ainsi les bois ne produit pas des effets aussi agréables que la seconde méthode, dont nous allons nous occuper.

Il ne s'agit plus maintenant de colorer le bois avec des matières colorantes; mais seulement de faire ressortir ou de varier les couleurs naturelles, à l'aide d'acides incolores, ou très faiblement colorés, par le fer ou par le cuivre. Dans cette autre méthode, le bois n'est plus uniformément teinté: ce sont les accidents de son veinage qui font naître les accidents de couleur, qui laissent ici des clairs où la teinte de bois apparaît nue, pour faire contraste avec des teintes foncées produites seulement par un changement de direction dans la fibre ligneuse. Aussi tous les bois ne seront pas indifféremment appelés à être embellis par cette méthode, il faudra faire un choix intelligent, non seulement des espèces de bois, mais encore des individus dans chaque espèce, et dans chaque individu, de telle ou telle partie. Le hêtre, le noyer, le peuplier, et en général tous les bois unis seront impropres à être embellis par ce moyen, qui n'est applicable qu'aux loupes, qu'aux racines, qu'aux endroits où les fourches des mères branches amènent des épanchements de la sève, des déviations de la fibre ligneuse, des contournements, des entrelacements. Les bois les mieux appropriés sont: le frêne, l'orme, l'aulne, l'ébène, le sycamore, le châtaignier, le buis, l'if, certaines parties des chênes centenaires, quelques fruitiers. Ici nous n'avons plus besoin de grands vases, de feu, de chaudières, de grands appareils, mais seulement de petites bouteilles; car les principes que nous emploierons désormais sont très actifs, et il n'en faudra que des quantités très minimes pour produire beaucoup d'effet. Ces principes seront du vinaigre et de l'eau forte: le vinaigre pour faire l'acétate de fer, l'acide nitrique pour faire des solutions de cuivre. Les effets que nous obtiendrons seront produits par cette faculté que tous les bois possèdent d'être fort peu perméables lorsqu'ils présentent le fil, d'être au contraire très spongieux, lorsqu'ils présentent leur bout. Toutes les fois que dans un bois quelconque, dressé au rabot ou autrement, il se rencontrera des surfaces où le

COLORATION DES BOIS.

fil soit alternativement uni ou tranché, on sera sûr d'obtenir des effets de couleur et de lumière très variés; l'acide ne pouvant s'introduire et produire son effet que dans les places où il trouve le bois tranché, et pénétrant d'autant plus que les fibres seront tranchées, c'est-à-dire dans une position se rapprochant plus ou moins de la perpendiculaire au fil uni. Il n'est donc point nécessaire d'essayer le bois à l'avance; à la première inspection, un œil exercé reconnaîtra si un bois est propre ou non à être soumis à l'action des acides.

On prépare l'acétate de fer à plusieurs degrés de saturation, et voici comment il faut faire: on prend de la boue de meule de taillandier, la plus fraîche possible; celle qui se trouve au fond de l'eau est préférable; celle desséchée, et par conséquent jaunée par la rouille, n'aurait plus la même vertu, ou ne serait propre qu'à produire des teintes qui ne sont pas celles dont nous devons d'abord nous occuper. La bonne boue de meule doit être verte, cendrée; on la fera bien égoutter, puis on la mettra dans une jatte ou petite terrine, au tiers de sa capacité, et l'on versera dessus du fort vinaigre, de manière à ce qu'il recouvre la boue de meule d'un ou 2 centimètres; on laissera ce mélange sans l'agiter. L'ébullition plus ou moins hâtive, selon la force du vinaigre, aura lieu et se manifestera par une écume verdâtre qui couvrira le vinaigre; on décantera avec soin ce vinaigre qu'on mettra dans une fiole qu'on bouchera soigneusement. Cette préparation, notée n° 1, servira sur certains bois à colorer en vert. On versera de nouveau du vinaigre dans la terrine, en même qualité, on pourra malaxer un peu la boue de meule et on laissera le mélange plus longtemps, toute une nuit, et le lendemain on décantera le vinaigre qu'on versera dans une autre fiole, cotée n° 2. Cette seconde préparation donnera dans l'emploi une teinte plus foncée que la première et colorera en brun. Enfin on pourra remettre encore du vinaigre sur la même boue de meule, en y joignant un peu de sel de cuisine et aussi un peu d'acide nitrique. Cette fois on abandonnera la terrine sur une fenêtre, ou dans un grenier, en ayant soin seulement de la couvrir d'une planche pour que la poussière ne se mêle pas au vinaigre; on laissera le tout sécher. Quand on découvrira la terrine, on trouvera les parois et la boue de meule couvertes de orofites jaune-rouge, qu'on détachera des parois, et on versera de nouveau du vinaigre qu'on laissera réduire un peu, puis on décantera dans une 3^e fiole, cotée n° 3: cette troisième liqueur servira à donner des tons très bruns, roux foncés, qu'on avivra encore en répandant sur les jours une légère décoction de bois d'Inde, lorsqu'il s'agira de loupes de bois.

Quant à l'oxyde de cuivre, il se prépare comme nous l'avons dit plus haut; mais dans le cas qui nous occupe, il doit être encore plus étendu d'eau, de manière à ce que la dissolution soit à peine colorée, en vert ou en bleu.

Avec les trois fioles dont nous venons de parler, on variera les teintes jusqu'à l'infini, soit en les mêlant entre elles dans des proportions diverses, soit en amortissant leur action avec de l'eau ou du vinaigre; il ne faut que trois fioles d'acétate, contenant chacune 3 ou 4 décilitres, pour suffire à un grand atelier pendant plus d'une année, tant il en faut mettre peu pour produire beaucoup d'effet: moins les teintes seront foncées plus elles seront belles. Cette teinture entre assez profondément dans le bois pour qu'on puisse le poncer et le polir après qu'elle a été déposée; elle s'applique tousjours à froid, et ces effets seront différents entre eux, non seulement suivant les essences de bois, mais encore sur une même espèce, selon qu'il y a plus ou moins longtemps que le bois est abattu. Il ne nous reste plus maintenant qu'à jeter un coup d'œil rapide sur les belles et récentes expériences de M. Boucherie.

On a toujours pensé que l'on parviendrait à rendre les bois inaltérables, si l'on pouvait faire pénétrer dans leurs pores certaines substances dont l'effet serait de combattre les causes de détérioration qui hâtent plus ou moins leur décomposition. Pour obvier à l'inconvénient des vers, on voulait les saturer de sels ou de composés métalliques ; pour s'opposer à la gerce on s'efforçait de leur faire absorber de l'huile ou des résines, etc., etc., pour les dégager de la sève et des autres parties extractives sujettes à la fermentation on les plongeait dans l'eau ; mais on n'arrivait jamais qu'à des résultats très peu satisfaisants, parce qu'une idée très simple n'était encore venue à personne. Cette idée, M. Boucherie l'a conçue ; rien de plus vulgaire cependant : *Faire entrer par un bout et sortir par l'autre*. Quand on voulait faire entrer dans le bois du sel marin on plongeait le bois dans l'eau de mer. Qu'arrivait-il ? L'eau faisait effort par les deux bouts, mais il ne s'établissait pas de courant, l'eau n'entraît pas, et la sève loin d'être chassée, restait emprisonnée dans le bois, et ne se dissolvait que petit à petit, et après un temps si long que le bois lui-même était altéré par son séjour dans l'eau prolongé bien au-delà de ce qu'il aurait fallu. Cette idée de faire passer un liquide quelconque à travers le bois, comme à travers un tuyau, n'est même pas venue de suite au docteur à qui nous le devons. C'est en anatomiste qu'il a d'abord opéré, c'est sur la nature vivante qu'il a fait ses premiers et heureux essais. Il a fait opérer à des arbres sur pied, des liquides divers introduits dans le tronc, et ses liquides se sont répandus dans tous les canaux, et sont montés jusqu'aux derniers rameaux, jusque dans les feuilles, et ont pu déposer dans les fibres du bois les parties colorantes auxquelles elles servaient de véhicule. Mais notre mission n'est pas de suivre pas à pas l'histoire de cette belle découverte, nos lecteurs connaissent les rapports faits aux académies et aux sociétés savantes ; ils ont vu des échantillons admirablement bien colorés exposés à tous les regards dans les solennités de l'industrie nationale ; nous devons seulement nous livrer à l'appréciation de ces faits, pour ce qui concerne l'objet qui nous occupe, la *conservation* et la *coloration* des bois.

Relativement à la *conservation*, nous pensons que la question ne pourra être jugée en dernier ressort que pour l'avenir : c'est au temps seul qu'il faut s'en rapporter. On présume bien que le moyen sera bon ; mais on ne peut encore que présumer : toutes les probabilités sont en faveur de la découverte de M. Boucherie : mais ce ne sont toujours que des probabilités. Quant à la prompte dessiccation qui permet d'employer le bois très peu de temps après l'abattage sans qu'il se gondole ou se tourmente, c'est un fait qui semble acquis, et qui est de la plus haute importance.

Relativement à la *coloration*, la question est résolue, le temps ici n'a que faire ; la lumière pourra bien affaiblir certaines teintes ; mais d'autres résisteront, et aucun doute n'est permis sur la réussite. Cette méthode permet de faire ce qu'on n'avait jamais fait, et de faire mieux ce qu'on faisait. Il ne reste plus qu'à multiplier les essais : c'est ce que nous avons oru devoir faire, et nous invitons les personnes qui seront à même d'en faire autant de travailler aussi de leur côté ; à force de tenter sur des substances diverses, en suivant la route ouverte par M. Boucherie, on arrivera infailliblement à trouver de belles et bonnes choses. Le principe sera certainement fécondé, la base étant solide. L'édifice ne peut manquer de s'élever.

Mais comme un simple particulier possède rarement ces grands moyens d'actions dont les établissements publics peuvent disposer, comme il serait possible qu'un ami du progrès désirât répéter les expériences, plutôt dans l'intention de se rendre utile aux industriels en agrandissant le cercle de leurs connaissances et de leurs

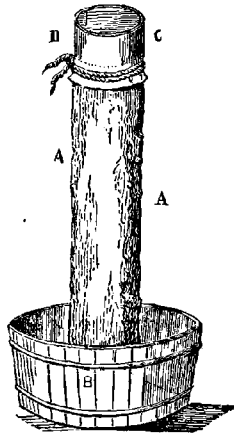
ressources, que dans celle de faire par lui-même et à son profit l'application des procédés que le hasard aura pu lui faire rencontrer ; nous devons simplifier sa besogne en lui faisant part des moyens que nous avons employés pour faire passer les liquides à travers les bois, et aussi lui dire à quelles préparations nous avons eu recours, afin qu'il ne perde pas un temps précieux à essayer de nouveau, ce que nous avons inutilement essayé. Nous n'avons encore fait que peu de choses ; mais la connaissance de ce peu que nous avons fait pourra être utile.

Nous devons prévenir d'abord le lecteur que nous n'avons eu la possibilité d'agir que sur des bois d'un diamètre restreint (2 décimètres à 2 décimètres $\frac{1}{2}$), et abattus six ou huit mois avant nos essais. L'inspection des loupes fera reconnaître que ces sortes de bois sont impropres à être soumis aux expériences. Dans les loupes, le fil est tellement contrarié, mêlé, qu'il n'est guère possible d'imaginer que le liquide puisse en suivre les sinuosités ; et, cela fût-il possible, on ne pourrait encore se flatter de réussir, puisque le fil revient presque toujours sur ses pas, et ramènerait très souvent le liquide à la surface de départ. D'ailleurs, ces extravasements de sève, ces superfétations ligneuses qu'on nomme loupes, forment un bois très serré, et d'une nature toute différente que le bois de l'arbre sur lequel elles végètent. On ne devra opérer que sur des bois à fil direct, ou à peu près direct. Le chêne se présente d'abord ; mais, si l'on en excepte le chêne des Vosges, dit *chêne de Hollande*, dont le grain est serré, le chêne n'est pas un bois d'un emploi commode en ébénisterie et au tour. Fût-il agréablement coloré, son grain grossier, ses pores ouverts et apparents, son fil chanvreux, ne le feraient jamais beaucoup rechercher ; le hêtre, le noyer, et surtout le noyer blanc, semblent attendre la couleur pour devenir des bois précieux ; il en est de même de l'alisier, le meilleur de tous les bois de tour, de l'érable, du platane, qui se travaillent si bien au rabot ; et qui deviendront des bois recherchés si on peut leur donner artificiellement ce que la nature leur a refusé : la couleur. C'est donc sur ces bois, et quelques autres semblables, que doivent être dirigés les efforts des expérimentateurs.

On prendra un rondin bien sain, d'un bois nouvellement abattu, scié carrément, par les deux bouts, et autant que possible encore recouvert de son écorce ; on le posera dans une position verticale et on enroulera autour de l'un de ses bouts une large bande de cuir qui devra faire au moins deux fois le tour du rondin ; pour que cette bande s'applique bien parfaitement sur l'écorce du bois, qui n'offre pas toujours un cercle régulier, on aura soin de la mouiller à l'avance, afin de la rendre très souple ; puis, avec une bonne corde, on la serrera fortement sur le bois de manière à produire un étranglement. Si on a bien serré la corde, sur la peau, elle adhèrera tellement à l'écorce que l'eau ne pourra passer entre cette bande et le bois. Si quelque irrégularité dans l'écorce laissait un passage à l'eau, on boucherait cette issue, soit avec de l'argile grasse, soit avec de la cire, soit avec une cheville de bois ajustée. Toute la partie de la bande de cuir qui dépassera le bois formera une espèce de gobelet, dont le bois debout formera le fond. On posera alors ce rondin, soit dans une auge en pierre, soit dans un baquet, ou tout autre vase pouvant contenir l'eau et supporter le poids de l'arbre, dans une situation verticale ou à peu près, puis on remplira d'eau le gobelet formé par l'excédant de la bande de cuir. Une figure fera de suite comprendre ce que notre description pourrait avoir d'obscur. Soit A (fig. 555), le morceau de bois dont on veut extraire la sève ; on pourra le mettre debout centre un mur dans une cour, à l'ombre, et, si l'on ne tient pas à examiner les liquides qui en seront extraits, le faire reposer sur le sol

COLORATION DES BOIS.

même; mais si l'on tient à conserver ces mêmes liquides, soit pour en faire l'analyse, soit pour les faire passer une seconde fois, on placera sous ce bois A, une terrine, ou une augette en pierre, ou même simplement, comme nous l'avons représenté dans la figure 555, en B, un baquet dans lequel les liquides seront conservés; en C, on voit la bande de cuir, amincie par un bout, afin qu'elle ferme bien, serrée fortement par la corde D. Les choses ainsi disposées on remplira d'eau l'excipient C,



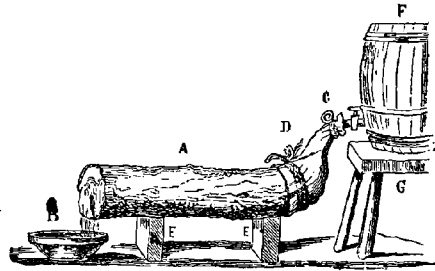
555.

et au fur et à mesure que cette eau descendra dans le bois, ou remplira l'espace vide. Cette eau pesant sur la sève la chassera devant elle, et on la trouvera répandue dans le baquet; assez ordinairement, c'est un liquide épais, verdâtre, glutineux. Quand toute la sève est expulsée, l'eau apparaît pure et limpide; on la laisse couler entièrement, puis on verse dans l'excipient la liqueur dont on veut que le bois soit pénétré. Si on opère seulement dans la vue de conserver le bois, on le saturera d'huile, ou de gommés et de résines dissoutes, soit dans l'alcool, soit dans les huiles essentielles; de solution de pyrolignite de fer, etc., selon le degré de foi qu'on pourra avoir dans ces moyens de conservation. Comme nous ne sommes pas, par nous-mêmes, très persuadés encore que ces moyens soient aptes à conserver le bois, nous nous gardons bien d'influencer en rien l'opinion des expérimentateurs. Notre but est tout simplement de leur indiquer la marche à suivre, ou, pour être plus conséquents, la marche que nous avons suivie. Si la coloration est le but qu'on se propose d'atteindre, on versera les mixtions aussitôt après le passage de l'eau pure et même avant qu'elle soit entièrement sortie du bois. Nous avons essayé l'indigo, le carmin, le bleu de Prusse, les terres d'Italie, etc., etc., délayées dans l'eau, nous n'avons nullement réussi, la matière colorante restait sur le bois, l'eau passait claire, le bois agissait comme un filtre. Le vin très coloré a produit de meilleurs effets, mais pas aussi sensibles que nous l'avions espéré; il nous aurait fallu du gros-noir, nous n'avons pu nous en procurer. Sur l'alisier, les jus de mûres noires et de guignes, ont produit une couleur vineuse assez agréable, et nous devons dire que le bois que nous avons soumis à cette épreuve, encore bien qu'il fût encore très nouvellement abattu, ayant été moulu sur le tour, et façonné en boîtes, fermant par des couvercles à pression, ne s'est nullement déformé, et que les fermetures sont restées exactes; faits qui viendraient à l'appui de l'opinion de ceux qui pensent que l'opération contribue à la conservation des bois.

Sur d'autres rondins, nous avons remplacé la bande de cuir par une grande douille en fer, limée par le bas en couteau circulaire; quelques coups de masse, donnés sur le dessus de cette douille, suffisaient pour la faire entrer assez avant dans le bout des bois, pour qu'elle retint l'eau et les autres liquides. Enfin, nous avons rendus coupants des bouts de canon de fusil, longs de quatre diamètres environ; et nous avons planté dans le bout supérieur d'un bois debout fût ou dix de ces tu-

COLORATION DES BOIS.

bes, que nous avons remplis jusqu'au haut, de liquides divers, ayant chacun une teinte particulière; l'effet produit a été le même, quelques-uns des liquides ont passé sans se confondre avec les autres; quelques liquides se sont confondus et ont formé les nuances appartenant à leur mélange. On peut encore, ainsi que nous l'avons expérimenté, lorsqu'on peut perdre un peu de bois, se contenter de forer le bois avec des tarières ou des mèches, plus ou moins grosses, et vidér les liquides dans ces trous; ils traverseront de même toute la longueur du rondin en ligne à peu près directe.



556.

La fig. 556 représente un autre mode, qu'on pourra employer lorsque les bois seront très longs, et qu'il serait difficile de les tenir dans une position verticale. Les mêmes lettres de renvoi sont appliquées aux mêmes objets. Comme on le voit, l'arbre A est courbé sur les chantiers E qu'on pourra tenir plus gros qu'ils ne sont indiqués; afin que l'arbre soit élevé plus haut et que le vase B puisse être plus profond et ait une plus grande capacité. La chaussure en cuir C doit être cousue au fil poissé, comme les tuyaux des pompes à incendie, ou bien être faite en toile imperméable: elle sera solidement attachée après la cannelle du tonneau F qu'on remplira d'eau, ou des préparations qu'on voudra faire entrer dans l'arbre. Ce tonneau sera supporté par un trépied G; plus il sera élevé, plus l'eau aura de force pour pénétrer dans le bois. Il est bien entendu que le tonneau F sera découvert, afin que la pression de l'air agisse sur l'eau; ce procédé est toujours le même mais il permet d'opérer sur une plus grande échelle.

On trouve dans la nature des bois accidentellement colorés des nuances qui, bien certainement, n'appartiennent pas à l'arbre lui-même, puisque ces nuances ne se retrouvent pas dans les autres individus de la même espèce. Il n'a fallu souvent que des clous plantés dans des ifs, soit pour attacher les cordes à tendre le linge, soit pour tout autre motif, pour teindre en violet, de grands espaces dans le bois; car il arrive presque toujours que dans ces bois, richement, mais accidentellement colorés, on retrouve des clous qui ont été plantés, l'arbre étant jeune, et que les courbes ligneuses ont ensuite recouverts et enfermés dans le cœur du bois. Il en est de même du plomb que les chasseurs lancent dans les arbres des forêts. Lorsqu'on rencontre des morceaux dans lesquels le plomb a pénétré durant la vie du sujet, on remarque une teinte toute différente dans le bois, et qui se répand bien loin de l'endroit où le plomb a été enfermé; et cet effet a lieu probablement, parce que les métaux, garantis du contact de l'air par le bois dont ils sont recouverts; mais sans cesse baignés par les courants ascendants ou descendants de la sève, subissent une espèce de digestion qui les décompose suivant un mode particulier, et que leurs molécules entraînées au loin dans les canaux médullaires y déposent leurs parties colorantes, ou du moins y occasionnent ces change-

ments de couleur qu'on ne peut guère expliquer autrement. C'est donc en employant ces métaux, en faisant pénétrer des dissolutions métalliques dans les bois, qu'on obtiendra très probablement les plus belles teintes, les couleurs les plus durables. Les couleurs que nous avons obtenues à l'aide des végétaux n'étaient pas aussi belles, étaient fugaces, devenaient ternes et grises, et étaient sensiblement altérées par le poli à l'huile. Il fallait pour qu'elles se conservassent belles un emploi immédiat, et que le vernis s'opposât à l'effet que l'air exerce sur elles. La très importante découverte de M. Boucherie amènera une heureuse révolution dans cette branche d'industrie ; mais il ne faut attendre que le même homme se charge à lui seul de tout le poids des expériences et des essais ; il faut que les travailleurs de toutes les classes, et de tous les degrés d'instruction lui viennent en aide, et s'efforcent par un concours actif de payer la dette de reconnaissance que le pays a contracté envers lui.

Nous avons cru devoir terminer cet article par la description du moyen employé par M. Boucherie, pour faire passer dans un arbre vivant les liquides que la vie végétative permet de faire parvenir dans toutes les par-

tielles de l'arbre, et le liquide contenu dans le tonneau se répand dans l'intérieur du renflement, et environne ainsi l'arbre dans tout son pourtour. Au fur et à mesure qu'il est absorbé par l'incision circulaire, le tonneau en fournit de nouveau, et lorsque le niveau baisse dans ce tonneau, on peut y ajouter une nouvelle quantité de liquide par la bonde restée ouverte. On pourra de la sorte alimenter l'arbre jusqu'à ce qu'il ne veuille plus rien prendre. PAULIN DESORMEAUX.

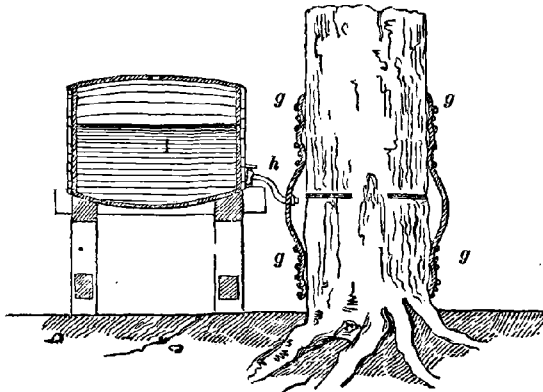
COLZA. Plante oléagineuse de la famille des crucifères, cultivée en Belgique et dans le nord de la France, dont la graine donne par expression une huile principalement employée pour l'éclairage.

COMBUSTIBLES. COMBUSTION. La combustion, dans le langage des chimistes de l'école de Lavoisier, consistait dans la combinaison des corps avec l'oxygène. On croyait à cette époque que ces combinaisons étaient les seules qui pussent développer de la lumière et de la chaleur et l'on appelait *corps combustibles* les corps susceptibles de se combiner avec l'oxygène.

On a reconnu depuis que beaucoup d'actions chimiques, autres que la combinaison des corps avec l'oxygène, pouvaient produire de la chaleur et de la lumière, et que les phénomènes de combustion, tels que les envisageait Lavoisier, n'étaient qu'un cas particulier des phénomènes calorifiques qui accompagnent la combinaison.

Dans le langage ordinaire, le mot *combustibles* s'applique exclusivement à une classe de corps qu'on utilise pour produire de la chaleur ou de la lumière, en les brûlant par l'oxygène atmosphérique. Tous renferment beaucoup de carbone et des quantités d'hydrogène, d'oxygène et d'azote variables avec la nature du combustible.

On utilise les combustibles à l'état solide, liquide ou gazeux. Les combustibles liquides sont spécialement consacrés à l'éclairage. Les combustibles gazeux servent, suivant leur nature, à produire de la lumière ou de la chaleur. Ils résultent toujours d'une transformation préalable, partielle ou totale, des combustibles solides ou liquides en gaz. Nous ne nous occuperons ici que des combustibles employés pour produire de la chaleur. On trouvera à l'article ÉCLAIRAGE



557.

ties de l'arbre. La fig. 557 est destinée à faire comprendre ce moyen très simple.

On pratique à l'arbre deux incisions semi-circulaires de l'écorce, puis on recouvre ces incisions d'une bande de cuir ou en plomb, faisant tout le tour de l'arbre, et croisée sur elle-même par les extrémités, afin que le liquide ne puisse s'épancher. On cloue cette bande sur l'arbre par le bas ; puis en appuyant sur la partie supérieure, et la refoulant, on la contraint à se replier sur elle-même et à prendre une courbure qui imite celle qu'on nomme le ventre d'un tonneau ; par ce moyen il se trouve entre l'arbre et la bande, à l'endroit de l'incision, un vide que plus tard on remplira de liquide. Cette bande est vue en coupe dans la fig. 557, et de côté g, g, g, aux points où se trouvent les rangées de clous enfoncés dans l'arbre qui la font adhérer parfaitement, et de manière à ce qu'il ne puisse y avoir déperdition de liquide.

Les choses ainsi préparées on approche de l'arbre un tonneau rempli de liquide I, débordé par dessus, afin que la prise d'air se fasse librement. Ce tonneau, vu en coupe dans la figure, est supporté par un châssis qui tient son niveau inférieur plus ou moins élevé au-dessus du renflement de la bande g, avec lequel il est mis en communication au moyen de la cannelure h, entrant dans un trou ménagé à l'avance dans la bande g, et luté de manière à ce que le liquide ne puisse s'échapper ; on

tout ce qui a rapport aux corps spécialement employés à la production de la lumière.

Les matières premières combustibles sont le bois, la tourbe et les divers combustibles fossiles. En soumettant ces matières à une chaleur convenable, on obtient un autre produit qui renferme beaucoup moins d'hydrogène, d'oxygène et d'azote que le combustible primitif, et qui porte, suivant la nature de ce dernier, le nom de *charbon de bois*, de *charbon de tourbe* ou de *coke*. Les procédés à l'aide desquels on obtient ces produits ont été décrits à l'article CARBONISATION.

Nous nous occuperons successivement dans cet article : 1° de l'évaluation de la chaleur produite par la combustion ; 2° de la composition et des propriétés des divers combustibles ; 3° de l'emploi des combustibles dans les fourneaux et de leur transformation en gaz.

I. — DE LA CHALEUR PRODUITE PAR LA COMBUSTION. On nomme *unité de chaleur* ou *calorie*, la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1° la température de 1 kilogr. d'eau à 0°.

On admet, bien que cela ne soit pas rigoureusement exact, que la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température d'un poids P d'eau, du degré T au degré T' est représentée par P (T' - T). Ainsi pour élever 7 kilogr. d'eau de 15 à 20° il faudrait 7 × (20 - 15) ou 35 unités de chaleur. Cela posé, la puissance calorifique d'un combustible sera représentée par le nombre

COMBUSTIBLES.

de chaleur produites par la combustion complète de 1 kilogr. de cette matière.

Les premiers essais pour déterminer la puissance calorifique des combustibles sont dus à Rumford. Lavoisier et Laplace, et en dernier lieu MM. Despretz et Dulong, ont fait de nombreuses expériences sur cette question. Les instruments dont on se sert pour déterminer la puissance calorifique portent le nom de calorimètres. Il y en a de différentes sortes, qu'on trouve décrites dans tous les traités de physique. Le calorimètre de Lavoisier et Laplace était disposé de manière à pouvoir mesurer la quantité de glace fondue par un poids connu du combustible. Comme on sait que 1 kilogr. de glace à 0° exige 78 unités de chaleur pour produire 1 kilogr. d'eau à 0°, il est facile de connaître la chaleur dégagée par la combustion. Dans le procédé de Rumford employé et perfectionné par MM. Despretz et Dulong, les produits de la combustion se défont de toute leur chaleur en circulant dans un serpentifon autour d'une masse d'eau dont le poids est connu et dont l'échauffement thermométrique permet de mesurer la quantité de chaleur dégagée.

Lorsqu'on n'a besoin que d'une approximation, et que l'on connaît la valeur calorifique d'un premier combustible, on peut déterminer celle d'un second, en brûlant des poids égaux de ces deux combustibles dans le même foyer et en comparant les accroissements de température acquis dans les deux cas par le même poids d'eau. Mais ce mode de comparaison manque de précision, parce que deux combustibles différents, brûlés dans le même foyer, ne cèdent pas à la matière à chauffer la même fraction de la chaleur développée par leur combustion.

Plus un combustible renferme de carbone et d'hydrogène, plus sa valeur calorifique est considérable. Celle de ces deux éléments a été déterminée par plusieurs observateurs, et en dernier lieu par Dulong. Voici les nombres trouvés par cet illustre physicien pour le carbone, l'hydrogène et quelques autres gaz combustibles :

	p. 1 litre de vapeur.	p. 1 kilogr.
Carbone.	7 calories, 858	7224
Hydrogène.	3, 430	34995
Hydrogène protocarboné (gaz des marais).	9, 560	44900
Hydrogène bicarboné (gaz oléfiant).	15, 300	42170
Oxyde de carbone.	3, 430	2500

M. Welter avait posé en principe que tous les combustibles dégageraient la même quantité absolue de chaleur lorsqu'ils se combinaient avec la même quantité d'oxygène, ou, en d'autres termes, que la chaleur dégagée était proportionnelle à la quantité d'oxygène entrée en combinaison, quelle que fût la nature du combustible; les nombres trouvés par Dulong ne s'accordent pas avec cette loi. En effet, des poids égaux de carbone et d'hydrogène prennent pour se transformer en acide carbonique et en eau des quantités d'oxygène qui sont entre elles dans le rapport exact de 4 à 3. Les chaleurs de combustion sont au contraire dans le rapport approximatif de 4 à 5. On constaterait un résultat semblable en comparant les chaleurs de combustion du carbone et de l'oxyde de carbone.

Mais si la loi de Welter est tout à fait inexacte quand on compare des combustibles très différents par leur état physique, comme le carbone et l'hydrogène, on peut la considérer comme suffisamment approchée dans le cas où les combustibles dont on veut déterminer la valeur calorifique se trouvent dans le même état physique, comme le bois, la tourbe, la houille. M. Berthier est parti de cette loi pour indiquer un moyen fort simple

COMBUSTIBLES.

d'apprécier la valeur calorifique d'un combustible, sans avoir besoin d'en connaître la composition élémentaire. Voici, en quelques mots, en quoi consiste ce procédé : on mêle intimement 1 gr. de combustible à essayer avec 30 à 40 gr. de litharge; on introduit le mélange dans un creuset en terre, et on le recouvre de 20 à 30 gr. de litharge. On chauffe progressivement le creuset recouvert de son couvercle, et à la fin de l'opération, on donne un coup de feu pour fondre complètement les matières. On trouve dans le creuset refroidi, un enlèvement de plomb recouvert d'une scorie formée par l'oxyde de plomb non réduit, les cendres du combustible et une certaine quantité de silice du creuset. On pèse le enlèvement de plomb qui se sépare très nettement de la scorie. Dans cette opération, le combustible essayé se transforme complètement en acide carbonique et en eau, au moyen de l'oxygène de l'oxyde de plomb. Le poids du plomb est donc exactement proportionnel à la quantité d'oxygène que le combustible a prise pour sa combustion complète, et par suite, en admettant la loi de Welter, à son pouvoir calorifique. Or, on sait que le charbon pur produirait 34 fois son poids de plomb. Si donc P est le poids du culot obtenu, le pouvoir calorifique du combustible essayé sera $\frac{P}{34} \times 7224 = 212,5 P$.

Toutes les fois qu'un combustible renfermera de l'hydrogène et de l'oxygène dans les mêmes rapports que l'eau, son pouvoir calorifique sera déterminé par la proportion de carbone qu'il contiendra. Si l'hydrogène est en excès, on transformera une partie de l'hydrogène en eau au moyen de tout l'oxygène, et on ajoutera l'équivalent du surplus de l'hydrogène au carbone pour avoir le pouvoir calorifique. On voit que la composition élémentaire d'un combustible permet d'obtenir immédiatement son pouvoir calorifique.

Pour compléter ce qui précède sur les chaleurs de combustion, il faut ajouter que M. Despretz a trouvé exactement le même nombre pour la chaleur dégagée par la combustion du charbon dans l'air ou dans l'oxygène pur; la chaleur dégagée est donc indépendante de la pression du gaz et de la quantité d'oxygène qu'il renferme.

De la température de combustion. Nous appelons ainsi l'échauffement thermométrique maximum qu'il est possible de produire avec un combustible donné. Pour le déterminer, on procédera de la manière suivante : il est facile de trouver la quantité d'air nécessaire pour que cet air et le combustible employé se transforment réciproquement et complètement en eau, acide carbonique et azote, en partant de cette base, que 1 kilogr. de carbone exige 44,59 d'air contenant 2,666 d'oxygène pour se changer en acide carbonique, et que 1 kilogr. d'hydrogène en prend trois fois plus ou 34,77 (contenant 8 kilogr. d'oxygène) pour former de l'eau. On aura commencé par tenir compte de l'oxygène contenu dans le combustible en retenant 4 d'hydrogène pour 8 d'oxygène. On aura ainsi, pour 1 kilogr. de combustible, le poids de chacun des produits gazeux de la combustion. Or la chaleur produite par celle-ci doit se répartir entre tous les gaz de manière à les porter tous à une même température qu'on peut calculer, puisqu'on connaît la chaleur spécifique de chacun des gaz, ou la quantité de chaleur que prend 1 kilogr. de chacun d'eux pour s'échauffer de 1°. Le nombre ainsi obtenu, qui représente la température de combustion, varie comme on peut s'y attendre, d'un combustible à l'autre. On ne doit le considérer que comme une approximation, car nous ne savons pas si la chaleur spécifique des gaz ne varie pas avec la température.

Comme exemple de calcul, cherchons la chaleur de combustion d'un charbon de bois de chêne de Cherval qui contient :

COMBUSTIBLES.

Hydrogène.	2,83
Carbone.	87,68
Oxygène.	6,43
Cendres.	3,06
	<hr/>
	100,00

Pour avoir le pouvoir calorifique, il faut retrancher de 2,83 d'hydrogène, celui qui correspond à l'oxygène et qui est $\frac{6,43}{8} = 0,80$. Il reste 2,03 d'hydrogène qui équivalent à 6,10 de carbone. Le combustible équivalent donc à 93,78 de carbone pur, et son pouvoir calorifique calculé sera de 6775.

Pour avoir la température de combustion, on fera le calcul suivant :

1 ^e de charbon prendra pour 0 ^e ,8768 de carbone.	40 ^e ,40 d'air
et formera 3 ^e ,214 d'acide carbonique.	
Les 0 ^e ,0203 d'hydrogène prendront.	0 ^e ,71 d'air

et formeront 0^e,4827 d'eau, auxquels il faut ajouter les 0^e,0723 d'eau formée par l'oxygène du charbon, en tout 0^e,255 d'eau.

Les produits de cette combustion seront donc :
 3^e,214 d'acide carbonique ;
 0^e,255 d'eau ;
 8^e,324 d'azote ;
 0^e,0306 de cendres.

La chaleur spécifique de l'acide carbonique étant 0,224, la quantité de chaleur nécessaire pour élever 3^e,224 de 4^e, sera $3,224 \times 0,224 = 0,712$.

La chaleur spécifique de la vapeur d'eau est 0,847, le produit par 0,255 = 0,216.

Le coefficient de l'azote est 0,273, le produit par 8^e,324 = 2,272.

La chaleur spécifique des cendres peut être évaluée, approximativement, à 0,20, le produit par 0^e,03 sera 0,006, qui peut être négligé dans ce cas.

En ajoutant les trois nombres qui précèdent on a 3^e,20, qui représentent la quantité de chaleur nécessaire pour que tous les produits de la combustion d'un kilogramme de charbon s'échauffent de 4^e. Or, comme la chaleur totale produite est de 6775, la température de combustion sera $\frac{6775}{3,2} = 2117$ degrés.

II. — DES DIVERS COMBUSTIBLES. Les combustibles employés sont le bois et le charbon de bois, la tourbe et les différentes espèces de combustibles fossiles, le lignite, la houille et l'anthracite.

Bois. Dans l'état de vie, le bois est constitué, comme on sait, par un tissu fibreux au travers duquel circule un liquide qu'on appelle la sève. Examiné chimiquement, le bois est loin d'être une substance simple. En traitant le bois réduit en poudre fine, successivement par l'eau, les alcalis étendus, l'acide hydro-chlorique, l'alcool et l'éther, on en sépare des produits dont la nature et la proportion relative varient suivant l'espèce ; ainsi, par exemple, les bois dits résineux céderont à l'alcool une partie de leur poids plus considérable que les autres.

Le tissu fibreux du bois, dépouillé par l'action des dissolvants faibles des matières étrangères qu'il renfermait, et qui constitue au moins les 95 centièmes du poids du bois, est ce qu'on appelait il y a peu d'années encore le *lignin*, et que l'on considérait comme une substance identique pour tous les bois. Mais des observations postérieures, dues à M. Payen, ont montré que le lignin n'était pas une matière homogène, mais qu'il se composait d'une juxtaposition de cellules allongées, tapissées à l'intérieur par une matière dure et amorphe en couches plus ou moins irrégulières.

La matière qui forme les cellules a été désignée sous le nom de *cellulose* ; elle constitue le tissu de toutes les plantes, des feuilles de tous les végétaux, et quand elle

COMBUSTIBLES.

a été convenablement purifiée, elle présente toujours la même composition.

Elle contient :

Carbone.	43,8	} Ces deux éléments se trouvent dans les mêmes proportions que dans l'eau.
Hydrogène.	6,2	
Oxygène.	50,0	
	<hr/>	
	100,0	

C'est la même composition que l'amidon.

Quant à la matière, qui forme les incrustations dans les cellules des tissus ligneux, elle paraît être formée de plusieurs principes immédiats différents : plus abondante dans le cœur que dans l'aubier des bois, elle en accroît la dureté et la densité. On la trouve aussi en plus forte proportion dans les bois désignés sous les différentes épithètes de *bruns*, *lourds* ou *durs*, que dans les bois appelés *blancs*, *légers* et *tendres*. La composition de la matière incrustante varie dans les différents bois entre 0,52 et 0,54 de carbone, 0,062 et 0,065 d'hydrogène, 0,395 et 0,408 d'oxygène. On voit qu'elle est plus riche en carbone que la cellulose, et qu'elle doit donner plus de chaleur par sa combustion, en raison du carbone et de l'hydrogène qui s'y trouve en excès sur l'oxygène ; aussi les bois durs ont-ils un pouvoir calorifique notablement plus élevé que les bois tendres. La composition de tous les bois se trouve comprise entre celle de la cellulose et celle de la matière incrustante, en se rapprochant davantage de cette dernière.

Les analyses que nous venons de rappeler se rapportent à des matières ligneuses desséchées avec soin à la température de 100° ; mais les bois, dans leur état ordinaire, sont loin d'avoir la même composition et un pouvoir calorifique aussi élevé. En effet, le bois vert, au moment où il vient d'être coupé, contient une proportion d'eau qui varie entre 38 et 45 p. 100, suivant les essences, et qu'on peut lui faire perdre par une exposition prolongée à 100° sans altérer le bois. Après avoir été exposé à l'air pendant un an, le bois retient encore, en moyenne, 25 p. 100 d'eau hygrométrique. Un bois desséché à 100°, et exposé de nouveau à l'air à la température ordinaire, lui reprend 3 à 4 p. 100 d'eau, fait analogue à celui que présentent en général les corps poreux.

Le bois simplement desséché à l'air et contenant encore 25 p. 100 d'eau, n'équivalait guère en moyenne qu'à 38 ou 40 p. 100 de carbone, et son pouvoir calorifique se trouve compris entre 2800 et 2900.

Cendres. Outre le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, qui constituent la partie combustible des bois, ceux-ci renferment encore des matières minérales fixes qui restent après la combustion et constituent les cendres. La proportion des cendres est en général une faible fraction du poids du bois ; elle varie du reste dans les diverses parties d'un même végétal. Ainsi les feuilles et l'écorce des bois donnent plus de cendres que les branches, et celles-ci plus que le tronc. M. Berthier a trouvé les proportions suivantes de cendres calcinées pour 4 parties de bois :

Peuplier, érable,	{ 0,0020.	Tremble,	0,0060.
Bourlaine, liège,	{ 0,0036.	Toile de fil,	0,0090.
Buis,	{ 0,0036.	Coton blanc,	0,0100.
Chêne écorcé, fusain,	{ 0,0040.	Ec. de chêne,	0,0120.
Frêne, aune, sapin,	{ 0,0040.	Acajou,	{ 0,0160.
Pin, noisetier, bouleau,	{ 0,0050.	Ebène,	{ 0,0220.
Epine,	{ 0,0050.	Fagots,	0,0220.
		Fougères,	0,0450.

Les cendres de bois se composent de sels alcalins solubles dans l'eau, et de matières insolubles. Les sels alcalins contiennent de la potasse et de la soude combinées avec les acides carbonique, sulfurique et hydro-chlorique. Les matières insolubles renferment de l'acide carbonique et de l'acide phosphorique, de la chaux,

de la magnésie, des oxydes de fer et de manganèse, et de la silice. La proportion d'acide carbonique qui reste dépend de la température à laquelle l'incinération a eu lieu, car on sait que le carbonate de chaux est décomposé à une haute température. La proportion des sels alcalins est très variable. Pour certaines espèces elle atteint la moitié du poids total des cendres (sapin de Norwège), tandis que pour d'autres elle descend jusqu'aux 8 centièmes du poids total des cendres. Il paraît également démontré que la composition des cendres n'est pas tout à fait constante pour la même essence. Les circonstances de climat, la nature du sol ont de l'influence sur la proportion et la nature des produits minéraux que la sève entraîne avec elle.

M. Berthier a fait sur la composition des cendres des diverses espèces de bois un travail très étendu, dont il a consigné les résultats dans son *Traité des essais par la voie sèche*, t. I, p. 259.

Propriétés du bois. Soumis à l'action de la chaleur, le bois commence à s'altérer vers 120°; il brunît, et à mesure que la température s'élève, il perd une fraction de plus en plus considérable de son poids. Les produits de sa distillation en vases clos sont en partie liquides, en partie gazeux. Les produits liquides se composent d'eau, d'acide acétique combiné à des huiles empyreumatiques, et de goudron, qui apparaît surtout à la fin de la distillation. Les gaz renferment de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, de l'hydrogène, et peut-être de l'hydrogène carboné. Voici leur composition au commencement et à la fin de la distillation :

	At commencement.	A la fin.
Acide carbonique.	44,9	29,2
Oxyde de carbone.	36,8	24,9
Hydrogène.	16,8	44,2
Azote et perte.	4,5	4,7

Le résidu de la distillation est du charbon qui conserve la forme du bois employé. Le poids de ce charbon est très variable, suivant la manière dont la distillation a été conduite. Avec du bois ordinaire d'un an de coupe, on peut obtenir, en distillant le bois très lentement, jusqu'à 28 p. 100 de charbon. Par une distillation rapide, le même combustible n'en donnera que 12 à 13 p. 100. Cette différence tient à ce que, dans la distillation rapide, les produits de la distillation provenant du bois incomplètement carbonisé réagissent sur le charbon déjà formé, qui se trouve porté par le rayonnement des parois du vase à une température très élevée, et en entraînent une certaine quantité à l'état d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone.

Les bois durs, comme le chêne, le hêtre, le charme, ayant un tissu compacte et serré, se carbonisent toujours plus lentement que les bois tendres, et la proportion de charbon qu'ils laissent est plus considérable que celle de ces derniers; de là vient que ceux-ci brûlent beaucoup plus vite, en donnant une plus grande quantité de flamme. Cette circonstance fait qu'on les préfère pour certains usages.

Bois torréfié, charbon roux. On emploie au lieu de charbon, dans quelques hauts fourneaux du département des Ardennes, un combustible intermédiaire entre le bois et le charbon, que l'on désigne sous le nom de *bois torréfié* ou de *charbon roux*. On prépare ce combustible en plaçant le bois dans des cylindres en fonte chauffés par la flamme perdue des hauts fourneaux, et lui faisant perdre par distillation une fraction de son poids, comprise entre 30 et 50 p. 100. Le bois qui n'a perdu que 30 p. 100 est simplement desséché. On a trouvé dans l'emploi de ce combustible dans les hauts fourneaux, qu'il fallait notablement moins de bois pour obtenir 4 quintal de fonte, en le transformant en charbon roux plutôt qu'en charbon ordinaire par le procédé des forêts; mais l'économie de combustible qui en résulte

est balancée par l'augmentation du prix des transports, puisque tout le bois doit être amené à l'usine à l'état cru.

Charbon de bois. Le charbon de bois de bonne qualité est d'un noir brillant, cassant et sonore; sa densité à l'état de poussière est à peu près double de celle de l'eau, mais la densité apparente est beaucoup moindre en raison des pores du charbon. Marcus-Bull l'a trouvée comprise entre 0,625 et 0,845. On admet généralement que le mètre cube de charbon de bois dur pèse 210 à 230 kilogr., et celui de charbon de bois tendre de 180 à 200 kilogr.

Le charbon de bois, tel qu'on le prépare pour les besoins des arts (voyez CARBONISATION) n'est pas du carbone pur; on peut encore lui faire perdre par une forte calcination en vases clos une partie de son poids qui varie ordinairement entre 8 et 15 p. 100. De là vient qu'il brûle, en produisant une légère flamme dans les premiers moments de sa combustion.

Voici la composition de deux variétés de charbon préparé par le procédé des forêts et desséché préalablement à 400°.

	Charbon de jeune chêne.	Charbon de tremble.
Carbone.	87,68	87,22
Hydrogène.	2,83	3,20
Oxygène.	6,43	8,72
Cendres.	3,06	0,86
	400,00	400,00

Perte par calcination en vases clos. } 13,02 17,07.

Le pouvoir calorifique du charbon de bois est généralement compris entre 6500 et 7000.

Le charbon de bois possède la propriété très singulière d'absorber un grand nombre de gaz, et quelques-uns en quantité considérable, comme l'ammoniaque et l'acide hydrochlorique. Le charbon récemment fait et exposé à l'air, en absorbe huit ou dix fois son volume. Il condense également de la vapeur d'eau, ordinairement les 8 ou 10 p. 100 de son poids. La proportion de vapeur d'eau absorbée est d'autant plus considérable que le charbon a été plus fortement calciné.

Le charbon provenant des bois durs est préféré pour les usages où l'on veut obtenir une haute température. Le charbon de bois tendre est plus léger, et à volume égal, il développe moins de chaleur que l'autre, bien qu'à poids égaux il n'y ait pas de différence dans leur pouvoir calorifique. Le charbon obtenu par distillation en vase clos, est léger, friable; il brûle facilement, mais il n'a pas la même valeur que le charbon cuit en meules, et l'expérience a prouvé qu'en l'employant, on pouvait difficilement arriver à une température très élevée nécessaire pour la plupart des opérations métallurgiques.

TOURBE. Ce combustible est le produit de l'altération qu'éprouvent, dans des lieux bas et marécageux, certaines plantes aquatiques herbacées. On la trouve surtout le long des rivières dont le cours est très lent, mais on en rencontre cependant des gisements considérables sur des plateaux élevés, dans les Vosges, le Jura, les Alpes. Elle est partout en bancs horizontaux, quelquefois fort épais, que l'on trouve très près de la surface du sol; on y a observé beaucoup de débris, comme des poteries, des médailles, des ustensiles qui prouvent son origine toute moderne, et la continuation de sa formation à l'époque actuelle.

On peut distinguer deux variétés principales de tourbe, qui correspondent à des états de décomposition différents : 1° la tourbe compacte qui est noire ou d'un brun foncé; on n'y distingue plus que ça et là de débris reconnaissables de végétaux; 2° la tourbe herbacée qui est spongieuse et d'un brun clair; elle est entièrement formée de débris reconnaissables de végétaux.

On exploite la tourbe au printemps, sous forme de

lriques, et on l'expose à l'air pendant l'été suivant pour la dessécher. Cette dessiccation lui fait éprouver un rétrécissement considérable qui varie des 3/5 aux 4/5.

La pesanteur spécifique de la tourbe est très variable, en raison de son état plus ou moins avancé de décomposition, de son état de siccité, et de la proportion de cendres qu'elle renferme. Le poids du mètre cube est ordinairement compris entre 250 et 400 kilogr.

La tourbe se rapproche beaucoup, par sa composition et ses propriétés chimiques, du terreau. Elle renferme ordinairement une proportion considérable d'ulmine, corps qui se dissout dans les alcalis caustiques, en les colorant en brun foncé; les acides précipitent l'ulmine en flocons noirs de cette dissolution.

M. Regnault a trouvé la composition suivante à la tourbe de Vulcaire, près Abbeville, qui est dans un état d'altération très avancé. Ce combustible avait été préalablement desséché à 400°.

Hydrogène.	5,63
Carbone.	57,03
Oxygène.	29,67
Azote.	2,09
Cendres.	5,58
	400,00

En comparant cette composition à celle des matières ligneuses non altérées, on voit que le carbone a beaucoup augmenté, et que l'hydrogène se trouve en excès très sensible par rapport à l'oxygène. Le pouvoir calorifique de cette tourbe, calculé d'après l'analyse précédente, serait égal à 4540. Mais il faut observer que la tourbe perd le plus ordinairement de 45 à 30 p. 400 de son poids par dessiccation à 400°, et que la proportion des cendres est rarement aussi faible que dans la tourbe analysée. On peut admettre que le pouvoir calorifique de la tourbe de bonne qualité est compris entre 3000 et 3500.

Cendres. Les cendres que laisse la tourbe contiennent presque toujours des sels alcalins, mais en proportion beaucoup plus faible que celles du bois. Leur composition, du reste, est variable en raison de la nature du terrain qui avoisine les gîtes tourbeux. Dans les pays calcaires, les cendres de la tourbe se composent presque exclusivement de carbonate de chaux et d'argile, tandis qu'elles sont sableuses dans les contrées formées par des grès ou des roches primitives. Quant à la proportion totale des cendres, elle est très variable, et elle atteint quelquefois 48 à 20 p. 400.

Les cendres de tourbe traitées par les acides donnent quelquefois une odeur d'hydrogène sulfuré. On y trouve souvent du sulfate de chaux. C'est à la présence de la pyrite de fer dans les tourbes qu'il convient d'attribuer l'existence du soufre dans ces combustibles.

Les produits de la distillation de la tourbe sont assez analogues à ceux du bois, mais on y trouve en outre de l'ammoniaque. Leur odeur est beaucoup plus fétide que celle produite par le bois, et cette circonstance diminue l'emploi de la tourbe pour les usages domestiques. La proportion de charbon que laisse la tourbe à la distillation est assez variable, mais elle est presque toujours supérieure à celle que fournit le bois.

Charbon de tourbe. Le charbon que l'on fait avec la tourbe est en général tendre et friable, quand il renferme peu de matières terreuses et compactes, et dur quand il en contient beaucoup. Son poids est ordinairement supérieur à celui du charbon de bois. Il brûle facilement en produisant une légère flamme, mais sans odeur, ce qui permet de l'employer pour les usages domestiques. La proportion des cendres qu'il laisse est souvent très considérable, comme on pouvait s'y attendre d'après la composition des tourbes.

La fabrication du charbon de tourbe par des procédés économiques, a présenté jusqu'à présent d'assez grandes

difficultés. Aussi l'emploi de ce combustible est-il encore fort restreint.

COMBUSTIBLES FOSSILES. On divise ordinairement les combustibles fossiles en trois grandes classes: le lignite, la houille et l'anthracite. L'anthracite et la houille appartiennent, par leur gisement, aux terrains de transition et aux terrains secondaires; les lignites sont les combustibles que l'on trouve dans les terrains tertiaires.

La majeure partie des houilles se trouve exploitée dans une formation qui forme la partie supérieure des terrains de transition, et qu'on appelle pour cette raison, la grande formation carbonifère. Dans la partie inférieure de cette formation on n'a jamais rencontré qu'un combustible très sec, ne perdant que très peu de son poids par la calcination, et qui porte le nom d'anthracite. La houille proprement dite, se trouve dans l'étage supérieur qu'on désigne généralement sous le nom de terrain houiller, il y a aussi de l'anthracite dans le terrain houiller, et même dans les terrains secondaires, comme cela se voit dans les Alpes.

Tous les combustibles fossiles, depuis les lignites jusqu'à l'anthracite, sont évidemment le produit du dépôt et de l'altération de matières végétales. Dans les lignites, dont la formation se rapproche le plus de l'époque actuelle, on trouve encore des parties qui présentent des traces d'organisation végétale, et qui lient ces combustibles au bois fossile et aux tourbes; tandis que d'autres lignites ont une grande analogie, par leur aspect, avec les houilles proprement dites. Dans cette série de combustibles fossiles, il y a un passage graduel des matières ligneuses à peine altérées jusqu'aux anthracites formées presque entièrement de carbone.

J'ai réuni dans le tableau suivant (voy. p. 894) les principaux résultats obtenus par M. Regnault, dans un beau travail sur la composition des combustibles minéraux.

Tous les combustibles dont l'analyse se trouve dans ce tableau avaient été desséchés préalablement à la température de 420°. L'anthracite et les houilles n'ont perdu ainsi qu'une quantité très peu notable d'eau hygrométrique. Il faut aussi faire remarquer que l'oxygène et l'azote ont été dosés ensemble dans les analyses précédentes. Or, il résulte d'assez nombreuses expériences que la proportion d'azote des divers combustibles minéraux est toujours à très peu près la même, et qu'elle se trouve comprise entre 4,50 et 2 p. 400; il est donc facile de faire la correction.

L'examen de ce tableau conduit aux conséquences suivantes:

On voit, comme on pouvait s'y attendre, que la proportion de charbon laissée par distillation est d'autant plus grande que le combustible renferme moins d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

La propriété collante des houilles, c'est-à-dire la faculté qu'elles ont de se ramollir et de se coller sous l'action de la chaleur, dépend surtout du rapport entre l'hydrogène et l'oxygène. Plus il y a d'hydrogène en excès sur l'oxygène, plus la houille est collante; quand la proportion d'hydrogène devient très considérable, comme dans les bitumes, il ne reste presque pas de coke à la distillation; presque tout le carbone se volatilise à l'état de carbure d'hydrogène.

Le pouvoir calorifique des combustibles désignés sous les noms d'anthracite, de houilles grasses et dures, et de houilles grasses maréchales est égal, sinon supérieur, à celui du carbone pur. A mesure qu'on se rapproche des combustibles de l'époque actuelle, le pouvoir calorifique diminue rapidement; les lignites bitumineux qui font exception à cette règle, ne se trouvent qu'en petite quantité par rapport aux autres combustibles.

Les usages auxquels on emploie les divers combustibles minéraux sont aussi en rapport avec leur composition chimique.

Les anthracites brûlent difficilement, avec une flamme

DÉSIGNATION des COMBUSTIBLES.	LIEUX d'où ils proviennent.	NATURE du COKE.	DENSITÉS.	COMPOSITION.					COKE dans par calcha- rillon.	POUVOIR calorique d'après M. B. de W. S. S.
				carbone	hydro- gène	oxygène et azote	cin- dres	carbone		
I. Anthracite.	Pays de Galles. Lamure.	pulvérulent. id.	4,348	92,56	3,33	2,53	1,58	89,5	7300	
			4,362	89,77	4,67	3,99	4,57	90,0	6800	
II. Houilles grasses et dures.	Alsais.	boursouffé.	4,322	89,27	4,85	4,47	4,44	77,7	7370	
III. Houilles grasses maréchaux.	Rive-de-Gier (Grand-Croix).	très bour- souffé.	4,298	87,45	5,44	5,63	4,78	68,5	7270	
IV. Houilles grasses à longue flamme.	Lancashire (Cannelcoal). Commentry.	boursouffé. id.	4,347	83,75	5,66	8,04	2,55	57,9	7050	
			4,349	82,72	5,29	14,75	0,24	63,4	6730	
V. Houilles sèches à longue flamme.	Blanzay.	fritté.	4,362	76,48	5,23	16,04	2,28	57,0	6230	
			4,272	70,49	5,59	18,93	4,99	49,4	5790	
VI. Lignite parfait (terrain tertiaire).	Dax.	pulvérulent.	4,185	64,20	5,00	24,78	9,02	38,9	4830	
VII. Lignite imparfait.	Grèce. Usnach (bois fossile).	id. id.	4,167	56,04	5,70	36,07	2,49	»	4320	
			4,157	73,79	7,46	13,79	4,96	27,4	6580	
VIII. Lignite passant au bitume. Asphalte.	Ellbogen. Cuba.	boursouffé. id.	4,063	79,18	9,30	8,72	2,80	9,0	7500	

faible, sans se coller ni se ramollir sous l'action de la chaleur. Plusieurs variétés de ce combustible ont la propriété de décrépiter et de se réduire en petits fragments à la première impression du feu.

L'anthracite est employée pour le chauffage des chaudières et la cuisson de la chaux. Les variétés qui ne décrépitent pas pourront être employées en outre avec avantage pour fondre les minerais de fer dans les hauts fourneaux et pour les usages domestiques.

Les houilles grasses et dures sont surtout estimées pour la fabrication du coke. Le produit de leur carbonisation est peu boursouffé, dense et doué d'une forte cohésion. Il est d'un bon emploi dans les opérations métallurgiques, pour la fusion des minerais de fer.

Les houilles grasses maréchaux et les houilles grasses à longue flamme, sont celles qui conviennent le mieux pour la forge, et pour le chauffage des fours à réverbère à haute température. Les houilles grasses à longue flamme conviennent parfaitement pour la fabrication du gaz d'éclairage parce qu'elles fournissent beaucoup de produits gazeux chargés de carbone d'hydrogène en quantité suffisante pour assurer leur pouvoir éclairant. Le coke qu'elles produisent est très boursouffé et convient moins bien pour les applications métallurgiques que le coke compacte et dur.

Les houilles maigres ou les houilles sèches à longue flamme, donnent un coke à peine fritté, qui n'a pas de tout de consistance. Elles sont encore bonnes pour les chaudières à vapeur et pour tous les usages qui n'exigent pas une température très élevée; mais elles conviennent peu aux opérations métallurgiques. Leur pouvoir calorifique et leur température de combustion sont déjà bien inférieurs à ceux des groupes précédents.

Les lignites servent pour les évaporations, le chauffage des chaudières, la cuisson de la chaux et des briques, le chauffage domestique; leur température de combustion est peu élevée.

Il y a encore d'autres éléments dont il est essentiel de tenir compte dans la détermination de la valeur des combustibles minéraux, ce sont :

1° La nature et la proportion des cendres. La nature des cendres de houille est assez peu variable. Elles sont presque toujours argileuses; on y rencontre aussi de l'oxyde de fer, du carbonate et du sulfate de chaux. La proportion des cendres que laissent les combustibles mi-

néraux est extrêmement variable d'une couche à l'autre et même dans les différentes parties d'une même couche, mais il est rare qu'en moyenne elle soit aussi faible que celle portée sur le tableau précédent;

2° Les pyrites de fer. Cette matière se rencontre malheureusement, très fréquemment, dans les houilles, et nuit beaucoup à leur qualité. Elle se trouve disséminée en petits cristaux, souvent à peine visibles, entre les feuillets de la houille. Par le contact de l'air humide, la pyrite se change en sulfate en absorbant de l'oxygène, et il en résulte une expansion qui fait tomber la houille en poussière. Quand cette décomposition s'opère dans l'intérieur des mines, le dégagement de chaleur qui l'accompagne peut être tel que la houille prenne feu; on voit souvent des incendies produits par cette cause. Enfin, les houilles pyriteuses ne peuvent servir qu'à un petit nombre d'usages, parce que le soufre qu'elles renferment corrode peu à peu le fond des chaudières, les tuyaux, et qu'il altère la qualité des métaux avec lesquels le combustible est en contact.

Quand on brûle les houilles, le soufre des pyrites se dégage à l'état d'acide sulfureux, et le fer reste dans les cendres à l'état de peroxyde. Quand la houille renferme en même temps du carbonate de chaux, une partie du soufre est retenue dans les cendres à l'état de sulfate.

Disons un mot, pour terminer ce qui est relatif aux combustibles minéraux, des produits de leur distillation et de leur combustion.

Les houilles donnent à la distillation des gaz combustibles, de l'eau souvent ammoniacale, des huiles empyreumatiques, et laissent un résidu charbonneux ou coke. L'ammoniacque provient de l'azote du combustible, et se trouve, dans les produits de la distillation, à l'état de carbonate ou d'hydrosulfate. Quant aux huiles empyreumatiques, elles sont formées d'un grand nombre de principes immédiats différents, parmi lesquels on peut citer la naphthaline, qui encombre si souvent les tuyaux de conduite dans la fabrication du gaz d'éclairage.

Le gaz d'éclairage préparé avec la houille est un mélange de plusieurs gaz hydrogénés et d'oxyde de carbone tenant en dissolution des carbures d'hydrogène à l'état de vapeur. La composition des divers gaz d'éclairage et les circonstances les plus favorables à leur production, seront décrites à l'article ÉCLAIRAGE, page 129

De coke. On appelle ainsi le produit de la carbonisation de la houille, et l'on en fait un grand usage dans les travaux métallurgiques; il est en masses poreuses comme la pierre ponce et d'autant plus dur que les cavités des pores sont moins larges; il a un éclat demi-métallique, et sa couleur est le gris de fer. L'hectolitre de coke pèse en moyenne 40 à 45 kilogr.

Il attire l'humidité de l'air, mais moins que le charbon de bois.

Le coke préparé en grand ne retient pas une quantité notable de matières volatiles combustibles; aussi son pouvoir calorifique ne diffère de celui du carbone que par la proportion des cendres qu'il renferme, et qui s'élève ordinairement jusqu'à 40 et même 45 p. 400.

La pyrite de fer contenue dans les houilles, se trouve dans le coke à l'état de proto-sulfure qu'on aperçoit difficilement, parce que sa couleur est à peu près la même que celle du coke; mais il est facile d'en reconnaître la présence par l'acide hydrochlorique, qui produit dans ce cas un dégagement d'hydrogène sulfuré.

Le coke est d'une combustibilité difficile, mais il permet d'obtenir dans les fourneaux une température très notablement supérieure à celle que produirait le charbon de bois. Nous verrons plus bas à quoi tient cette circonstance.

III. — DE L'EMPLOI DES DIVERS COMBUSTIBLES. La chaleur développée par la combustion se disperse de deux manières différentes : une partie est rayonnée par le combustible embrasé, l'autre est entraînée par les produits gazeux de la combustion. Dans certains cas, comme celui des cheminées qui servent au chauffage domestique, on n'utilise que la chaleur rayonnante.

Quand, au contraire, la combustion s'opère dans une enceinte fermée, comme dans les foyers des fours à réverbère, la chaleur dispersée par le rayonnement du combustible sert à échauffer les parois du foyer. A partir du moment où celles-ci ont atteint une température fixe, toute la chaleur développée est entraînée par les gaz qui peuvent alors s'échauffer jusqu'au degré que nous avons appelé la température de combustion, puisque la chaleur rayonnée par les parois est égale à celle rayonnée par le combustible incandescent.

M. Pecllet a déterminé, au moyen d'un appareil particulier, pour chaque combustible, la fraction de la chaleur totale qui est dispersée par le rayonnement. Il est arrivé à cette conclusion, que le charbon embrasé rayonne plus que les flammes : ainsi M. Pecllet admet que, pour le charbon de bois, la chaleur rayonnée est la moitié de la chaleur totale, tandis qu'elle n'est que les $\frac{2}{5}$ pour le bois.

Les appareils dans lesquels on utilise les combustibles, ont des formes et des destinations très variées.

Dans le cas le plus simple, celui du chauffage domestique, on n'utilise souvent que la chaleur rayonnée; c'est le cas des foyers à cheminée. Quand on se sert de poêles, presque toute la chaleur développée par la combustion pourrit, à la rigueur, se transmettre à l'air de la pièce par l'intermédiaire du poêle et de la cheminée. (Voir l'article CHAUFFAGE.)

Les appareils employés dans les arts pour utiliser les combustibles peuvent se diviser en deux grandes classes; la première comprend tous ceux où la matière à échauffer n'est pas en contact direct avec le combusti-

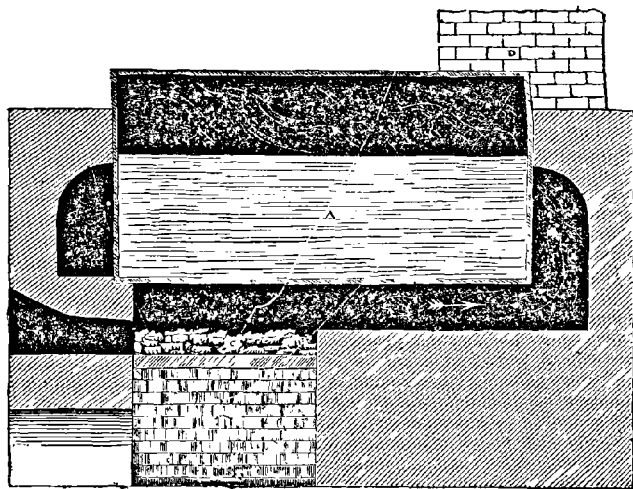
ble. On peut y ranger les foyers qui servent à évaporer des liquides ou à chauffer des chaudières à vapeur, les fours à réverbère de forme si variée qu'on emploie dans le traitement des métaux, les fours à faïence et à porcelaine.

La seconde classe comprendra tous les appareils où la matière à échauffer est en contact direct avec le combustible. Les foyers de maréchalerie, les foyers d'affinage pour les métaux, tous les fourneaux à cuve qui servent au traitement des minerais métalliques et à la fusion des métaux, appartiennent à cette dernière classe.

On emploie généralement des combustibles à flamme dans tous les appareils de la première classe; dans ceux de la seconde, au contraire, on n'emploie guère que des combustibles carbonisés.

Je vais indiquer rapidement les circonstances principales de l'emploi des combustibles dans ces deux classes d'appareils.

Première classe. Le combustible est généralement placé sur une grille, et son épaisseur n'y dépasse pas 20 à 25 centim. L'air arrive par-dessous la grille, s'introduit à travers les barreaux, et traverse le combustible incandescent. Les produits de la combustion, après s'être dépouillés au contact avec la matière à échauffer d'une partie plus ou moins considérable de la chaleur qu'ils entraînent, sont enlevés par une cheminée placée à l'autre extrémité du foyer et qui détermine le tirage. (Voir CHEMINÉE.)



558.

Dans les foyers de chaudière (fig. 558), on s'arrange pour que la surface de la chaudière A, en contact avec les produits de la combustion qui s'opère sur la grille C, ait un développement suffisant, afin que ceux-ci n'arrivent à la cheminée D, qu'après avoir abandonné la majeure partie de leur calorique.

• L'expérience prouve que la quantité d'air qui traverse la grille, dans le cas qui nous occupe, est ordinairement le double de celle qui est nécessaire pour brûler complètement le combustible, et cependant ces foyers, dans leur construction actuelle, donnent presque constamment de la fumée; cette circonstance s'explique de la manière suivante : le carbone très divisé qui constitue la fumée résulte d'une combustion incomplète des carbures d'hydrogène dégagés par le combustible. Pour le brûler par l'oxygène atmosphérique, il est nécessaire que le mélange soit porté à une température élevée; or, à une certaine distance de la grille, la majeure partie de la chaleur produite est déjà absorbée par les chau-

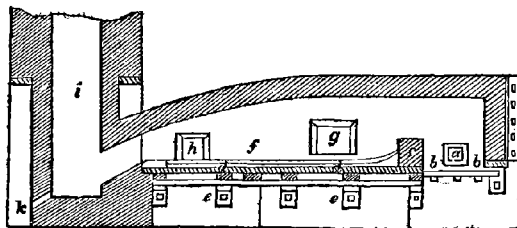
dières et sa température n'est plus assez élevée pour produire la combustion de la fumée.

Dans un four à réverbère (fig. 559 et 560), la grille

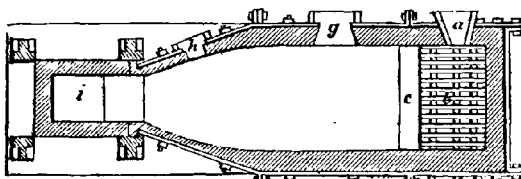
dont qu'on arrivera d'autant plus vite à souder le fer que la différence entre cette température limite et la

température que possède le courant de gaz sera plus grande. Plus la température de combustion sera élevée, plus la fraction de la chaleur utilisée sera considérable, et par conséquent, moins on consommera de calories pour produire l'effet cherché. On explique ainsi pourquoi il y a économie à se servir de certains combustibles de préférence à d'autres, bien que la *calorie* de celui qu'on préfère soit plus chère que la *calorie* de l'autre, et pourquoi un combustible donné pourra ne pas produire le résultat que l'on attend, quelle que soit la proportion qu'on en emploie, si sa température de combustion est inférieure ou seulement égale à la température cherchée.

La préférence que l'on donne aux combustibles à flamme sur les combustibles carbonisés, dans le chauffage des fours à réverbère, s'explique par cette circonstance que le mélange des gaz combustibles produits par la distillation de la houille avec l'air, ne se fait complètement que sur la sole du four. C'est donc dans cette partie de l'appareil qu'aura lieu le maximum de température. Avec un combustible qui ne renfermerait que peu de matières volatiles, le maximum se produirait à une petite distance de la grille, et la température des gaz serait déjà sensiblement abaissée à leur



559.



560.

b, est séparée de la sole f, où se trouve la matière à échauffer par un mur en briques c, qu'on appelle pont ou autel. Ce pont est très élevé au-dessus de la sole, dans tous les cas où l'on craint l'oxydation de la matière qu'on chauffe, afin que le courant de gaz suive surtout la voûte du four, et que le métal ne s'échauffe que par le rayonnement de celle-ci.

L'analyse de l'air des cheminées des fours à réverbère où l'on produit une température très élevée, comme les fours à puddler et à réchauffer le fer, montre qu'il n'y a guère, en moyenne, que 7 à 8 p. 400 d'air non dés-oxygéné dans les produits de la combustion. Ce léger excès d'air paraît suffisant pour empêcher la formation des gaz combustibles. Un plus grand excès d'air serait nuisible, car il absorberait en pure perte pour s'échauffer une partie de la chaleur développée par la combustion, et par conséquent il abaisserait proportionnellement la température produite par celle-ci. Cette température serait un maximum, si le combustible et l'air se changeaient réciproquement et complètement en eau, acide carbonique et azote.

En quittant la sole du four, le courant de gaz doit posséder encore une température supérieure à celle que doivent atteindre les matières qui s'y trouvent placées. Il y a donc une grande quantité de chaleur entraînée dans la cheminée, et celle qui est réellement utilisée sur la sole des fours à réchauffer le fer ne dépasse pas 40 p. 400 de la chaleur de combustion totale. Aussi a-t-on commencé, dans quelques usines, à intercaler entre la cheminée et la sole des fours des chaudières à vapeur qui ont permis d'obtenir ainsi les 40/100^{es} de la chaleur de combustion, sans que le tirage ait été diminué et sans que la consommation du fer se soit accrue.

Tous les combustibles peuvent être utilisés pour le chauffage des chaudières, parce qu'il n'est pas nécessaire que la température de combustion soit très élevée. Dans les fours à réverbère, les combustibles les plus avantageux sont ceux dont le pouvoir calorifique est le plus élevé, pourvu qu'ils aient la propriété de brûler avec flamme. Les bonnes houilles grasses réunissent ces deux conditions. Il faut en effet, pour que l'on puisse utiliser le combustible, que la température de combustion soit supérieure à celle qu'il est nécessaire de produire sur la sole du four. Ainsi, dans les fours à souder le fer, il faut arriver au moins à 4500°. Or, il est évé-

arrivé sur la sole.

On peut faire brûler avec flamme des combustibles fixes, comme le coke ou l'antracite, en lançant sous la grille de la vapeur d'eau en petite proportion. Celle-ci donne, au contact du combustible incandescent de l'acide carbonique et de l'hydrogène, gaz qui ne se mêlent complètement à l'air qu'à une certaine distance, en sorte que le lieu de la combustion se trouve rapproché de la sole. L'emploi de la vapeur d'eau paraît avoir produit des résultats avantageux pour la combustion de l'antracite sur les grilles des fours à réverbère et des foyers de chaudières.

On n'observe guère de fumée, dans les fours à réverbère à haute température, qu'au moment du chargement du combustible sur la grille, et cependant l'excès d'air est ici moins considérable que dans les cheminées des foyers de chaudières; la haute température du mélange gazeux explique cette circonstance. La matière charbonneuse qui constitue la fumée doit nécessairement disparaître, soit par l'oxygène de l'air en excès, soit par l'action de l'acide carbonique déjà existant dans le courant de gaz. Au moment où l'on charge la houille sur la grille, la distillation presque instantanée qu'éprouve tout le métal en arrivant dans un foyer très échauffé explique la présence de la fumée.

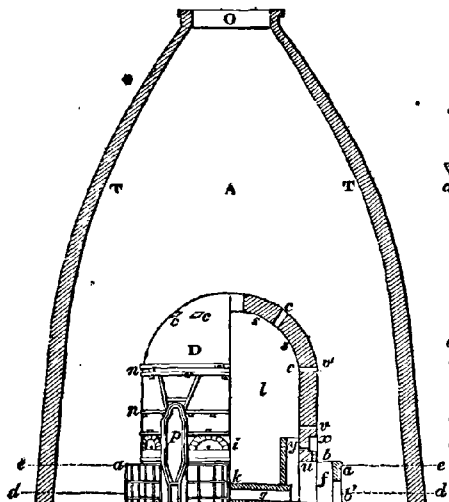
Dans le cas où il faut éviter avec grand soin que la matière à échauffer ait le contact de la fumée, on emploie un mode de combustion, dit à flamme renversée, qui est surtout usité dans la cuisson de la porcelaine et de la faïence.

Les fig. 561, 562, 563 et 564 représentent la coupe verticale et trois coupes horizontales d'un four destiné à la cuisson de la faïence fine, il a la forme d'une tour ronde surmontée d'une partie voûtée, et placée dans l'intérieur d'une grande hotte ou cheminée T.T. Les pièces à cuire sont placées dans la tour D, qui communique avec l'extérieur par 7 foyers a, b, c, qu'on appelle des allandiers. Le combustible qui est du bois sec coupé en petites bûches est placé sur une grille disposée en f. L'air s'introduit ici dans le four de haut en bas, et avant d'arriver à la grille, il traverse d'abord le bois qu'on vient de charger, puis le charbon qui se trouve au-dessous. Les produits de la distillation du bois sont donc obligés de traverser, mélangés avec de l'air non brûlé, du charbon incandescent. Ils se trou-

COMBUSTIBLES.

vent ainsi portés à une température très élevée, et cette circonstance produit la combustion complète de la fumée.

Les ouvertures b', b', qu'on remarque au-dessous de la grille ne servent qu'à enlever les cendres.



561.

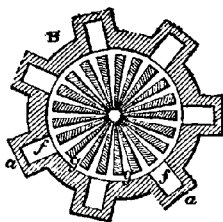
2^e classe. Dans tous les appareils qui précèdent, on cherche toujours à produire une combustion aussi complète que possible. Les produits de cette combustion sont de l'eau, de l'acide carbonique et de l'azote. L'air, n'ayant à traverser qu'une couche peu épaisse de combustible, est généralement appelé dans le foyer par le simple tirage de la cheminée. Dans tous les foyers de la seconde classe, le combustible se trouve en couche épaisse, et l'air y est presque toujours injecté, sous une certaine pression, par une machine soufflante au moyen d'un orifice particulier peu étendu, qu'on appelle la tuyère. La combustion s'opère ici suivant des lois particulières qui exigent quelques développements.

Quand l'air traverse une épaisseur un peu considérable de charbon, celui-ci se brûle de deux manières différentes. L'oxygène de l'air en s'introduisant dans le fourneau forme d'abord de l'acide carbonique, et ce gaz, en traversant une nouvelle couche de combustible incandescent, se transforme en oxyde de carbone en doublant de volume. On peut donc diviser en trois zones distinctes l'espace compris entre l'entrée de l'air et la sortie du gaz : 1^o la zone où commence la combustion : on y trouve de l'acide carbonique, de l'oxygène et de l'azote ; l'oxygène diminue constamment à mesure qu'on s'éloigne de la tuyère, et produit un volume égal au sien d'acide carbonique ; 2^o la zone où s'effectue la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, 3^o enfin celle où tout l'oxygène atmosphérique est complètement changé en oxyde de carbone. Comme ce gaz ne renferme qu'un demi-volume d'oxygène, la composition de la colonne gazeuse dans cette région serait représentée par 79 volumes d'azote et 42 d'oxyde de carbone ou 65,6 du premier et 34,4 du second.

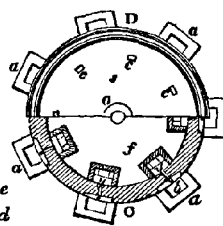
L'expérience prouve que les deux premières zones n'occupent, dans la plupart des fourneaux à courant d'air forcé, qu'un espace peu considérable, dont l'étendue varie avec la vitesse, et la température de l'air, d'une part, et la nature du combustible de l'autre. Dans les hauts fourneaux à fondre les minerais de fer, on

COMBUSTIBLES.

peut admettre, comme limite supérieure, qu'à 40 centimètres de distance de la tuyère, l'oxygène de l'air est complètement changé en oxyde de carbone. Ce fait devient d'une grande importance, quand on le rapproche de l'effet calorifique produit par la transformation de



562.



563.

564.

l'acide carbonique en oxyde de carbone. On déduit aisément des expériences précitées de Dulong qu'il doit y avoir dans ce cas absorption d'une grande quantité de chaleur et par conséquent un abaissement considérable dans la température de la colonne gazeuse ascendante.

En effet, d'après Dulong, 4 litre de vapeur de carbone (4^{sr},077) donne, en se transformant en 2 litres d'acide carbonique, 7858 calories ; ces 2 litres d'acide carbonique prendront 4 litre de vapeur de carbone ou 4^{sr},077 pour former 4 litres d'oxyde de carbone, qui développeront, par leur combustion complète, 42520 unités de chaleur.

Voilà donc $7858 + 42520 = 20378$ calories produites par la combustion complète de 2 litres (2^{sr},154) de vapeur de carbone. Or, ces 2 litres de vapeur de carbone en se transformant directement en acide carbonique, n'auraient produit que 2×7858 ou 45746 calories. On en conclut nécessairement que la différence 4662 représente la quantité de chaleur rendue latente par la transformation de 2 litres d'acide carbonique en 4 litres d'oxyde de carbone.

Ainsi donc, en brûlant un combustible fixe en couche épaisse par un courant d'air forcé, on a deux effets calorifiques inverses produits par deux quantités égales de carbone. La première combustion qui donne lieu à l'acide carbonique, produit une température très élevée. La transformation de cet acide carbonique en oxyde de carbone détermine, au contraire, un abaissement considérable de température.

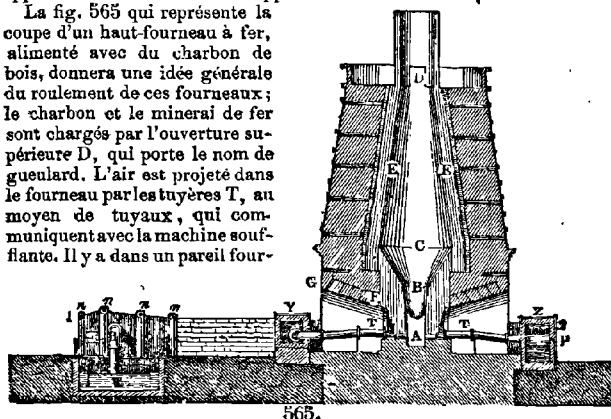
Ce résultat explique pourquoi, dans tous les foyers à courant d'air forcé, le lieu du maximum de température est peu étendu. On voit aussi combien il importe que l'épaisseur du combustible sur les grilles des fours, à réverbère ne soit pas trop grande, puisqu'il en résulterait une formation d'oxyde de carbone et un abaissement correspondant dans la température du courant du gaz.

Parmi les appareils alimentés par un courant d'air forcé, les uns qui portent spécialement le nom de foyers

(*foyers de maréchalerie, foyers d'affinerie*), se composent d'une simple cavité placée au-dessus de la tuyère et qu'on appelle le *creuset* (voir les fig. 44 et 45, Acier.) Il y a souvent, dans la plupart de ces foyers, une épaisseur de 30 à 40 centim. de charbon au dessus des tuyères, en sorte que les produits de la combustion renferment ordinairement une assez forte proportion d'oxyde de carbone. Quand ces foyers servent à chauffer des barres métalliques, les ouvriers savent parfaitement qu'il y a une position de la barre dans le foyer qui produit l'échauffement de celle-ci beaucoup plus rapidement que toute autre. Dans les foyers d'affinage de la fonte qui reçoivent le vent sous une pression de 0^m,03 de mercure, le lieu du maximum de température est à 40 ou 42 centim. de distance du museau de la tuyère. L'expérience prouve aussi que les gaz aspirés dans cette région du feu renferment plus d'acide carbonique que partout ailleurs.

Les autres appareils à courant d'air forcé portent généralement le nom de *fourneaux à cuve*, parce qu'il y a au-dessus de la tuyère un espace vide appelé *cuve*, dont les dimensions sont souvent assez considérables, et qui est rempli pendant le roulement du fourneau par le combustible et la matière à traiter. Ces fourneaux sont employés pour le traitement des minerais métalliques et la fusion des métaux. Il y en a un très grand nombre d'espèces dont les dimensions et la forme varient suivant l'emploi auquel on les destine. Les *fourneaux à manche*, les *hauts-fourneaux* à fondre les minerais de fer, les *cubilots* pour refondre la fonte pour les moulages, appartiennent à cette classe d'appareils.

La fig. 565 qui représente la coupe d'un haut-fourneau à fer, alimenté avec du charbon de bois, donnera une idée générale du roulement de ces fourneaux; le charbon et le minerai de fer sont chargés par l'ouverture supérieure D, qui porte le nom de *gueulard*. L'air est projeté dans le fourneau par les tuyères T, au moyen de tuyaux, qui communiquent avec la machine soufflante. Il y a dans un pareil four-



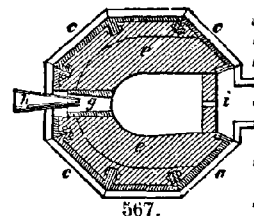
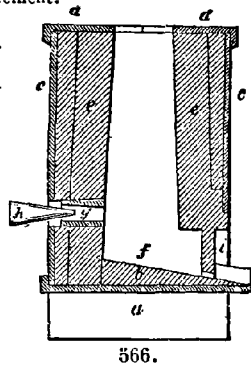
neau en roulement une colonne gazeuse ascendante qui s'échappe par le gueulard D, et une colonne solide descendante formée par le charbon et les minerais. En arrivant devant la tuyère, le charbon se brûle complètement; le minerai s'y fond et se sépare en deux parties, la fonte et les *laitiers*, sorte de verre formé par les éléments terreux du minerai et du fondant. Ces deux matières, la fonte et les laitiers, se réunissent dans le creuset A, où elles se séparent en vertu de leur pesanteur spécifique relative, et les laitiers s'écoulent au-dehors.

Les réactions qui s'opèrent dans les hauts fourneaux se déduisent naturellement des principes qui ont été exposés plus haut. Ainsi la *zone de fusion* des minerais se trouve occuper dans le fourneau une hauteur de 30 centim. à partir de la tuyère, et l'expérience prouve que la combustion du charbon s'opère en entier dans cet intervalle, et que la limite supérieure de la zone de fusion correspond précisément au point où l'acide carbonique est complètement changé en oxyde de carbone. La chaleur sensible que conserve la colonne gazeuse, après cette réaction, se communique aux matériaux so-

lides de la colonne descendante. Elle entraîne tous les éléments volatils du minerai et du charbon, comme l'eau du minerai, l'acide carbonique du calcaire employé comme fondant, et les produits de la distillation du charbon, en même temps que l'oxyde de carbone, ramène l'oxyde de fer à l'état métallique, en passant à l'état d'acide carbonique.

La transformation complète de l'oxygène atmosphérique en oxyde de carbone n'a pas lieu dans tous les fourneaux à cuve. Ainsi, par exemple, dans les cubilots (fig. 566 et 567), où l'on refond la fonte pour les moulages, on trouve que les gaz, à leur sortie du fourneau, renferment encore des proportions très considérables d'acide carbonique, bien qu'ils aient traversé une hauteur de 2 à 3 mètr. de fonte et de coke. Il y a évidemment avantage à ce qu'il en soit ainsi, puisque la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone produit à la fois uné consommation de charbon et une absorption de chaleur. Le maximum d'effet utile du combustible, dans le cubilot, correspondrait évidemment à la transformation de l'oxygène atmosphérique en acide carbonique seulement.

Au contraire, dans le haut-fourneau, il est nécessaire que l'acide carbonique se change complètement en oxyde de carbone, afin que le fer réduit dans la cuve puisse se carburer avant d'arriver dans la zone de fu-



tion. Cette carburation n'aurait pas lieu dans une atmosphère chargée d'acide carbonique, et même le fer s'y oxyderait en formant de l'oxyde de carbone.

La quantité relative des combustibles fixes qu'on emploie dans les fourneaux est loin d'être proportionnelle à leur pouvoir calorifique. Ainsi, si l'on compare le coke et le charbon de bois, on trouve qu'il faut en moyenne, dans le haut-fourneau, deux fois plus de coke que de charbon de bois pour obtenir le même poids de la même nature de fonte. Dans le cubilot, on trouve, au contraire, qu'il faut trois fois plus de charbon de bois que de coke pour refondre 100 kilogr. de fonte. L'expérience prouve également que dans les fourneaux à vent, comme par exemple celui employé pour la fabrication de l'acier fondu (voir fig. 24, art. Acier), le coke est beaucoup plus avantageux que le charbon de bois, et qu'on peut, en l'employant, obtenir 40° pyrométriques de plus qu'avec le charbon.

L'explication de ces résultats fort singuliers se déduit naturellement des notions que nous avons l'expérience sur la combustibilité relative des différents ma-

process de charbon. Ainsi, il paraît bien constant que le charbon de bois transforme l'acide carbonique en oxyde de carbone plus rapidement que le coke. Partout où l'acide carbonique devra être complètement changé en oxyde de carbone, il y aura d'avantage à employer le charbon de bois, puisque l'étendue de la zone oxydante avec celui-ci sera, toutes choses égales d'ailleurs, bien moins considérable qu'avec le coke. Quand, au contraire, on devra transformer le moins possible d'acide carbonique en oxyde de carbone, comme dans les cuillots, les fourneaux à vent, le coke sera bien préférable au charbon de bois. Nous supposons, dans tout ce qui vient d'être dit, que la calorie du charbon de bois n'est pas plus chère que la calorie du coke, ou, ce qui revient au même, nous cherchons quel est celui des deux combustibles qui permettra d'obtenir un effet donné avec la moindre dépense de calories, indépendamment de leur prix relatif.

On peut maintenant se demander pourquoi le charbon de bois transforme l'acide carbonique en oxyde de carbone plus rapidement que le coke. La porosité du charbon de bois me paraît pouvoir expliquer ce fait d'une manière satisfaisante. D'après M. Mitscherlich, le diamètre moyen des pores du charbon de bois est d'environ 1/100 millim. En comparant le poids du charbon sec supportés du même charbon imbibé d'eau et au diamètre des pores, M. Mitscherlich a calculé que la surface totale des cellules, dans un morceau de charbon de bois qui pesait 0^e.9565 était d'environ 8 mètres carrés. Comme les gaz peuvent pénétrer dans les pores du charbon, on voit que sous un faible volume il leur offre une surface très considérable, et que par conséquent l'action chimique peut s'effectuer tout entière dans un espace peu étendu. Le coke est loin de présenter une porosité comparable à celle du charbon de bois. Les mêmes considérations permettent d'expliquer pourquoi le charbon de bois, une fois allumé, continue à brûler à l'air libre, tandis que le coke s'y éteint très rapidement. Il ne paraît pas nécessaire, pour rendre compte des différences de combustibilité des divers charbons, d'admettre des différences dans leur nature chimique.

J'ai dit plus haut qu'on n'employait ordinairement dans les fourneaux à cuve que des combustibles carbonisés. On a proposé, il y a quelques années, de remplacer ceux-ci par des combustibles à l'état cru, et de nombreuses expériences ont été faites dans les usines à fer sur la substitution du bois au charbon dans les hauts-fourneaux. On pensait qu'on utiliserait dans le haut-fourneau toute la partie combustible que perd le bois pour se transformer en charbon. Mais l'expérience a prouvé que dans un fourneau alimenté en tout ou en partie avec du bois, celui-ci se carbonisait dans une certaine zone de l'appareil élevée bien au-dessus de la zone de combustion, en sorte que tous les produits de la distillation se dégagent avec les gaz de la colonne ascendante. On a constaté également que cette distillation du bois produisait une absorption considérable de chaleur latente et un grand abaissement de température dans la partie du fourneau où elle s'effectuait. On en est revenu presque partout à l'emploi exclusif des combustibles carbonisés. Il convient de dire toutefois que le bois torréfié ou charbon roux est encore employé avec avantage dans quelques hauts-fourneaux des Ardennes, et la raison en est, sans doute, que le bois torréfié laisse par sa distillation dans le fourneau une plus forte proportion de charbon qu'il n'en aurait donné si on l'eût carbonisé, à l'état naturel, par la méthode ordinaire de la torréfaction.

De la combustion des gaz. On a vu par ce qui précède que les gaz qui s'échappent à la partie supérieure des fourneaux à cuve contiennent encore beaucoup d'oxyde de carbone et d'autres gaz combustibles, tels que l'hy-

drogène, qui proviennent de la distillation du charbon. Il en résulte des flammes bleuâtres qui se continuent au gueulard tant que le fourneau est en roulement. On n'avait jamais songé à tirer parti de la chaleur qu'elles produisaient jusqu'en 1809, époque à laquelle M. de Bertot, maître de forges de la Nièvre, fit exécuter dans ses usines de nombreuses constructions pour tirer parti de la chaleur perdue de ses hauts-fourneaux et de ses feux d'affinerie. Il utilisa cette chaleur avec beaucoup de succès pour la cuisson de la chaux et des briques, pour le grillage des minerais de fer. Ses procédés furent décrits en 1814 par M. Berthier qui indiqua en même temps dans son mémoire plusieurs autres usages auxquels on pouvait appliquer cette source de chaleur, entre autres, le chauffage d'une chaudière à vapeur destinée à fournir la force motrice pour la soufflerie du haut-fourneau. Mais l'emploi des gaz combustibles des hauts-fourneaux n'a acquis dans la métallurgie une grande importance que depuis quelques années. L'on a reconnu que la chaleur développée par leur combustion était comprise entre les 2/3 et les 3/4 de la valeur calorifique du charbon introduit dans le fourneau.

Jusqu'à ces derniers temps, la combustion de ces produits gazeux s'opérait librement par l'air atmosphérique qui s'introduisait avec eux sous les chaudières ou dans les fours où leur chaleur devait être utilisée. Mais ce mode de combustion était fort imparfait, et il est facile d'en montrer la cause. Quand on brûle un combustible solide sur une grille ou dans un fourneau à cuve, l'air appelé par la cheminée ou projeté par la tuyère, s'introduit à la fois à travers tous les interstices que laisse le combustible, et l'absorption de l'oxygène de l'air est pour ainsi dire instantanée. Quand, au contraire, un volume de gaz un peu considérable se brûle à l'air libre, il n'y a combustion qu'à la surface de contact du gaz avec l'air, et il en résulte nécessairement que les flammes doivent se prolonger à une grande distance de l'orifice de sortie des gaz. Dans de pareilles conditions, il n'était pas possible d'obtenir de la combustion des gaz une température très élevée, à cause du déplacement continu du lieu de la combustion.

M. Faber du Faur, directeur de l'usine royale de Wasseralfingen (Wurtemberg), a complètement résolu le problème de la combustion la plus avantageuse des gaz, en injectant au milieu de ceux-ci, par un grand nombre d'orifices, un courant d'air chaud et comprimé. L'air et les gaz se mêlant presque instantanément, le lieu de la combustion se trouve invariable et à une petite distance de l'entrée de l'air et des gaz dans le four. M. Faber du Faur est parvenu à utiliser ainsi les gaz des hauts-fourneaux pour l'affinage de la fonte et même pour le soudage du fer.

Depuis la réussite des essais de M. Faber du Faur, on a monté des appareils pour le puddlage de la fonte au moyen des gaz des hauts-fourneaux dans plusieurs usines de France et de l'étranger. Les appareils de combustion ont des formes très variées, mais le principe de leur construction est identique à celui des fours de Wasseralfingen (voyez FER).

De la transformation des combustibles en gaz. La possibilité de développer de hautes températures au moyen de la combustion des gaz étant démontrée, on a dû naturellement se demander s'il ne serait pas avantageux de transformer les combustibles solides en gaz pour les employer à cet état. Des expériences faites à Audincourt (Doubs), en Prusse et en Autriche, ont résolu affirmativement cette question et ont prouvé qu'on pouvait utiliser ainsi, pour les usages métallurgiques, des combustibles d'un emploi nul ou peu avantageux à l'état solide.

Examinons successivement les différents moyens qu'on peut employer pour préparer des gaz combustibles.

4^e La distillation. La distillation, au vase clos ou

peut pas être employée avec avantage pour produire des gaz combustibles autres que ceux destinés à l'éclairage. Tous les combustibles laissent en effet par la distillation un résidu considérable de charbon qui ne serait pas gazéifié. D'un autre côté, pour avoir un volume de gaz suffisant pour le chauffage d'un fourneau, il faudrait un grand nombre de cornues chauffées extérieurement. Le service de ces appareils exigerait l'emploi d'un combustible pour la distillation, et une main-d'œuvre considérable pour le chargement et le déchargement des cornues. Ce mode de génération des gaz est donc industriellement impraticable.

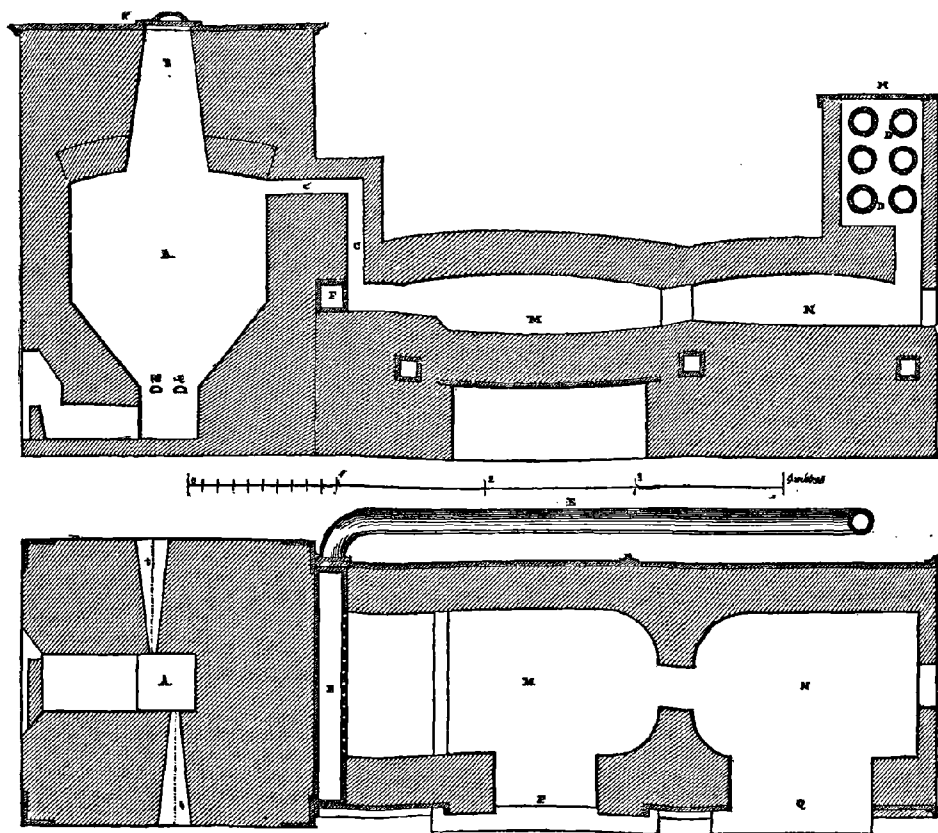
2° *L'action de la vapeur d'eau.* Supposons que l'on remplisse un cylindre en fonte avec du charbon, que ce cylindre soit porté au rouge par une source de chaleur extérieure, et qu'on le fasse traverser par un courant de vapeur d'eau fortement échauffée après sa sor-

celui fait plus haut. Il faudrait donc pouvoir restituer à chaque instant, dans l'intérieur du cylindre, la chaleur rendue latente par la décomposition de la vapeur. La quantité de gaz que peut produire chaque cylindre est donc limitée par la conductibilité pour la chaleur de l'enveloppe métallique et du charbon qui en remplit l'intérieur. Elle serait d'autant plus considérable que la température de la vapeur introduite serait plus élevée.

Les expériences faites ont confirmé très nettement les déductions théoriques qui précèdent, mais elles n'ont pas résolu la question industrielle.

3° *L'action de l'air seul.* Lorsqu'on fait passer un courant d'air forcé à travers un combustible, en couche épaisse, contenu dans un fourneau à cuve, nous avons vu que l'oxygène de cet air se changeait complètement en oxyde de carbone. Si l'on suppose que le combustible ne renferme pas de parties volatiles et que l'air soit

568.



569.

tie de la chaudière; la vapeur produira au contact de charbon de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, dans la proportion d'un volume d'oxyde de carbone et d'un volume d'hydrogène pour un volume de vapeur. D'après les expériences de Dulong, la combustion de l'oxyde de carbone et de l'hydrogène, développerait plus de chaleur que la transformation en acide carbonique du charbon solide qui leur a donné naissance. On en conclut nécessairement qu'il y a eu absorption de chaleur latente par le fait de la décomposition de la vapeur, et cette quantité de chaleur sera déterminée par un calcul semblable à

tout à fait sec, le gaz obtenu sera uniquement formé d'oxyde de carbone et d'azote dans la proportion de 34,4 du premier et de 65,5 du second. Avec l'air humide, on aura dans les gaz une certaine quantité d'hydrogène produite par la décomposition de la vapeur d'eau au contact du combustible incandescent. Enfin si le combustible contient encore des principes volatils, ceux-ci se dégageront par distillation avant que le charbon n'arrive dans la zone de combustion.

Les gaz produits d'après les principes que je viens d'indiquer, renferment très notablement plus de prin-

cipes combustibles que les gaz des hauts-fourneaux employés pour la fabrication de la fonte, et leur combustion permet de développer, dans un four à réverbère, les températures les plus élevées dont on ait besoin dans les arts métallurgiques.

Les données théoriques qui précèdent ont servi de base à la construction et à la mise en roulement, dans les usines de la compagnie d'Audincourt, de fours à réverbère alimentés par des *générateurs de gaz* représentés en coupe et en plan par les fig. 568 et 569.

Le générateur de gaz A est un fourneau à cuve très large, qui reçoit l'air atmosphérique par une ou deux tuyères, *t*, *t*. On charge le combustible par l'ouverture B, qui forme la partie supérieure d'un vide conique et qui est fermée dans l'intervalle de deux charges. Les gaz arrivent dans le four à réverbère par le conduit C; l'air qui doit les brûler est projeté par la caisse à vent F, percée de deux rangées de trous, au moyen desquels la combustion des gaz s'achève dans l'espace peu étendu placé immédiatement avant la sole M du four. L'air qui produit la combustion des gaz est chauffé, avant d'arriver dans la caisse F, par son passage à travers les tuyaux D, chauffés par la chaleur perdue du four, et l'on peut facilement porter sa température à 300°. Je ne dirai rien sur la construction du four qui sert pour fabriquer des tôles soudées, puisque sa disposition doit varier avec l'usage auquel on le destine.

Le combustible qu'on emploie dans le générateur A est de la petite braise, qui se trouve principalement au cœur des meules de carbonisation, et comme résidu dans les halles à charbon. L'analyse des gaz obtenus avec ce combustible m'a donné pour leur composition :

Acide carbonique.	0,5
Oxyde de carbone.	33,3
Hydrogène.	2,8
Azote.	63,4
	<hr/>
	100,0

Résultat qui est bien d'accord avec les indications théoriques qui précèdent.

Le chargement du combustible par l'ouverture B, ne s'opère qu'à d'assez longs intervalles. On attend pour recharger le générateur que le soudage des pièces soit achevé. Si en effet on introduisait du charbon froid dans le générateur, la température des gaz qui s'en dégagerait par le rampant C s'abaisserait considérablement, et il en serait de même pour la température du four.

Il est facile d'expliquer pourquoi dans les dispositions précédentes, on a accolé le générateur au four à réverbère. Les gaz qui proviennent du passage de l'air à travers le charbon possèdent une température élevée, et qu'on peut bien évaluer en moyenne à 500 ou 600°. Si le générateur était éloigné du four, une grande partie de cette chaleur serait perdue par les conduits, et la température de combustion s'abaisserait dans le four. Avec la méthode adoptée pour le chargement du charbon, on voit que la température des gaz augmente à mesure que l'opération avance, et par conséquent la température de combustion doit s'accroître jusqu'à la fin, circonstance très favorable au succès de l'opération.

On explique de même l'avantage que l'on a à employer, pour la combustion des gaz, de l'air chaud au lieu d'air froid. Il en résulte une élévation correspondante de la température de combustion, et nous avons vu plus haut que plus la température de combustion est élevée, moins on consomme de combustible pour produire un effet déterminé. Au reste, la température produite dans le four à réverbère, représenté ci-dessus, est tellement élevée, qu'on a dû réduire la température de l'air comburant à 450°. Quand il est chauffé à 300°, il est presque impossible d'empêcher la fusion de la

voûte du four après quelques jours de roulement, bien qu'elle soit formée des matériaux les plus réfractaires.

La quantité de gaz qui arrive dans le four est proportionnelle au volume d'air qui pénètre dans le générateur par les tuyères *t*. On règle la quantité d'air nécessaire pour la combustion des gaz au moyen d'un registre. Comme la combustion s'opère ici sous pression, il sort toujours une flamme par la porte F du four. On juge facilement, d'après la couleur qu'elle présente, s'il y a excès d'air ou de gaz dans le four. Une flamme bleuâtre annonce la présence de l'oxyde de carbone non brûlé, tandis qu'une flamme courte et jaunâtre indique un excès d'air. En analysant les produits de la combustion dans le four, on a reconnu qu'au moyen des apparences de la flamme, on pouvait arriver très aisément à doser exactement l'air et les gaz, de façon à produire une combustion complète sans introduire un excès d'oxygène.

Pour que le générateur de gaz marche d'une manière continue et régulière, il faut qu'on puisse se débarrasser facilement des résidus de la combustion. En ajoutant au charbon un fondant, dont la nature et la proportion sont déterminées par la composition des cendres, on forme un laitier qui se rassemble dans le creuset et s'écoule par la partie inférieure du générateur. La régularité de la marche de ces appareils à Audincourt est très remarquable. On les laisse pendant plusieurs mois en feu sans qu'ils aient besoin de réparations.

En substituant du coke au charbon de bois dans le générateur, on obtient des gaz dont la composition est tout à fait comparable à celles des gaz de charbon, car ils renferment :

Acide carbonique.	0,7
Oxyde de carbone.	33,5
Hydrogène.	1,5
Hydrogène sulfuré.	0,2
Azote.	64,4
	<hr/>
	100,00

Comme le coke contient 40 à 45 p. 100 de cendres argileuses, il faut ajouter un fondant qui sera du calcaire, auquel on pourra joindre une certaine quantité de scories de forges. Avec cette addition, la marche du générateur alimenté au coke est aussi régulière que dans l'alimentation avec la braise. On pourra vraisemblablement tirer parti, de cette manière, des débris de coke ou *escarbilles* qui passent à travers les grilles des fours à réverbère.

On a fait aussi quelques expériences sur l'emploi des combustibles à flamme dans des générateurs de gaz analogues à celui qui a été décrit plus haut. En l'alimentant avec du bois simplement desséché à l'air, les gaz produits se composaient de :

Acide carbonique.	7,23
Oxyde de carbone.	32,40
Hydrogène.	10,26
Azote.	50,11
	<hr/>
	100,00

Ces gaz étaient troubles et abandonnaient par leur passage à travers un long tube une proportion assez considérable de produits liquides, identiques avec ceux que fournit la distillation des bois. La proportion de ces produits liquides a été trouvée de 0^m,478 pour un litre de gaz supposé sec.

L'expérience a montré que l'oxygène de l'air projeté par la tuyère dans le générateur, se changeait complètement en oxyde de carbone avant d'arriver dans la région où le bois se distille, en sorte que celui-ci se carbonisait comme en vase clos. La température des gaz qui s'échappaient du générateur était à peine

COMBUSTIBLES.

supérieure à 400°, et l'on peut en conclure que la chaleur sensible qui restait à la colonne ascendante après la formation de l'oxyde de carbone, a été entièrement employée à produire la distillation du bois.

Les gaz produits avec le bois renferment près de 43 p. 400 de principes combustibles, notablement plus que les gaz de charbon, et cependant leur combustion ne donnerait pas une température aussi élevée que celle de ces derniers, si on brûlait les gaz immédiatement à leur sortie du générateur. Cela tient à la faible température de ces gaz et à la grande quantité de produits liquides qu'ils entraînent, lesquels sont formés principalement d'eau, et abaisseraient considérablement la température de combustion. Il faut ici que le générateur soit à une certaine distance des fours, et que les gaz circulent à travers des récipients d'un volume suffisant pour déterminer la condensation des vapeurs. Il faut de plus que ces gaz arrivant au four à réverbère soient réchauffés à chaleur perdue du four, comme l'air employé à la combustion des gaz. En suivant cette marche, on peut être certain que les gaz du bois donneront une température au moins égale à celle des gaz de charbon. On obtiendrait de plus, dans les condenseurs, de l'acide pyroligneux et du goudron, dont la valeur doit être prise en considération.

Pour la tourbe et les combustibles qui s'en rapprochent par leur composition, comme les lignites, il sera convenable d'opérer comme pour le bois, c'est-à-dire de condenser les produits liquides qui sont peu combustibles et de réchauffer les gaz à chaleur perdue.

En brûlant le bois, la tourbe et les lignites à l'état cru sur les grilles des fours à réverbère, on sait qu'on n'arrive pas à de très hautes températures, et leur composition en rend bien raison. En transformant au contraire ces combustibles en gaz, il est facile de les utiliser pour la production des températures les plus élevées. La séparation des produits liquides de leur distillation, l'échauffement de l'air comburant et des gaz combustibles, sont les trois conditions auxquelles il convient de satisfaire.

On emploie en Silésie la houille dans des générateurs de gaz, qui alimentent des fours de mazaige et de puddlage. En Autriche, on suit des procédés analogues pour l'emploi des lignites terreux et de mauvaise qualité. La combustion des gaz qu'ils produisent permet d'obtenir aisément la température nécessaire au puddlage de la fonte. Les générateurs employés en Autriche n'ont pas la même forme que celui décrit plus haut, mais les principes de la formation des gaz sont identiques.

Il convient d'ajouter ici que la compagnie d'Audincourt n'a pas pris de brevet d'invention pour les procédés décrits plus haut, et qui ont été établis dans ses usines à la suite d'expériences qui y avaient été exécutées aux frais de l'État. Ces procédés sont donc dans le domaine public.

4° *Emploi simultané de l'air et de la vapeur d'eau.* Si l'on injecte dans la tuyère d'un générateur, comme celui d'Audincourt, de l'air et une certaine quantité de vapeur d'eau; on reconnaît immédiatement qu'il en résulte un grand abaissement dans la température du fourneau. L'œil de la tuyère qui était d'un blanc éblouissant quand on n'injectait que de l'air devient rouge, et les scories produites par les cendres du combustible ne fondent plus. On conçoit que l'absorption de chaleur rendue latente par la décomposition de la vapeur limite nécessairement le volume de celle-ci. En la chauffant à sa sortie de la chaudière, on pourra en introduire une quantité d'autant plus considérable que sa température sera plus élevée. Dans une expérience où le volume de l'air était cinq fois plus considérable que celui de la vapeur d'eau, et où celle-ci était portée à une température

COMBUSTIBLES.

de 250°, j'ai obtenu, dans un générateur alimenté avec du charbon de bois, des gaz formés de :

Acide carbonique.	5,6
Oxyde de carbone.	27,2
Hydrogène.	44,0
Azote.	53,2
	400,0

On voit que la vapeur d'eau s'est décomposée au contact du charbon, de façon à produire de l'acide carbonique et de l'hydrogène, et l'acide carbonique n'a pas pu se changer en oxyde de carbone par défaut de chaleur disponible dans le générateur. La température des gaz sortant du générateur ne dépassait pas 200°; on pourra donc les conduire au loin sans perte notable de chaleur, et leur combustion pourra produire de hautes températures, puisqu'ils contiennent 44 p. 400 d'hydrogène et d'oxyde de carbone. Il sera avantageux d'agir sur ces gaz comme sur ceux produits avec le bois cru, c'est-à-dire de les réchauffer à la chaleur perdue du foyer où ils doivent être brûlés.

L'inconvénient que présente l'emploi simultané de l'air et de la vapeur d'eau consiste dans l'empêchement apporté par la décomposition de cette vapeur à la fusion des cendres du combustible. Cette difficulté aurait une grande importance avec des combustibles chargés de cendres, comme le coke, par exemple. Mais il me semble qu'il y aurait moyen de l'éviter, en introduisant la vapeur fortement chauffée, par un ou plusieurs orifices, situés à 30 ou 40 centimètres au-dessus des tuyères à air. La chaleur et la fusion des cendres se produiraient devant les tuyères à air, et la décomposition de la vapeur absorberait le reste de la chaleur disponible. Je ne sais pas que ce système ait encore été essayé.

Il ne serait pas convenable d'introduire de la vapeur dans des générateurs alimentés avec des combustibles à l'état cru, comme le bois ou la tourbe, puisque la chaleur disponible après la formation de l'oxyde de carbone est absorbée par les produits de la distillation.

En résumé, on voit que l'on possède des moyens faciles et économiques de transformer un combustible en un produit gazeux inflammable. Cette transformation préalable présentera-t-elle quelques avantages? C'est ce qu'il nous reste à examiner.

On peut transformer en gaz des combustibles chargés de cendres ou d'une faible valeur calorifique qui ne peuvent pas, dans l'état actuel, être utilisés avec avantage dans les opérations des arts. L'emploi du générateur de gaz a précisément pour résultat de dégager la partie combustible de la partie minérale. On a vu, d'un autre côté, qu'on pouvait condenser les produits liquides entraînés par les gaz, et développer alors par la combustion de ces derniers les températures les plus élevées dont on ait besoin dans les arts.

La substitution des gaz aux combustibles solides doit permettre de réaliser une économie sur le combustible. En effet, dans les procédés actuels le combustible est introduit froid sur la grille des fours et c'est de l'air froid qui est appelé par le tirage de la cheminée. Les combustibles gazeux ne doivent être brûlés qu'après avoir été fortement échauffés, et c'est de l'air chaud qu'on emploie pour cette combustion. On se trouve donc ici dans les circonstances les plus favorables pour obtenir une température de combustion aussi élevée que possible, et nous avons vu que plus la température de combustion était élevée, moins on consommait de combustible pour produire un effet déterminé.

Enfin un seul générateur de gaz établi sur des dimensions suffisantes peut alimenter à la fois un grand nombre de foyers. Dans les ateliers où l'on a souvent un grand nombre de foyers distincts, il serait probablement fort avantageux de remplacer les combustibles solides par les gaz. Avec une conduite générale de gaz

partant du générateur et communiquant par des embranchements avec chaque foyer, de façon à ce que l'ouverture d'un registre suffise pour introduire les gaz et l'air comburant en proportion plus ou moins considérable, suivant la température qu'on veut obtenir, on arriverait avec facilité à l'exécution de ce système.

La transformation des combustibles en gaz nécessite, il est vrai, une force motrice assez considérable pour l'injection de l'air dans le générateur, et ensuite dans les foyers de combustion des gaz : mais comme il n'y a pas de tirage à établir dans ceux-ci, on peut utiliser la totalité de la chaleur sensible des gaz après leur combustion et leur passage sur la sole du four, et cette quantité de chaleur perdue serait plus que suffisante dans la plupart des cas pour chauffer les gaz à brûler, l'air comburant et la chaudière à vapeur qui fournirait la force motrice pour la machine soufflante.

J. EBELMEN.

COMPENSATEURS. Voyez HORLOGERIE.

COMPTEUR. Instrument qui, comme son nom l'indique, sert à compter le nombre de révolutions d'un axe tournant ou celui des excursions alternatives de va-et-vient d'une tige, accomplies dans un temps donné. Il se compose ordinairement d'une série de rouages analogues à ceux des montres, faisant mouvoir des aiguilles sur des cadrans gradués. Lorsqu'il s'agit d'un axe de rotation, on en communique le mouvement à l'axe principal du compteur, soit au moyen de courroies, soit au moyen d'engrenages, soit au moyen d'un excentrique monté sur cet arbre et portant un cliquet qui fait sauter à chaque tour une dent d'une roue à rochet montée sur un des axes du compteur, soit en employant le mouvement de va-et-vient produit par cet excentrique pour faire marcher les aiguilles du compteur, au moyen d'un échappement à ancre ou à verge; dans ce dernier cas l'échappement ne sert qu'à laisser échapper à chaque oscillation une dent de la roue à rochet, mais le compteur reçoit le mouvement par un poids ou un ressort, tout à fait comme dans les horloges et les montres. Les excursions alternatives d'une tige se comptent exactement de la même manière.

On peut aussi monter sur l'axe tournant ou sur tout autre axe qui en reçoit un mouvement proportionnel, une vis sans fin qui engrène avec deux roues dentées de même diamètre juxtaposées. L'une de ces roues a 99 dents et est folle sur l'axe de la seconde roue qui porte en regard une aiguille qui se meut vis-à-vis de la première roue divisée en 99°. La seconde roue divisée en 400°, a 400 dents et se meut vis-à-vis un style ou repère fixe. La vis sans fin fait sauter une dent des deux roues à chaque tour. Avant de compter on amène les deux aiguilles à zéro; on fait alors engrener les roues avec la vis sans fin, et lorsqu'il s'est écoulé un certain temps, on désembraille : supposons, par exemple, que le repère fixe marque 76 et l'aiguille mobile 42, la vis sans fin aura fait 4276 tours, puisque par chaque tour de la seconde roue, ou par chaque centaine de tours de la vis sans fin, la première roue aura avancé d'une dent sur la seconde.

Nous parlerons à l'article ÉCLAIRAGE AU GAZ des compteurs d'un autre genre employés pour mesurer la quantité de gaz dépensée dans un temps donné par un embranchement pris sur le tuyau principal.

CONGÉLATION. Nous dirons à l'article GLACIÈRE comment on parvient à conserver pour les temps chauds la glace produite par les froids de l'hiver. C'est ainsi qu'on se procure à peu de frais les quantités énormes de glace qui se consomment dans nos pays; néanmoins le problème de produire à volonté de la glace offre de l'intérêt soit pour les pays chauds où la glace ne se produit pas, soit dans les campagnes où il n'a pas été formé de glaciers.

Pour congeler l'eau, il faut employer les moyens qu'indique la science pour produire le froid :

1° Dilatation des gaz. Quand un gaz a été fortement comprimé et qu'on lui donne issue, la dilatation produite à l'orifice de sortie produit un froid, qui varie en proportion de son état de compression. C'est par ce mode de refroidissement que M. Thilorier produit la congélation de l'acide carbonique, par un moyen fort remarquable, puisqu'il dispense de la dépense du travail considérable qu'exigerait la compression mécanique du gaz. Nous avons déjà dit à l'article *acide CARBONIQUE* comment il opère. Il introduit dans un cylindre de fonte de l'acide sulfurique et du bi-carbonate de soude (qui ne sont mis en contact qu'après la fermeture du cylindre); l'acide carbonique qui se dégage, par suite de la réaction, se liquéfie à 0° sous une pression de 36 atmosphères. En ouvrant un orifice par lequel le gaz sort de l'appareil, le refroidissement produit par la dilatation du gaz qui sort par cet orifice est de 93° au-dessous de zéro, et le gaz solidifié prend la forme d'une neige très divisée.

La compression exige l'emploi d'une trop grande force mécanique, ou des appareils trop dangereux pour s'appliquer à la production commerciale de la glace.

2° Evaporation. L'évaporation des liquides, par l'effet de la chaleur qu'ils absorbent pour passer de l'état liquide à l'état gazeux, est une source de froid dont l'action est plus facile à produire que celle de la dilatation des gaz. On a même plusieurs fois tenté d'employer ce procédé pour monter des fabrications régulières.

L'évaporation spontanée, considérable dans les nuits sereines et sans nuages de l'été qui se produit par le rayonnement, est employée de temps immémorial au Bengale. Une usine montée à Saint-Ouen, près Paris, n'a pu continuer avantageusement l'usage de ce procédé, à raison du prix peu élevé de la glace dans nos pays.

Les conditions à remplir sont d'augmenter la surface d'évaporation en disposant l'eau dans des vases peu profonds. Quand le ciel est serein et l'air calme, la glace se produit, même quand la température de l'air ambiant reste à 40° au-dessus de zéro.

On accroît cette action d'évaporation en plaçant de l'eau sous la cloche de la machine pneumatique, et faisant absorber l'eau évaporée par de l'acide sulfurique concentré, du chlorure de calcium, ou d'autres substances très hygrométriques. Ce procédé parut même à M. Pécllet ne pas être dénué de toutes chances de succès, dans une application sur une grande échelle.

MM. Taylor et Martineau ont construit en Angleterre des appareils destinés à produire de la glace par l'évaporation dans le vide, par des moyens analogues à ceux qui sont appliqués pour l'évaporation dans le vide des sirops de sucre (voyez SUCRE). Le vide se produit dans un vase en fonte ou en cuivre de grande capacité, au moyen d'une injection de vapeur que l'on condense en versant de l'eau à la surface. En mettant alors en communication avec cette capacité le vase renfermant l'eau, l'évaporation sera en proportion des volumes des deux vases, et pourra produire plus ou moins rapidement la congélation.

Des appareils de ce genre ont été employés dans les Indes pour produire de la glace, mais abandonnés à cause de leur prix trop élevé et des difficultés de leur emploi.

3° Mélanges frigorifiques. Les mélanges dits frigorifiques doivent leur propriété au refroidissement que produit en général la dissolution d'un corps solide dans un liquide, parce que le premier en passant à l'état liquide, fait passer à l'état latent une certaine portion de la chaleur sensible du mélange. Les proportions les plus convenables et les températures produites sont indiquées dans le tableau suivant :

CONGÉLATION.

I. Table des mélanges frigorifiques composés de glace, de sels chimiques et d'acides.

1° MÉLANGES FRIGORIFIQUES EN EMPLOYANT DE LA GLACE.

MÉLANGES.	parties.	ABAISSEMENT du thermomètre.
Neige, ou glace pilée.	2	20°
Sel marin.	4	
Neige, ou glace pilée.	5	24°
Sel marin.	2	
Sel ammoniac.	4	28°
Neige, ou glace pilée.	24	
Sel marin.	10	31°
Sel ammoniac.	5	
Nitrate de potasse.	5	
Neige, ou glace pilée.	12	
Sel marin.	5	
Nitrate d'ammoniaque.	5	

2° MÉLANGES FRIGORIFIQUES NE RENFERMANT PAS DE GLACE.

MÉLANGES.	parties.	ABAISSEMENT du thermomètre.
Sel ammoniac.	5	de + 40°,00 à - 16°
Nitrate de potasse.	5	
Eau.	16	de + 40°,00 à - 16°
Sel ammoniac.	5	
Nitrate de potasse.	5	de + 40°,00 à - 16°
Sulfate de soude.	8	
Eau.	16	de + 40°,00 à - 16°
Nitrate d'ammoniaque.	4	
Eau.	4	de + 40°,00 à - 19°
Nitrate d'ammoniaque.	4	
Carbonate de soude.	4	de + 00°,00 à - 19°
Eau.	4	
Sulfate de soude.	3	de + 40°,00 à - 23°
Acide nitrique étendu.	2	
Sulfate de soude.	6	de + 40°,00 à - 26°
Sel ammoniac.	4	
Nitrate de potasse.	2	de + 40°,00 à - 29°
Acide nitrique étendu.	4	
Sulfate de soude.	6	de + 40°,00 à - 17°
Nitrate d'ammoniaque.	3	
Acide nitrique étendu.	4	de + 40°,00 à - 16°,44
Sulfate de soude.	5	
Acide sulfurique étendu.	4	de + 0°,00 à - 5°,00
Neige.	3	
Acide sulfurique étendu.	2	de + 0°,00 à - 2°,78
Neige.	8	
Acide hydrochlorique.	5	de + 0°,00 à - 1°,44
Neige.	7	
Acide nitrique étendu.	4	de + 0°,00 à - 4°,44
Neige.	4	
Chlorure de calcium.	5	de + 0°,00 à - 10°,00
Neige.	2	
Chlorure de calcium.	3	de + 0°,00 à - 10°,56
Neige.	3	
Potasse.	4	

Les mélanges de glace et de sel marin, qui descendent

CONGÉLATION.

beaucoup au-dessous de zéro, sont employés journellement par les glaciers pour préparer les glaces proprement dites, formées de sirops ou dissolutions qui placées à l'intérieur de vases contenant ces mélanges se solidifient rapidement.

On a souvent proposé d'employer les mélanges frigorifiques ne renfermant pas de glace pour produire celle-ci avec facilité dans les ménages, sinon très économiquement, au moins très aisément. La fig. 570 représente le congélateur Villeneuve, qui a été accueilli favorablement à l'exposition de 1844. Nous empruntons à M. Burat (Compte-rendu de l'exposition) la description de cet appareil, qui peut être utile dans un grand nombre de cas.

Le congélateur se compose :

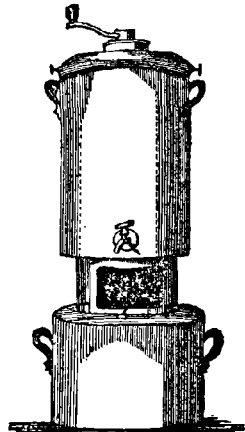
1° De quatre tubes ou vases cylindriques, s'enchâssant l'un dans l'autre et formant le corps principal de l'appareil.

Le premier et le deuxième tube sont soudés ensemble; l'intérieur du premier est rempli d'une substance non conductrice du calorique.

Le troisième adhère au deuxième par ses bords supérieurs et le ferme hermétiquement.

Le quatrième tube, ou sabotiers, s'enchâsse librement dans le troisième, mais il est lui-même hermétiquement fermé par un couvercle auquel est fixée une petite manivelle destinée à faire tourner la sabotière. Deux pitons à vis servent à la maintenir dans le troisième tube.

2° D'un vase cylindrique placé à la partie inférieure de l'appareil et servant de récipient aux matières réfrigérantes qui s'échappent du troisième tube au moyen d'un conduit fermant à soupape et traversant les deux premiers tubes. Cette partie de l'appareil se disjoint, au besoin, du corps principal dans lequel il est enchâssé, en le faisant tourner comme si on voulait ôter la baïonnette d'un fusil.



570.

Un petit entonnoir soudé en haut de l'appareil et un robinet fixé au bas du corps principal traversent les deux premiers tubes, communiquent avec le troisième et servent, l'un à l'introduction du liquide à congeler, l'autre à l'écoulement de l'eau refroidie.

Deux mélanges différents peuvent être employés à opérer la congélation. Le premier se compose de trois parties de sulfate de soude et de deux parties d'acide hydrochlorique.

Le second se fait avec une partie de nitrate d'ammoniaque et une partie d'eau. Ce dernier mélange détermine moins rapidement la congélation, mais en revanche il est moins coûteux, car il peut servir de nouveau, après qu'on lui a fait perdre par évaporation la quantité d'eau qu'on lui avait ajoutée. L'opération n'offre d'ailleurs aucune difficulté. Voici un quelques mots comment il faut la conduire :

1° Enchâsser le troisième tube dans le deuxième et visser le conduit à soupape.

2° Verser dans le deuxième tube, par le petit entonnoir, l'eau à congeler, et dans la sabotière, le liquide et les substances à congeler.

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES.

3° Introduire le mélange réfrigérant dans le troisième tube, en commençant par le sulfate de soude pour le premier réfrigérant, par l'eau pour le second.

4° Plonger la sabotière dans le troisième tube, et l'agiter vivement pour opérer la dissolution.

5° Faire écouler et renouveler le mélange à chaque période.

6° Faire écouler l'eau non congelée du deuxième tube, retirer de la sabotière la glace ou les substances congelées, et détacher du troisième tube le cylindre de glace.

7° Séparer le récipient du corps principal de l'appareil, jeter les résidus si l'on a employé le premier réfrigérant, ou les transvaser avec soin pour faire cristalliser de nouveau le nitrate d'ammoniaque si l'on s'est servi du second.

8° Laver toutes les parties de l'appareil à l'eau chaude, les essuyer fortement, puis les frotter avec du blanc d'Espagne, et les essuyer de nouveau.

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES. La plupart des substances végétales et animales, s'altèrent plus ou moins rapidement au contact de l'air atmosphérique, surtout lorsqu'il est chaud et humide; très fréquemment la substance en se putréfiant, se désorganise et se réduit d'abord en une masse pâteuse, en répandant une odeur plus ou moins forte et désagréable, et enfin se dessèche en formant un résidu terreux et presque pulvérulent qui porte le nom de *moisissure*.

Les matières azotées, et principalement parmi celles-ci les substances animales, s'altèrent et se putréfient beaucoup plus rapidement que les matières organiques non azotées; quelques-unes de ces dernières, telles que les résines, les corps gras, les huiles volatiles, etc., ne paraissent pas susceptibles d'éprouver la fermentation putride, et préservent de toute altération les corps qui en sont suffisamment imprégnés. La putréfaction des matières azotées s'annonce par une odeur extrêmement fétide et repoussante, qui est peu ou point sensible pour les substances non azotées.

Nous parlerons des différentes fermentations, de leurs causes et de leurs produits, à l'article **FERMENTATION**, nous rappellerons seulement ici que la fermentation, qui n'est autre chose qu'une véritable combustion, qui transforme les éléments d'un corps organique en composés plus simples que ceux préexistants, ne se développe que dans des conditions bien déterminées qui sont ordinairement : une température de 0 à 400°, et souvent comprise entre des limites plus étroites; le contact de l'air humide. Le contact d'une matière en putréfaction excite de la façon la plus sûre et souvent la plus rapide, la putréfaction des substances animales avec lesquelles on les mélange.

Le principal produit de la fermentation est de l'acide carbonique, vient ensuite pour les matières azotées l'ammoniaque dont la formation paraît activer beaucoup la décomposition; enfin il se dégage quelquefois du gaz des marais (hydrogène proto-carboné), lorsque la putréfaction a lieu sous l'eau, et de l'hydrogène sulfuré (qui a une odeur d'œufs pourris), dans le cas de matières animales renfermant un peu de soufre.

Nous venons de dire que les conditions nécessaires pour que la fermentation s'établisse étaient l'accès de l'air, la présence de l'eau, et une température convenable; nous allons les examiner successivement.

Accès de l'air. Les substances organisées complètement soustraites au contact de l'air ou de l'oxygène, n'éprouvent point de fermentation. De la viande de boucherie introduite sous une cloche renversée sur la cuve à mercure et remplie d'acide carbonique ou d'hydrogène, se conserve des mois entiers sans acquérir la moindre odeur tandis qu'elle se putréfie rapidement dans les mêmes circonstances lorsqu'on remplit la cloche

d'oxygène ou d'air atmosphérique. D'après les expériences de M. Gay-Lussac le raisin exprimé dans le vide ou dans du gaz hydrogène pur fournit un moût sucré qui se conserve sans altération, mais qui éprouve la fermentation alcoolique aussitôt qu'on introduit quelques bulles d'air sous la cloche qui le renferme.

Présence de l'eau. Les substances organiques bien desséchées se conservent sans altération dans l'air sec comme cela arrive, par exemple, pour la colle-forte, qui en solution éprouve très rapidement la fermentation putride; cependant les matières organiques peuvent se conserver à l'état humide, lorsqu'on a saturé l'eau par un sel ou du sucre, ou qu'on y a ajouté quelques-unes des substances anti-septiques dont nous parlerons plus loin. On explique l'efficacité des sels, du sucre et de l'esprit de vin, en admettant que par suite de leur affinité pour l'eau ils la retiennent à l'état de combinaison et produisent ainsi un effet analogue à la dessiccation, tandis que d'un autre côté ils coagulent l'albumine, substance très putrescible. On est encore incertain sur le rôle que joue l'eau dans la putréfaction, à savoir si elle est décomposée et donne lieu à une formation d'ammoniaque et d'acide carbonique aux dépens de l'azote et du carbone de la substance organique, ou bien si elle en active seulement la marche en jouant le rôle d'un dissolvant intermédiaire qui facilite les réactions.

Chaleur. La température a une grande influence sur les progrès de la fermentation putride, en coagulant l'albumine; la fermentation n'a pas lieu au-dessus de 400° et elle cesse au-dessous de 0°; ainsi, Pallas a découvert dans le nord de la Sibérie renfermés dans les glaces éternelles, des restes d'animaux anté-diluviens, dont l'espèce n'existe plus, parfaitement conservés et dont la chair n'avait subi aucune altération.

Les différents procédés employés pour conserver les substances organiques consistent soit à les soustraire à l'action de l'air, de l'eau et de la chaleur, soit à les imprégner de substances telles que, la plupart des huiles volatiles, comme l'essence de térébenthine, divers sels métalliques, comme le sublimé corrosif et le perchlorure de zinc, et surtout la créosote; ces substances sont dites par cette raison *anti-septiques*.

1° **Dessiccation.** C'est le procédé le plus efficace, mais dans beaucoup de circonstances il ne peut être employé. D'une part, il est très difficile d'obtenir pour les objets d'un certain volume, tels que les quartiers de viandes de boucherie, une dessiccation complète et assez rapide pour qu'il ne s'opère pas pendant la durée de l'opération une altération partielle; et, d'autre part, les substances en se desséchant se racornissent, et ne peuvent plus reprendre entièrement leur saveur et leur état primitif, même après une cuisson prolongée; enfin, la dessiccation en grand cause beaucoup de peine et d'embarras, et par suite, n'est pas toujours avantageuse sous le rapport économique. La chair découpée en tranches minces et séchée au soleil comme on le pratique dans quelques parties de l'Amérique, devient très dure, et fournit un aliment aussi peu savoureux que difficile à digérer. Un procédé bien préférable, mais aussi plus coûteux est le suivant :

On fait tremper, pendant 5 à 10 minutes, la viande à conserver découpée en morceaux du poids de 50 à 400 grammes, dans une chaudière remplie d'eau bouillante, puis on la retire et on la porte sur un treillis dans une étuve à air chaud dont la température doit être de 45 à 50° C.; on plonge ainsi successivement tous les morceaux de viande dans la même eau, qui se transforme en un consommé très concentré, auquel on ajoute s'il en est besoin, au fur et à mesure, un peu d'eau fraîche pour remplacer celle qui se perd par évaporation, et même un peu de sel et quelques épices; enfin on évapore ce consommé jusqu'à ce qu'il forme une solution gélatineuse qui se transforme rapidement en gelée par le refroidissement. Au bout de deux jours passés à l'étuve,

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES.

la viande est suffisamment desséchée, on l'en retire et on la trempe dans la gelée précédente que l'on a préalablement chauffée, puis on la reporte à l'étuve, de sorte qu'elle se trouve recouverte d'un vernis de colle de gélatine, dont on peut augmenter l'épaisseur par une seconde immersion. Ainsi préparée, la viande se conserve sans la moindre altération, dans un lieu sec, et reprend à très peu près ses propriétés primitives lors de la cuisson.

La dessiccation est surtout employée pour conserver les fruits, qui tantôt sont desséchés entiers comme les raisins, les prunes, etc., tantôt sont d'abord coupés en quartiers comme les pommes. La dessiccation a lieu suivant le climat, soit au soleil, soit dans les fours de boulangerie, soit enfin dans des étuves. Ce dernier procédé a été appliqué récemment à la conservation des betteraves préalablement coupées en rondelles à l'aide d'une machine; ce procédé permet aux fabriques de sucre de marcher toute l'année sans interruption, tandis que l'emploi des betteraves fraîches restreint à l'hiver la durée de la fabrication, et s'il donne lieu à une certaine dépense en combustible, nécessaire pour opérer la dessiccation, cet inconvénient est presque balancé par les avantages suivants. Le volume des betteraves est considérablement diminué, ce qui facilite leur transport et le rend bien plus économique; la betterave desséchée se réduit aisément en une farine qui peut être traitée avec une quantité d'eau proportionnellement bien moins considérable, de telle sorte que l'on obtient un jus sucré beaucoup plus concentré et plus pur, dont le traitement ultérieur exige beaucoup moins de combustible et donne moins de déchet.

La compression jointe à la dessiccation a été expérimentée récemment avec succès pour la conservation des légumes.

2° *Salaison.* C'est un des procédés les plus employés pour conserver les substances alimentaires; il consiste simplement à frotter la viande avec du sel et à l'en saupoudrer, puis à la disposer par lits dans une terrine et à la surcharger de poids; au bout de quelques jours, on la retire, on la place de nouveau par lits séparés par des couches de sel, dans le saloir; puis on l'arrose avec la saumure qui s'en était écoulée par la pression, qu'on concentre quelquefois d'abord jusqu'à moitié de son volume primitif. Les poissons de mer et particulièrement les harengs, sont salés avec du sel gris; après les avoir lavés, on les fait tremper pendant 24 heures dans la saumure, puis on les met en caque. On sale également le beurre, le fromage, etc., pour les conserver.

On ajoute souvent au sel marin une certaine quantité de nitre qui paraît avoir une action très efficace. Parmi les autres sels, que leur saveur ou leurs propriétés empêchent d'employer pour la conservation des substances alimentaires, nous citerons particulièrement l'alun et le sulfate d'alumine. Ce dernier, en dissolution concentrée, est très employé dans les préparations anatomiques et pour conserver les cadavres (*procédé Carnal*), en l'injectant dans la veine carotide, d'où il se répand par les ramifications du système veineux dans toutes les parties du corps.

3° *Emploi de l'esprit de vin.* Ce procédé employé dans les préparations anatomiques et la conservation des fruits, réunit à la simplicité, la faculté de conserver aux substances organiques leur forme et leur état naturel, en permettant de les observer facilement à travers le liquide transparent qui les baigne, avantage immense pour les préparations anatomiques. Malheureusement, ce moyen de conservation, parfait d'ailleurs, ne peut avoir qu'un usage très restreint pour la conservation des substances alimentaires à cause de la saveur qu'il leur communique.

4. *Emploi du sucre.* Le sucre qui, en dissolution étendue, éprouve très aisément la fermentation alcoolique, surtout en présence d'un ferment, ne s'altère nul-

lement en dissolution très concentrée et peut alors servir comme agent de conservation; c'est ainsi que l'on confit, pour les conserver, les fruits, les racines, et un grand nombre de substances végétales.

5. *Emploi du froid.* Le froid s'oppose, comme nous l'avons dit, au développement de la fermentation; ainsi pendant l'été, on conserve facilement dans des glacières la viande de boucherie et autres substances alimentaires; de même, en Angleterre, on emballe dans de la glace les poissons, et particulièrement des truites, pour les expédier des lacs de l'Ecosse jusqu'à Londres.

6. *Soustraction du contact de l'air.* Dans cette catégorie nous mentionnerons d'abord le procédé de *Sweeney*, qui consiste à remplir un vase avec de l'eau complètement privée d'air, par une ébullition prolongée, à jeter au fond de la limaille de fer, à y introduire la viande à conserver, et à verser au-dessus de l'huile de manière à en former à la surface une couche de 4 à 2 centim.; cette couche s'oppose presque entièrement à la dissolution de l'air dans l'eau, et la petite quantité d'oxygène qui pourrait s'y dissoudre est absorbée par la limaille de fer; la viande se conserve ainsi pendant plusieurs mois sans altération.

Les procédés employés par le célèbre *Appert*, pour la conservation des mets déjà préparés, reposent également sur le principe de la soustraction complète du contact de l'air. A cet effet, il introduit les mets tout préparés dans une boîte en fer-blanc de grandeur convenable, soude le couvercle qui porte une petite ouverture par laquelle il achève de remplir entièrement la boîte de sauce, puis soude enfin une petite pièce de fer-blanc sur cette ouverture. Il plonge ensuite ces boîtes pendant 1/2 à 1 heure, suivant leur grosseur, dans un bain d'eau bouillante, afin de combiner avec les éléments de la sauce les dernières traces d'oxygène qui pourraient rester dans les boîtes, qu'il recouvre enfin pour plus de sûreté, après leur refroidissement, d'un vernis à l'huile.

« La méthode d'Appert, dit *Liebig*, est basée sur le même principe que le procédé de la fermentation de la bière avec dépôt (voyez BIÈRE DE BAVIÈRE, art. BIÈRE). Dans cette dernière opération, on sépare, par l'intermédiaire de l'air, toutes les matières putrescibles, à une température basse, à laquelle l'alcool ne peut pas s'oxyder; en les éloignant ainsi, on diminue la tendance de la bière à s'aigrir, c'est-à-dire à subir une métamorphose ultérieure. La même chose se pratique dans la méthode d'Appert; elle consiste à mettre l'oxygène en présence des légumes ou des mets qu'il s'agit de conserver, à une température élevée, où il y a bien combustion lente, mais non putréfaction ni fermentation. Par l'éloignement de l'oxygène, après que la combustion lente est achevée, toutes les causes d'une altération ultérieure se trouvent écartées. Dans la fermentation de la bière, avec dépôt, on enlève la matière qui éprouve la combustion; dans la méthode d'Appert, au contraire, celle qui la produit. »

Appert livre au commerce une grande variété de viandes ainsi préparées qui, d'après les nombreuses expériences auxquelles leur usage journalier dans la marine a donné lieu, se conservent des années entières sans éprouver d'altération. S'il y a eu une fermentation partielle dans l'une des boîtes, on le reconnaît à la vue de l'extérieur seul, par la déformation des parties planes causées par le dégagement des gaz.

Les petits objets, comme les petits pois, les haricots, etc., sont conservés dans des bouteilles en verre que l'on ferme avec de bons bouchons, et que l'on place ensuite dans un bain d'eau salée ou de vapeur chauffé à un peu au-dessus de 100°. Pour prévenir le casse des bouteilles, on emploie des chaudières munies d'un double fond percé de trous, et même on enveloppe préalablement les bouteilles dans des sacs en toile; après

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES.

quelques heures d'ébullition, on retire le feu et on laisse refroidir les bouteilles dans la chaudière; enfin on les capote. On peut introduire les petits pois et d'autres légumes à l'état cru dans les bouteilles; cependant il est préférable de les faire d'abord bouillir dans de l'eau, ce qui diminue leur volume, de telle sorte qu'il en tient davantage dans les bouteilles et qu'il y reste d'autant moins d'air. L'ébullition du bain-marie doit durer de une à deux heures, suivant la nature des légumes.

On peut aussi conserver assez longtemps le lait par les procédés d'Appert, en en remplissant une bouteille bien propre, la bouchant avec soin, et chauffant au bain-marie pendant 3/4 d'heure environ.

La plupart des procédés employés pour la conservation des œufs consistent également à soustraire au contact de l'air l'albumine ou blanc d'œuf; la coque qui est calcaire est très poreuse et suffit seulement pour retenir le blanc d'œuf, mais l'air la traverse avec la plus grande facilité. Ordinairement on place les œufs par étages, la pointe en bas, dans une terrine, que l'on remplit ensuite d'eau de chaux; la chaux s'infiltré à travers la coque, et forme en très peu de temps avec le blanc d'œuf un ciment très compacte qui bouche les pores de la coque, et s'oppose très efficacement à tout accès de l'oxygène dissous dans l'eau de chaux. Quelquefois on plonge les œufs frais pendant une à deux minutes dans l'eau bouillante, de manière à coaguler, à la surface seulement, le blanc d'œuf qui forme un enduit préservateur pour la partie non coagulée, on conserve ensuite les œufs au frais dans de la sciure de bois. Il vaudrait mieux enduire les œufs ainsi préparés et encore chauds d'une dissolution épaisse de gomme mêlée avec un peu de sirop de sucre, puis les conserver dans du poussier de charbon.

7. *Emploi de substances anti-septiques.* Parmi ces substances, on doit placer en première ligne, comme nous l'avons déjà dit, la créosote, dont la présence dans la fumée, ainsi que dans l'acide pyro-ligneux, est probablement la cause qui rend si remarquable l'emploi de ces deux agents comme moyen de conservation.

La viande à fumer est d'abord frottée avec du sel, et souvent aussi avec un peu de salpêtre, puis enfumée dans une hutte destinée à cet usage. Les bois feuillus sont préférables aux bois résineux qui communiquent toujours à la chair un arrière-goût désagréable. La règle essentielle à suivre, en fumant les viandes, est de ne produire que peu de fumée à la fois, et par suite d'augmenter beaucoup la durée de l'opération. Lorsqu'on produit trop de fumée, il est impossible d'obtenir un bon résultat; l'extérieur est déjà extrêmement fumé avant que l'intérieur le soit sensiblement. A la fin de l'opération seulement, on produit, pendant un temps très court, beaucoup de fumée, afin surtout de préserver la surface constamment exposée au contact de l'air.

La viande immergée pendant quelque temps dans l'acide pyro-ligneux, puis séchée à l'air libre, se conserve tout aussi bien que la viande fumée, mais elle acquiert un goût désagréable, ce qui fait que ce procédé n'est point employé pour la conservation des substances alimentaires.

Les autres substances anti-septiques, comme le sublimé corrosif, le perchlore d'étain et l'acide arsénieux, sont surtout employées pour la conservation des objets d'histoire naturelle et pour embaumer les cadavres. Une injection de sublimé corrosif en dissolution dans les veines, ou mieux une immersion dans cette dissolution, préserve parfaitement les cadavres de toute altération.

8. *Conservation de l'eau.* C'est un fait bien connu que l'eau conservée dans des tonneaux en bois se corrompt très facilement, ce qui paraît dû à ce qu'elle dissout peu à peu les matières extractives du bois, lesquelles une fois dissoutes ne tardent pas à entrer en putréfac-

tion; d'après les observations de Prechtl, le sulfate de chaux contenu dans la plupart des eaux se décompose alors et donne lieu à un dégagement d'hydrogène sulfuré, de sorte que l'eau n'est plus du tout potable.

Les tonnes en bois ne sont donc pas propres à conserver l'eau; aussi dans la marine emploie-t-on fréquemment des barriques en fer-blanc, où elle se conserve très bien, et dans le fond desquelles on a soin de mettre quelques morceaux de fer, sur lesquels se porte en grande partie l'action de l'oxygène dissous dans l'eau; mais ce moyen est assez coûteux, parce que le fer-blanc s'attaque aisément par la rouille.

Par suite des propriétés désinfectantes du charbon, on peut conserver de l'eau pendant assez longtemps dans des tonnes en bois carbonisées à l'intérieur sur une certaine épaisseur; seulement il convient de remarquer que l'efficacité d'une couche de charbon aussi mince ne dure qu'un temps limité.

Lorsqu'il s'agit de rendre potable de l'eau déjà corrompue, le charbon est le moyen le plus efficace et le plus généralement employé; nous reviendrons à ce sujet à l'article FILTRATION. Un autre procédé consiste à ajouter une très faible quantité d'alun en poudre, qui clarifie l'eau en précipitant la plus grande partie des substances organiques dissoutes, mais qui ne peut lui enlever l'odeur qu'elle a acquise; il réussit beaucoup mieux employé comme moyen de prévenir la corruption de l'eau.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS.

L'idée de l'établissement d'un lieu public où seraient conservés, et mis à la disposition de tout le monde, ayant intérêt à les consulter, des modèles d'outils, de machines, d'instruments, utiles aux manufacturiers, aux agriculteurs, aux ouvriers, fut une grande et noble idée, qui devait être féconde en heureux résultats, et donner une forte impulsion à l'industrie nationale. Elle remonte aux temps où fut fondée l'institution de l'Exposition périodique des produits de l'industrie française, qui devait servir à constater les pas en avant que l'institution du Conservatoire aurait fait faire aux arts, et aussi à ces mêmes temps qui virent naître l'École Polytechnique, institution noble et généreuse, qui a fait tant de bien et a fait jaillir tant d'éclat sur notre patrie. Après plusieurs essais, plus ou moins heureux, le Conservatoire des arts et métiers fut enfin établi dans l'ancienne abbaye Saint-Martin, dans un quartier très populeux, centre de l'active production, à la proximité de ceux qui devaient avoir le plus souvent besoin de visiter ses nombreuses collections, pour en retirer un utile enseignement. C'est sur le rapport de M. Grégoire, que la loi de prairial an VI fixa cette installation définitive.

Bientôt les modèles arrivèrent de toutes parts. Des dons particuliers, des achats faits par le gouvernement d'après les indications d'hommes d'un mérite éminent, firent des salles du Conservatoire le plus précieux musée industriel qui soit au monde; des existences entières d'hommes savants et zélés furent consacrées au développement, à la classification des richesses accumulées dans les immenses galeries de ce vaste établissement. Un ministre de l'intérieur dont le nom se retrouve toutes les fois qu'il est question de choses grandes et utiles à la nation, Chaptal, établit en ce lieu une école de filature, qui fut, dans un temps où l'art était encore si loin de ce qu'il fut depuis, un véritable bienfait pour le monde industriel. Il eût été heureux que ceux qui ont succédé à Chaptal, marchant sur ses traces, eussent successivement doté le Conservatoire d'écoles semblables pour les branches de la fabrication qui étaient arriérées chez nous. Ainsi on aurait établi une école de mécanique, à la tête de laquelle on aurait mis un habile mécanicien praticien, qui aurait appelé dans son école un professeur de théorie. On aurait pu ensuite établir une école d'horlogerie, sous la direction d'un Bréguet, etc., etc. Mais

les choses ne tournèrent pas ainsi, et l'enseignement pratique fut bientôt sacrifié à l'enseignement théorique, qui est certainement d'une haute importance, mais qui, pour les travailleurs, pour les ouvriers, est d'une utilité moins directe que le premier. Nous ne sommes pas de ceux qui affectent un superbe dédain pour l'art oratoire; nous pensons que dans beaucoup de circonstances, la parole est un grand moyen de civilisation, de propagation des bonnes idées, de perfectionnement moral; mais nous sommes obligés de convenir avec beaucoup de bons esprits, qu'on a un peu abusé de ce moyen, tout divin soit-il, et cela depuis 1814 surtout. Il fallait au Conservatoire beaucoup faire et peu parler; c'est tout le contraire qui a eu lieu depuis cette époque; ce n'est point avec des paroles seulement qu'on enseigne un art, un métier; c'est surtout par l'action, par l'exemple: cela est vrai pour les arts et métiers; cela est même vrai souvent pour les sciences: il faut des manipulations au chimiste, il faut à l'astronome des nuits passées à observer; il faut au médecin l'anatomie, la clinique. Si l'on en excepte la classe de dessin linéaire, on accorda bien peu de chose à la pratique, on donna beaucoup à la parole; on institua des chaires, confiées à des hommes sans doute très éloquents; mais l'opinion d'hommes savants a été que c'étaient des ateliers qu'il fallait plutôt instituer; parce que, disaient-ils, dans les arts et métiers, c'est faire, c'est produire, qui doit être le but; or, on ne fait pas en parlant; mais on fait en faisant. Ce n'est ni le bon vouloir, ni l'argent, il faut rendre cette justice, qui ont manqué; on a fait tout ce qu'on pouvait; mais dans ce qu'on a fait, ce qu'on devait faire n'a malheureusement pas été fait. Notre conscience nous contraint à le dire, l'excès de la parole a fait tort au Conservatoire.

Comme on augmentait sans cesse les collections de machines, de modèles d'instruments, sans qu'une haute sagacité présidât toujours infailliblement aux choix, il y eut bientôt encombrement, confusion; et sans partager le blâme déversé par des esprits chagrins, enclins à une critique trop amère, nous devons convenir que la visite de cet imposant établissement est devenue pour beaucoup de gens, ou une promenade pure et simple, dans un lieu renfermant des objets dignes d'exciter la curiosité, ou un casse-tête affreux pour celui qui veut retirer de sa visite ou d'utiles enseignements sur l'industrie en général, ou une instruction solide dans une branche spéciale. La grande majorité des modèles représentent des instruments vieillies, dépassés, abandonnés par la pratique qui marche toujours; et l'industrie nationale ne pouvant plus retirer aucun profit du temps passé à leur étude, le but de l'institution se trouvait manqué, et de toutes parts on réclama contre cet état de choses.

En 1837 ou 1838, le ministère lui-même reconnut que l'industrie nationale ne pouvait retirer aucun avantage de l'institution du Conservatoire des arts et métiers, et une commission fut autorisée de rechercher les moyens propres à *utiliser au profit de notre industrie l'institution du Conservatoire des arts et métiers*. Cette commission était composée de dix-huit personnes, portant, pour la plupart, des noms justement célèbres; mais malheureusement presque tous étaient des hommes de cabinet, des employés, des professeurs; il ne s'y trouva que peu d'hommes praticiens, deux ou trois, et encore de ces praticiens qui s'occupent plus de l'ensemble que des détails, plus de théorie que de pratique. Aussi, le résultat des travaux, consciencieux d'ailleurs de cette commission, fut-il la création de nouvelles chaires à ajouter aux chaires déjà existantes, l'ouverture de nouveaux cours; c'était continuer, amplifier, ce qui existait avant. L'institution du Conservatoire des arts et métiers sera-t-elle par ce moyen *utilisée au profit de l'industrie nationale*? L'avenir répondra.

L'attention publique éveillée sur cette grande question proposée par le gouvernement à la commission, plusieurs mémoires, fruits de méditations particulières, furent adressés au ministre, à l'effet d'aider les honorables membres dans leur travail. Que les idées proposées dans ces mémoires fussent ou non réputées impraticables, l'intention de ceux qui les fournissaient était louable, et bien que ces travaux n'aient pu être récompensés par la satisfaction qu'auraient éprouvée les auteurs à voir leurs idées se faire jour; peut-être les lecteurs seront heureux de les retrouver ici. C'est ce qui nous a déterminé à rendre public l'un de ces mémoires. Les hommes spéciaux jugeront.

« La question de haute importance qui vous est soumise, pour la solution de laquelle le gouvernement invoque l'appui de vos lumières et de votre expérience, peut être envisagée sous plusieurs aspects. C'est, assurément, parce que cette vérité a tout d'abord frappé les regards, que le ministre a cru devoir vous réunir en grand nombre, et qu'il a rassemblé en faisceau, dans la composition de la commission, toutes les hautes capacités dans chaque spécialité. L'industrie nationale profitera certainement des choix éclairés, et devra à votre heureuse et patriotique intervention des enseignements, des voies et moyens, qui lui imprimeront une salutaire impulsion.

« Le Conservatoire des arts et métiers ne saurait être considéré simplement comme de nobles archives dans lesquelles les nationaux, et même les étrangers, peuvent à chaque instant, pour chaque profession, venir admirer les efforts et les essais de nos pères laborieux; il doit être de plus une école de brillant enseignement industriel. La réputation méritée des professeurs, la libéralité, la puissance de leur langage porteront sans doute d'heureux fruits; et les bonnes théories, les saines doctrines industrielles se répandront parmi nos ouvriers. . . . D'une autre part, au moyen d'une belle publication, de planches bien gravées, des modèles choisis se répandent dans tous les lieux où l'on travaille.

« Il semble, au premier aperçu, que ces leçons, que ces publications, devaient suffire à tous les besoins de l'éducation industrielle; et, cependant, quelques personnes pensent, et le gouvernement paraît le reconnaître aussi, puisqu'il vous a réunis en commission, qu'il pourrait être ajouté encore quelque chose à ces moyens de perfectionnement.

« Un besoin se fait sentir vivement en France, c'est celui de bons ouvriers. Cette proposition paraîtra d'abord un paradoxe; mais, en l'examinant attentivement, on reconnaîtra qu'elle est juste en tous points. Les ouvriers français, il est pénible de le dire, mais nous devons avant tout dire la vérité, sont en arrière de ceux de la Belgique, de la Suisse, de l'Allemagne; nous ne parlerons pas de l'Angleterre, elle est hors ligne, sa supériorité est incontestable et incontestée. Et, pourtant, la nature a doué l'ouvrier français de qualités qu'elle a refusées à l'anglais, au belge, à l'allemand, à toutes les autres nations; elle lui a donné une imagination ardente, la facilité d'apprendre promptement, la soif de la gloire et de l'approbation; elle a fait, enfin, à l'ouvrier français, la plus précieuse des largesses en lui donnant, plus qu'à tout autre, ce tact, ce sentiment du bon et du convenable, que nous appelons le goût. Heureuse faculté, qui seule, jusqu'à présent, a soutenu sa réputation et l'a empêché d'être relégué dans les derniers rangs des capacités européennes. Car on trouve en France beaucoup d'ouvriers habiles, adroits; mais peu, très peu qui soient instruits. Un ingénieur, un entrepreneur de grands travaux réalisera plus aisément ses conceptions dans les pays dont nous venons de parler que dans le centre de cette belle France qui a un renom si retentissant d'intelligence industrielle.

« Les écoles d'arts et métiers, si elles sont dirigées par des hommes pratiques, seront de riches pépinières de bons ouvriers, d'ouvriers instruits; mais ce n'est pas ici le cas de nous occuper du bien qu'elles pourront produire, nous devons nous appliquer seulement à faire ressortir à vos yeux quelle part importante le Conservatoire des arts et métiers peut réclamer dans l'instruction industrielle, c'est-à-dire, dans la production des bons ouvriers; éléments radicaux de toute fabrication. »

« Ainsi donc, pour que le Conservatoire des arts et métiers puisse être utilisé au profit de l'industrie nationale, il faut qu'il devienne une école industrielle qui dote la France de ce qui lui manque, d'ouvriers instruits, de bons ouvriers. Récapitulons ce qu'on a fait : voyons ensuite ce qui est à faire pour atteindre ce but. »

« Avant toutes choses, établissons bien clairement ce qu'on entend par un bon ouvrier. Un bon ouvrier est l'homme intelligent, instruit, rangé, qui fait vite et bien. Ainsi, deux conditions essentielles : l'une morale, l'intelligence, la science, la bonne conduite : l'autre toute physique, faire vite et bien. Qu'a fait le Conservatoire des arts et métiers pour que ces deux conditions soient remplies ?

« L'intelligence, c'est un don particulier de la nature. Le Conservatoire des arts et métiers, non plus qu'aucune autre institution, ne pourra jamais doter de ce présent celui qui ne l'aura pas reçu de ses pères; mais, heureusement, comme nous l'avons dit, l'intelligence est chose commune en France.

« La science, les leçons, les cours, la parole des professeurs, l'exhibition des modèles, la publication imprimée et gravée des modèles, pourront la donner en partie.

« La bonne conduite, c'est aux efforts des particuliers, c'est aux bons livres, tels que ceux qui ont été publiés par M. Bergery de Metz, à donner aux ouvriers des habitudes d'ordre, à en faire des hommes rangés; cette mission ne peut être celle des professeurs du Conservatoire; ils ne font pas des sermons, mais des leçons.

« Donc, relativement à la condition morale, le Conservatoire, organisé comme il l'est, ne peut donner que la science, ou du moins, partie de la science.

« Quant à la condition physique, donner les moyens de faire vite et bien, le Conservatoire, organisé comme il l'est, ne paraît nullement propre à la remplir.

« Quels ont été, en effet, les moyens employés pour que ces deux conditions se trouvaient suffisamment ? Ce fut, 1^o l'exposition hebdomadaire des machines employées dans toutes les parties des arts et métiers; 2^o des cours de dessin de ces mêmes machines, et d'autres cours, savamment appropriés à toutes les intelligences sur les théories mécaniques, chimiques, physiques, et sur l'économie industrielle.

« Ces moyens ont-ils été suffisants pour produire de bons ouvriers, et en grand nombre ? Non, ont dit les manufacturiers, les chefs d'usines, les directeurs d'ateliers : Non, a dit le gouvernement, puisqu'il a nommé une commission chargée de rechercher les moyens d'utiliser au profit de notre industrie l'institution du Conservatoire des arts et métiers.

« Pourquoi ces moyens ont-ils été insuffisants ? La réponse pourrait être brève; mais peu claire. Il convient donc d'entrer dans les détails qu'elle comporte.

« L'exposition des modèles des machines ne peut suffire, parce qu'elle ne dit point à l'ouvrier ce qu'il importe surtout de lui dire : Quels ont été le mode, les moyens d'exécution employés pour la confection de chaque machine, combien elle a dû coûter, en combien de temps elle a dû être faite... Quand un industriel, maître, contre-maître, ou simple ouvrier, voit une machine à travers un vitrage, ou, même quand il peut tourner autour, peut-il se rendre raison de la somme de

force motrice qu'il faudra dépenser pour la faire fonctionner ? Peut-il se figurer quelle sera son allure ? peut-il savoir quelle sera la qualité ou la quantité de ces produits ? L'affirmative est bien difficile à croire. Peut-il, lorsqu'il suit la longue file des machines exposées, qui, toutes, par des moyens divers, sont destinées à remplir la même fonction, à donner les mêmes produits, discerner celle qui, seule, mérite de fixer son attention ? Cela est encore bien difficile à concevoir.

« Dans ce palais de merveilles, dans ce labyrinthe de féeries, quelle que soit la précision de son indicateur, et la complaisance à toute épreuve des proposés, pourra-t-il arriver juste à la rencontre de l'objet qu'il cherche, qu'il vient chercher de très loin peut-être ? En vain, fermera-t-il les yeux pour n'être point distrait à chaque instant, pour n'être point sollicité de s'arrêter à chaque pas, afin de réserver son attention entière et forte pour la spécialité qui l'amène dans le sanctuaire des arts; bien rarement il aura la chance de rencontrer cet objet désiré; ou bien, lorsqu'il l'aura rencontré, il ne pourra s'en faire qu'une idée bien imparfaite qui s'effacera de son esprit avant qu'il soit rentré chez lui.

« Par ces considérations et par bien d'autres encore qu'il serait trop long de rapporter, les salles du Conservatoire sont remplies, aux jours d'ouverture, par ce même public, voyageur infatigable qui remplit les salles du cabinet d'histoire naturelle, les galeries de tableaux, celles des antiques, des médailles, les bibliothèques, etc. C'est un musée que les oisifs et les touristes ont inscrit sur leur carnet, qu'ils se croient dans l'obligation de visiter en voyant Paris. L'industriel, l'ouvrier, qui pensent y trouver des lumières, n'en rapportent que des maux de tête intenses.

« Mais la publication gravée, accompagnée d'un texte explicatif, qui reproduit les modèles principaux, n'est-elle pas une compensation à la fatigue produite par l'agglomération de ces modèles ? Pour les chefs de manufacture, pour les ingénieurs; oui; sans doute : pour les ouvriers, non.

« Pour qu'un homme puisse s'instruire au moyen de la communication, écrite ou imprimée, de la pensée, il faut que ce moyen lui soit depuis longtemps familier; il faut qu'il lise sans peine, sans travail, sans que cette opération des yeux et de l'entendement le fatigue, et sans qu'elle exige de lui aucune contention d'esprit. Il faut que, dès l'enfance, ou du moins, depuis longues années, il ait fait un emploi fréquent de ce moyen de transmission, d'échange des idées. Celui dont toute la force intellectuelle est absorbée par l'action elle-même de lire, qui dépensera à l'accomplissement de cette action toute la force de son cerveau, celui-là ne retirera aucun profit de la lecture : et de même qu'une machine mal combinée absorbe toute la force motrice disponible pour être mise en mouvement et n'en transmet que peu ou point pour l'effet utile; de même, l'homme inculte, encore bien qu'il sache lire, s'il n'a pas fait de cet avantage un usage presque journalier, est incapable de rien apprendre par la lecture. C'est ce qui fait que nos ouvriers n'aiment point lire, et ne lisent point, si ce n'est des ouvrages futiles qui ne demandent aucune contention d'esprit. Une lecture sérieuse est une fatigue pour eux, et une fatigue sans résultat profitable.

« Les planches qui représentent les machines, pourraient, jusqu'à un certain point, parer à cet inconvénient : quand on met, non seulement entre les mains des ouvriers, mais même entre celles de personnes plus haut placées dans l'échelle intellectuelle un livre accompagné de figures, c'est toujours aux figures qu'on s'adresse, d'abord, pour prendre une idée sommaire de l'ouvrage; mais encore, ici, il faut un long apprentissage, une habitude, un usage fréquent, pour se livrer avec fruit à cette espèce de lecture, surtout lorsqu'il s'agit de dessins de machines : souvent l'ouvrier, dans les

traits déliés et compliqués d'un dessin de mécanique, ne voit que des traits confus, qui fatiguent son œil sans parler à sa pensée. Les gravures valent mieux que les descriptions pour les hommes incultes, mais ne sont encore qu'un moyen bien insuffisant. C'est ce qui fait que les ouvrages, même les mieux faits, publiés pour les ouvriers n'ont jamais produit tous les résultats qu'on était en droit d'attendre : les ouvriers ne les ont point lus.

« Les cours, les leçons orales, semblent, au premier aperçu, devoir produire de meilleurs effets : ici, la pensée se transmet par un agent dont les ouvriers ont l'habitude de se servir, la parole. Toute la force de leur entendement n'est pas absorbée par une opération intermédiaire, la lecture. Elle se porte entière sur ce que dit le professeur ; mais le langage des auditeurs n'est pas le même que celui du professeur qui leur parle : il est bien plus pauvre ; beaucoup d'expressions sont oubliées pour la première fois ; ces auditeurs ne sont pas habitués aux longues périodes, aux inversions ; la conception est lente chez eux, ils ont besoin pour comprendre des longs repos de leur dialogue, pendant lesquels leur esprit élabore les phrases perçues ; et cependant, au cours, le discours du professeur s'écoule rapidement, incessamment ; les idées se succèdent rapides et fugitives, et assez souvent ils n'ont pas eu le temps de bien comprendre celle qui fait la base, le point de départ de la démonstration. Comment en suivraient-ils les corollaires ?... Les leçons orales, elles-mêmes, ne produisent donc qu'un effet très limité.

« D'une autre part, les cours publics ont cet inconvénient grave, qu'ils ne s'appliquent et ne peuvent s'appliquer, en effet, qu'aux théories, qu'aux préceptes ; et que, par conséquent, ils s'adressent plus spécialement à ceux qui doivent commander qu'à ceux qui doivent exécuter : ils parlent aux maîtres et non aux ouvriers, ils tendent à former des manufacturiers, des ingénieurs, des directeurs de travaux ; mais nous sommes riches de ce côté : ce sont les bons ouvriers qui nous manquent, et les cours ne sont point aptes à les produire. Vainement a-t-on matérialisé l'enseignement de quelques branches, en faisant suivre la manipulation de l'expérimentation, lorsqu'elles ont été nécessaires à la démonstration, dans les cours de chimie et de physique ; ces louables essais n'ont pas produit le bien qu'on en attendait. Ces cours ont servi à rectifier un peu les idées des demi-savants ; ils n'ont pas élevé au rang de demi-savant celui qui ne savait rien : ils n'ont été d'aucun avantage pour l'ouvrier.

« Quant à la bibliothèque du Conservatoire, nous nous abstenons d'en parler, pour n'en point trop parler ; nous avons établi plus haut que la lecture ne peut suffire seule à instruire les ouvriers ; nous n'en dirons pas davantage à ce sujet.

« Ainsi donc, aucun des moyens employés, l'exposition des machines, les publications imprimées et gravées, les leçons orales, n'a produit l'effet désiré, la production en grand nombre des bons ouvriers.

« Il faut donc chercher ailleurs que dans ce qui a été fait jusqu'à présent les moyens d'utiliser au profit de notre industrie l'institution du Conservatoire des arts et métiers.

« Nous venons d'établir que ce sont les bons ouvriers qui nous manquent ; mais par ce mot ouvriers, on ne doit pas entendre seulement les journaliers ; l'artisan qui travaille seul, ou qui se fait aider dans son labeur par un ou plusieurs ouvriers, est dans le même cas que ces derniers : car, ce maître, c'est un ouvrier qui a ouvert boutique ou chantier, et qui paye patente. Sorti des rangs des journaliers, il n'a pas plus de savoir que les journaliers : il a seulement, lorsqu'il est plus âgé, plus d'expérience, on pourrait dire plus de routine.

« A Metz, à Paris, à Lyon, à Rouen, et dans quelques autres centres d'activité industrielle, en cherchant bien,

ou pourrait toutefois rencontrer peut-être, peut-être ! des ouvriers intelligents, instruits ; mais partout ailleurs les recherches pourraient être vaines. Ce n'est pas que nous prétendions jeter du blâme sur les ouvriers des petites localités. Cette pensée est bien éloignée de notre esprit ; nous savons pertinemment que dans les petites localités, on rencontre en bien plus grand nombre que dans les grandes villes des hommes de bon sens, de bons grands travailleurs, très adroits, très ingénieux et d'autant plus ingénieux, qu'ils sont contraints, réduits à leurs propres forces, d'embrasser plusieurs genres de fabrication, et de réunir en eux les talents d'ouvriers divers ; mais isolés, sequestrés, pour ainsi dire, ils ne peuvent jouir des découvertes faites par les aînés de l'industrie, et prendre leur part des lumières répandues par la communication des travailleurs entre eux ; ni suivre les progrès des masses, qui, de leur nature, marchent toujours en avant. Ainsi nous pouvons affirmer, sans que les ouvriers isolés en puissent prendre ombrage, que, hors les grands centres d'activité industrielle, on pourra peut-être trouver un ingénieur, un architecte, mais que les ouvriers manqueront. Les plans seront bons, mais l'exécution mauvaise, et tellement chère qu'il y aura souvent profit, lorsque cela sera possible, à faire venir de fort loin, de l'étranger même, quel que soit le coût des transports, les mécaniques, ou autres objets, qui auraient pu être confectionnés sur les lieux, si de bons ouvriers s'y fussent rencontrés. Chez nous, tout ce qui est fabrique, manufacture, usine, grand atelier, a fait des pas en avant, tandis que la boutique, le petit atelier sont restés ce qu'ils étaient il y a trente ans. Et comme il y a dix mille boutiques pour une fabrique, et comme certaines fabrications, la serrurerie, la menuiserie, la maréchalerie, l'horlogerie courante, la reliure, la ciselure, et beaucoup d'autres qui forment la majorité des fabrications resteront boutiques ; c'est donc vers l'amélioration de la boutique qu'il convient de diriger tous les efforts.

« Si l'on nous demande ce qui manque à la boutique, nous répondrons : des moyens d'exécution prompts et sûrs, un outillage plus parfait, des méthodes de faire vite et bien, afin que l'ouvrier, pour le même prix, augmente la somme de ses produits, afin que ces produits augmentés soient en même temps plus parfaits, afin que l'aisance et le bien-être de l'ouvrier se trouvent augmentés dans la même proportion.

« C'est l'outillage qui doit appeler d'abord toute l'attention ; car le proverbe dit : *Les bons outils font la moitié de la besogne*. Or, jusqu'ici, cette partie radicale de toute fabrication manuelle a été, pour son perfectionnement, livrée à l'aveugle hasard ; ce sont ordinairement les quincailliers et les marchands d'outils, qui seuls, dans leur intérêt privé qui n'a pas toujours été d'accord avec le progrès, ont fait le peu de bien qui s'est manifesté depuis une vingtaine d'années ; c'est le marchand qui très souvent a fait connaître à l'ouvrier l'outil qui était le plus propre à faciliter son travail, à augmenter la masse de ses produits, et conséquemment la masse de ses profits. C'est par son admirable outillage que l'Angleterre règne sur le monde industriel : c'est par ses méthodes de faire vite et bien, et à bon marché, qu'elle écarte notre concurrence sur les marchés étrangers.

« Ces moyens d'exécution, cet outillage perfectionné, ces méthodes de faire vite et bien, est-il au pouvoir de l'institution du Conservatoire des arts et métiers de les provoquer, de les propager, de les faire connaître partout ?... Nous pensons que cela lui est non seulement possible, mais facile, et si on nous demande par quels moyens, nous répondrons : Par l'établissement, dans le sein du Conservatoire des arts et métiers, de nombreux ateliers-modèles, qui seraient pour la majeure partie des métiers et professions de véritables et utiles écoles in-

industrielles, telles et plus développées encore que Chaptal ne les avait conçues.

« Les ateliers-modèles devraient être établis dans les chefs-lieux de départements. Nous avons donné en 1834, dans le n° de mai du *Journal des Connaissances utiles*, des moyens de parvenir à rendre au pays cet excellent service; nous avons évalué approximativement la dépense qu'entraînerait cet établissement; mais nous ne nous occupons ici que de l'établissement de ces ateliers au Conservatoire des arts et métiers de Paris. Ce serait de Paris que partirait l'exemple et que l'impulsion serait donnée; les ateliers-modèles des départements seraient une répétition en petit de ceux du Conservatoire des arts et métiers.

« L'atelier-modèle, pour chacune des principales professions industrielles, serait composé le plus souvent d'une seule chambre, qui pourrait être même très restreinte en étendue; car souvent un ouvrier n'a pour atelier qu'un très petit local, éclairé par une seule fenêtre, dans la majeure partie des cas. Dans ce lieu seraient réunis les outils, machines-outils, instruments propres à une seule et même profession, non point rangés sur des tablettes, mais mis à la portée de la main, et dans la place qui leur est le plus communément assignée dans l'arrangement d'une boutique bien tenue. Aucun de ces outils ou instruments ne sera double, aucun ne sera admis sans discernement. Il faudra qu'un jury, composé de maîtres renommés, ait déclaré que l'outil est le plus parfait des outils de même nature connus, pour qu'il obtienne l'honneur de l'admission. Cet honneur il le conservera jusqu'à ce qu'un autre outil plus parfait encore, reconnu tel par le jury, vienne le détrôner. Alors l'outil déclaré supérieur remplacera le premier qui sera enlevé de l'atelier-modèle, et porté dans une autre partie du Conservatoire destiné à devenir les archives de la profession; car si toutes les nouveautés étaient admises, si les outils surpassés restaient dans l'atelier-modèle, il y aurait encombrement, confusion, incertitude pour le visiteur, et le but qu'on se propose d'atteindre serait manqué. A la garde, à l'entretien de chacun des ateliers serait préposé un vétérinaire célèbre du métier, choisi au concours par le jury des maîtres, comme le plus instruit, le meilleur sujet, le plus digne. Ce serait ce gardien qui serait chargé d'expliquer, de faire comprendre aux ouvriers de sa profession, qui viendraient chercher la lumière dans l'atelier-modèle, la supériorité des outils et procédés exposés à leurs regards.

« Il se trouvera toujours dans l'atelier-modèle une certaine quantité de matière première, afin que l'ouvrier-gardien puisse, par lui-même, ou par le visiteur, si le gardien y consent, faire fonctionner l'outil ou la machine. Une récompense honorifique ou pécuniaire serait toujours accordée à l'ouvrier qui serait assez heureux pour avoir fait admettre un perfectionnement par le jury. Son nom serait cité; et lorsque, par la suite, les ateliers-modèles seraient institués par toute la France, l'outil agréé à Paris serait expédié à tous les ateliers-modèles des départements, qui pourraient l'adopter d'après la décision du jury, ce qui serait déjà un puissant encouragement, et pourrait dispenser l'administration de décerner une autre récompense. Dans tous les cas, les noms et adresses des auteurs seraient affichés dans l'atelier-modèle, ainsi que les prix de leurs outils perfectionnés. Par ce moyen, qui exciterait puissamment l'émulation des ouvriers, des fabricants, on aurait peu d'achats à faire; les modèles viendraient d'eux-mêmes briguer l'honneur de l'admission... Les matières servant à la fabrication, les pierres à aiguiser, les poudres employées pour le poli, les papiers de verre, les toiles émerisées, les colles, les huiles, etc., seraient admis dans l'atelier-modèle après avoir subi l'épreuve du concours.

« Spécifions ou déterminons un atelier-modèle, pour

bien faire comprendre ce qui précède; prenons au hasard, dans les trente ou quarante ateliers-modèles qui seront ouverts au Conservatoire; supposons que nous entrons dans l'atelier du forgeron. Dans une chambre au rez-de-chaussée, nous trouverons une forge à bâti circulaire, abordable de tous côtés; si ce mode a été jugé par le jury le mode le plus avantageux, un soufflet Rabier, si ce soufflet est toujours le meilleur connu, surmonté par le ventimètre le plus parfait; la tuyère sera à réservoir d'eau fraîche, si cette tuyère est toujours en possession d'occuper le premier rang sous le rapport de l'inalterabilité; une plaque d'âtre à huit sens, si on n'a pas trouvé mieux encore; les foyers à air échauffé de Taylor et d'Hoffmann, s'ils conservent leur supériorité; l'étau à chaud à ouverture parallèle, les marteaux à panne centrée; une enclume de tel ouvrier qui a remporté la médaille d'or à l'exposition des produits de l'industrie nationale; du charbon de tel pays déclaré être le meilleur, etc., etc.; il y aura là des fers de telle fonderie, des aciers de telle autre. Le vieux forgeron-gardien sera toujours là tout prêt à mettre le fer au feu, à démontrer l'excellence des outils et des matières employées; il pourra permettre à ce jeune homme, qui semble douter encore, de mettre lui-même le fer au feu et de frapper sur l'enclume. Il n'y aura jamais encombrement dans cet atelier, car il n'y viendra, à coup sûr, que des forgerons, des hommes de l'état. Les oisifs, les flâneurs se répandront dans les galeries des archives; mais, dans les ateliers-modèles, il ne se rencontrera que des hommes du métier, qui ont besoin de prendre connaissance de ce qui se fait le mieux, afin de pouvoir répéter ce mieux dans leur boutique.

« Si la nouvelle se répand parmi les menuisiers qu'il existe par le monde une machine très simple servant à percer facilement et correctement les mortaises, une mèche qui permet de percer, avec le même outil, des trous de diamètres très différents, des rabots sans coins, des guillaumes atteignant jusque dans les angles, des boudins faisant des rainures et des languettes à queue et autres perfectionnements, la première question qu'ils font, dans leur impatience de connaître ces outils, qu'il leur serait si important de connaître, est celle-ci: Y en a-t-il au Conservatoire? et quand on leur a répondu: Non, ils s'écrient, avec raison, dans leur dépit: A quoi sert donc le Conservatoire?

« Un serrurier entend vanter des filières doubles, bien plus faciles à faire et fonctionnant bien mieux que les anciennes, les étaux à genoux et autres outils; il court au Conservatoire, dans l'espérance de les voir: il revient fatigué de ses longues et inutiles recherches, chagrin de sa journée perdue.

« Un tourneur a vu à l'exposition publique des produits de l'industrie nationale, un tour, un support avantageux; il n'a pu en prendre le dessin dans la foule, dans la cohue, il se dit: Je les retrouverai au Conservatoire des arts et métiers dans l'atelier des tourneurs...; il se trompe; il n'y a pas un atelier de tourneur au Conservatoire. Si l'outil qu'il désire revoir et dessiner a été acquis par l'administration, ce qui n'est pas du tout certain, il sera perdu dans une foule inextricable d'outils de toute nature; et il faudra un hasard providentiel ou un an de visites assidues et tenaces pour le retrouver.

« Un maître mécanicien dit à son ouvrier: Alèse ce tube. L'ouvrier répond: Comment faire? — A quoi sert donc le temps que tu passes au Conservatoire? — On y dit, répond l'ouvrier, qu'il faut aléser; mais on n'indique pas quelle est la manière de faire cette opération. — Mais, pourtant, il me semble bien y avoir vu des aléseoirs. — Assurément, notre maître; mais avez-vous dans votre boutique une machine à vapeur de la force de vingt chevaux? — Il n'existe donc pas un endroit où les ouvriers mécaniciens puissent apprendre à connaître les meilleurs outils de leur profession? — Non: — On ne fait donc

pas un cours de technologie au Conservatoire? — Non. — Il serait pourtant le plus important de tous.

« Mais quand les ateliers-modèles seront établis, le maître ira voir celui de sa profession, il y enverra son ouvrier quand celui-ci lui répondra : *Je ne sais pas* : il n'y aura plus de pas et de temps perdus, plus d'incertitude, plus de fatigue. Quand le père ébéniste de Rouen, d'Amiens ou d'Orléans enverra son fils à Paris, sa recommandation la plus expresse sera d'aller au Conservatoire des arts et métiers prendre une connaissance détaillée de l'atelier d'ébénisterie, afin qu'à son retour on puisse plaquer dans sa boutique suivant les meilleures méthodes.

« Quand un ouvrier voyageur viendra dire à l'artisan de la petite ville : Vous faites mal, vous êtes en arrière; on ne fait plus ainsi à Paris. L'artisan, au lieu de se laisser induire en erreur par l'ouvrier qui vient de loin et qui veut faire le capable, lui répondra : Vous vous trompez vous-même ou vous voulez me tromper. L'atelier-modèle existe; c'est lui qui sera notre juge et nous mettra d'accord. Ce que vous dites n'existe pas à l'atelier-modèle; je l'ai vu lors de mon voyage à Paris : c'est moi qui suis dans la bonne route.

« L'atelier-modèle serait le régulateur dans chaque profession. Il exciterait une noble émulation entre les ouvriers. Heureux celui qui pourrait découvrir un perfectionnement ! il saurait désormais où le porter, où trouver des juges, des appréciateurs; et si sa découverte était goûtée, si son nouveau moyen d'exécution était admis, sa réputation grandirait parmi ses confrères; sa condition serait améliorée.

« A peine Paris serait-il doté de cette utile institution, que tous les chefs-lieux de département voudraient aussi en jouir. Des amateurs riches, des ouvriers retirés fourniraient les uns le local, les autres le matériel. Chacun voudrait attacher son nom à cette noble et profitable fondation, et l'administration publique aidant, les chefs-lieux d'arrondissement eux-mêmes ne tarderaient pas à suivre l'impulsion. Par ce seul moyen, l'ouvrier du village le plus arriéré dans l'industrie pourra le dimanche, lorsqu'il se rendra à la ville, visiter l'atelier-modèle de sa profession; il trouvera là une contre-épreuve de l'atelier-modèle de Paris; il puisera, dans cette nouvelle télégraphie, les moyens de faire vite et bien; il ne sera plus exposé à errer dans la recherche du mieux, il ne perdra plus son temps, il n'usera plus ses capacités en essais infructueux, et peut-être, un jour, un perfectionnement surgira-t-il d'une petite ville inconnue pour venir briller dans l'atelier-modèle de Paris.

« Les objets qui seront surpassés, et qui, ainsi que nous l'avons dit, seront extraits de l'atelier-modèle et transportés dans les archives de la profession, y seront classés par dates, avec le nom de l'inventeur et rangés par ordre de similitude. C'est dans ces archives de l'industrie que viendra l'écrivain qui vaudra faire l'histoire d'une profession quelconque. Il trouvera dans ce lieu rassemblé, sous un seul coup d'œil, tout ce qui a trait au sujet qu'il voudra traiter; il pourra suivre toutes les phases par lesquelles l'art a passé avant d'arriver à la perfection actuelle. Celui qui voudra reculer les bornes de l'art, qui ambitionnera la palme offerte par l'atelier-modèle, trouvera aussi dans ces archives les forces d'atteindre ce louable but : il y verra par quelles routes tortueuses l'art est arrivé du composé au simple; la vue des essais des autres lui servira à se garantir contre leur répétition inutile; il ne suivra pas une route déjà explorée, déjà battue; toute la force de sa conception ne s'usera pas à s'enfoncer dans des impasses; elle se réunira, dans toute sa plénitude, contre l'obstacle à vaincre, et l'obstacle sera plus souvent vaincu.

« Le Conservatoire des arts et métiers sera alors utilisé au profit de l'industrie nationale; nous aussi, alors nous aurons de bons ouvriers et, avec cet élément

de succès, la fabrication française ne connaîtra pas de rivale... »

En dehors de ces classifications par profession, des machines, outils, instruments, déposés au Conservatoire, on ne rencontrera jamais que confusion et encombrement : la classification que la société a adoptée doit faire loi, tout autre, fût-elle plus rationnelle, doit être écartée; or, du classement des outils par profession à l'établissement des ateliers-modèles, il n'y a qu'un pas facile à faire. PAULIN DESORMEAUX.

CONSTRUCTION DES MACHINES. Il y a trente ans à peine, l'Angleterre possédait seule de grands ateliers de construction de machines; mais le mouvement industriel s'est rapidement propagé, et avec lui la fabrication des machines a pris une extension considérable.

Aujourd'hui, l'Amérique du nord se pose en rivale de sa mère-patrie, et commence à lui enlever les grandes commandes de machines. Ainsi récemment, un constructeur américain a emporté d'assaut l'adjudication de quarante locomotives demandées par le gouvernement russe.

La Belgique, nation improvisée d'hier, hardie et imprévoyante, a tout d'abord organisé le travail industriel, et partant, la construction des machines sur une échelle audacieuse.

Le rapide développement de la navigation à vapeur sur le Rhin et l'Escaut, a donné naissance à d'importants ateliers de construction en Allemagne et en Hollande.

La France, procédant avec une allure très réservée, d'abord, et trop timide peut-être, a marché lentement dans cette voie de création de grands ateliers; mais bientôt elle s'est hâtée, et à cette heure elle se présente dans la lice industrielle, forte déjà d'épreuves importantes et décisives. La filature et le tissage mécanique, importés et rapidement développés sur le sol français, ont oublié déjà le chemin du marché anglais, et demandent leurs métiers presque exclusivement aux constructeurs de Paris et de l'Alsace.

A l'aide des théories mécaniques des Poncelet, des Coriolis, des Bélanger, les moteurs hydrauliques ont été établis sur des principes ou nouveaux ou perfectionnés. Les turbines étudiées par MM. Burdin et Fourneyron, et rendues facilement calculables par MM. Bélanger, Walter et Combes, se sont propagées, enrichissant ainsi l'industrie d'un moteur à peu près nouveau, dont les dispositions, ingénieuses et commodes, simplifient dans un grand nombre de cas les transmissions de mouvement du moteur au récepteur, en utilisant le mieux possible la puissance motrice des cours d'eau.

Sous la main des constructeurs français, et avec les calculs théoriques des géomètres français, la machine à vapeur s'est enrichie de la détente variable; perfectionnement des plus ingénieux et dont les résultats économiques ont une grande importance. Les machines à vapeur anglaises, souvent irréprochables, sous le rapport de la disposition, de l'exécution et de la marche régulière, consomment beaucoup de combustible, et sont presque toujours chargées en matière. Aussi, le jour n'est pas loin où la France, pour ses usines, comme pour sa navigation fluviale et maritime, préférera les appareils de construction toute française. A l'appui de cette prévision, on peut citer : 1° les machines de 450, 220 et 160 chevaux, livrées déjà par nos constructeurs au gouvernement français; 2° les bateaux du Rhône et de la Saône; 3° les bateaux de la Loire.

Les machines locomotives, amenées à un point de perfection vraiment remarquable par les constructeurs anglais, n'ont pas tardé à occuper les ateliers français. Là encore, l'esprit français a imprimé son caractère, et l'idée de la chaudière tubulaire appartient à M. Ju-

les Séguin. Plus récemment, un ingénieur alsacien, M. Meyer, a heureusement appliqué la détente variable aux locomotives. La création des chemins de fer a déjà donné naissance à d'importants et remarquables établissements de constructions et de réparations, parmi lesquels il est juste de citer les ateliers des chemins de fer d'Orléans et de Rouen.

Enfin les machines-outils, après avoir été longtemps l'un des éléments essentiels de la prospérité et de la supériorité anglaises, se sont multipliées en France. A l'exposition, dont le souvenir est encore tout récent, on admirait les beaux et puissants outils sortis des ateliers de MM. Schneider, Decoster, Pihet, Calla, etc. Tous ceux qui savent les relations intimes qui lient la construction des machines et l'outillage, ont dû y puiser comme nous la conviction profonde que les ateliers français sont en mesure à cette heure de lutter à armes égales, les commandes aidant, avec les ateliers anglais.

Toutefois, il faut le dire, dans cette lutte les constructeurs français se heurteront longtemps encore contre un obstacle sérieux, et les prix de revient de leurs appareils auront de la peine à se niveler avec les prix anglais et belges. Le combustible et le fer coûtent cher dans notre pays; l'Angleterre et la Belgique, au contraire, produisent et transportent ces matières premières jusqu'à pied d'œuvre à des prix tellement inférieurs aux nôtres, que le résultat de cette cause, combinée avec quelques autres, dont nous n'avons pas à nous préoccuper ici, leur permet de livrer les machines à des prix plus bas de 20 à 35 p. 100 que ceux possibles dans nos ateliers. Cela est un mal sans doute, mais dans le siècle des intérêts industriels, une grande nation ne doit pas, ce nous semble, rester volontairement tributaire de l'étranger pour ses machines, qui sont le pain de l'être industriel, non plus que pour ses céréales. Marchons donc et progressons, l'économie suivra, n'en doutons pas, et pour preuve, rappelons le fait énorme qui s'est accompli dans ces dernières quinze années. Le prix de vente des fers a diminué de 33 p. 100 environ, tandis que les matières premières qui servent à l'obtenir, ou sont restées stationnaires, ou, comme le bois, ont presque doublé de valeur.

Admettant donc comme hors discussion que la France doit construire des machines, on peut affirmer, sans craindre d'être démenti, qu'elle possède en capitaux, en intelligences, en savoir théorique et pratique, en matières premières pour leurs qualités et leur abondance, sinon pour leur prix, en personnel nombreux et exercé, tous les éléments nécessaires. On peut affirmer, et les preuves ne manqueront pas au besoin, que nos constructeurs, toutes les fois que les circonstances leur permettront de l'entreprendre, sauront reproduire, modifier, créer. Mais il importe de dire bien haut qu'une fabrication active, alimentée par des commandes importantes et nombreuses permettra seule de résoudre le double problème de faire bien et à bon marché.

Que l'administration protectrice et intelligente persiste donc dans le système éminemment fécond qui l'a déterminée à confier aux ateliers français la construction des grands appareils de 450, 220 et 160 chevaux : nos ingénieurs, nos ouvriers, nos moyens d'exécution ne lui feront pas défaut. Déjà les résultats obtenus ont dû raffermir sa confiance, et ces commandes du gouvernement, on ne saurait trop le dire, sont la condition d'existence de nos grands ateliers : seules en effet ces commandes permettent la création et le développement continu d'un outillage puissant, sans lequel rien de grand n'est possible, sans lequel enfin nos ateliers ne sauraient arriver à dire leur dernier mot en fait de prix de revient. Tout cela d'ailleurs peut se résumer en quelques paroles : Celui-là produit beaucoup à qui il est beaucoup demandé; celui-là seul arrive à bien faire à qui il est permis de faire souvent, parce que chaque œu-

vre nouvelle d'un être intelligent est un progrès sur son œuvre précédente; celui-là seul enfin produit à bon marché, qui peut répartir ses frais généraux sur une grande fabrication.

Il n'y a pas longtemps encore, on comptait clairsemés en France les hommes voués à l'étude et à la pratique de la science industrielle; ces hommes abondent aujourd'hui, et leur savoir n'est pas comme le fut longtemps, comme l'est trop encore peut-être, celui des ingénieurs et constructeurs anglais, un composé de règles ou recettes péniblement classées dans la mémoire par la pratique. Ce qu'ils savent est raisonné, déduit d'une combinaison bien entendue de la pratique et de la théorie, si fortes accouplées, si impuissantes dès qu'elles s'isolent. Disons-le en fils reconnaissant, l'école centrale a contribué pour une large part à former cette génération déjà forte et nombreuse, aujourd'hui répandue en France, en Belgique, en Suisse, en Allemagne. Les écoles d'application du gouvernement ont mis leurs études au niveau du programme de l'époque, et tous à cette heure, ingénieurs des corps royaux comme ingénieurs industriels, sont à la hauteur de leur mission.

Il nous a semblé utile de faire procéder par cet aperçu rapide, l'examen des conditions principales d'établissement et d'organisation d'un grand atelier de construction de machines.

La création d'un établissement destiné à la construction des machines, est subordonnée à des conditions de position commerciale et de débouchés, qui en modifient puissamment la constitution selon le genre spécial d'appareils que les créateurs se proposent de livrer à l'industrie. L'échelle de proportion des divers ateliers de l'établissement, leur outillage, leur organisation de détail et leur personnel, varient à l'infini. Mais nous devons dire dès à présent que les fondateurs d'un établissement de ce genre, doivent s'organiser dès le principe en vue d'une fabrication spéciale, qui seule permet d'amener successivement les prix de revient des machines créées à leur dernière limite possible. Répéter souvent les mêmes machines, avec les mêmes éléments, les mêmes organes, les mêmes formes, sera toujours, quoi qu'on fasse, l'une des conditions essentielles de prospérité.

Nous nous proposons d'indiquer les conditions d'organisation d'un établissement voué à la construction des grands appareils à vapeur, pour l'industrie manufacturière, pour la navigation fluviale et maritime, le service des chemins de fer, etc.

MM. Schneider frères au Creusot, Cavé, Derosne et Cail à Paris, Hallette à Arras, la marine royale à Indret, Mazeline au Havre, etc., ont créé et développé brillamment des établissements du genre de celui auquel nous voulons rapporter l'examen qui va suivre. Les indiquer, c'est fixer tout d'abord le point de vue auquel nous nous sommes placé.

Le travail des métaux joue le rôle le plus important dans la construction des machines; il s'exécute à chaud et à froid. Le travail des métaux à chaud s'opère par fusion ou par percussion. Le premier mode s'applique aux métaux liquéfiables, auxquels il donne par le moulage les formes voulues. La fonte de fer, le bronze, le laiton, sont parmi les métaux liquéfiables, ceux que le constructeur de machines emploie journellement. Le travail à chaud par percussion, plus spécialement désigné sous le nom de forgeage, s'applique aux métaux malléables, et principalement au fer, à l'acier, au cuivre rouge. Le travail des métaux à froid, complément ordinaire et obligé du travail à chaud, a pour résultat de donner aux pièces des machines les formes exactes et les dimensions précises, que l'imperfection des moyens dont on dispose dans le travail à chaud n'aurait pas permis d'atteindre assez rigoureusement. Par le

travail à froid, plus spécialement connu sous le nom d'*ajustage*, on arrive à donner aux assemblages des parties fixes et aux articulations des pièces mobiles, la stabilité pour les premières, la précision presque mathématique pour les secondes.

Un établissement de construction sera donc la réunion, dans des conditions favorables et économiques, des ateliers divers consacrés à l'exécution des travaux que nous venons d'indiquer; chacun de ces ateliers pourvu des appareils, outils et personnel au moyen desquels ces travaux pourront être opérés avec économie, promptitude relative et précision. Les relations de ces ateliers entre eux, et le passage des pièces en voie d'exécution de l'un dans l'autre, devront être soumis à un ordre absolu, sans lequel un établissement de construction ne saurait prospérer.

ATELIER DE MOULAGE ET FONDERIE. On retrouvera à leur place, traités isolément, ces deux parties essentielles des arts mécaniques; nous nous bornerons à les résumer ici en quelques mots. Par le moulage on prend les formes ou empreintes de modèles en bois ou en métal. On y arrive, en plaçant ces modèles entre deux caisses ou *châssis*, et battant sur les surfaces du modèle des sables de consistance, de finesse et de composition variables, mais appropriées à la nature de la pièce que l'on veut reproduire. Le châssis supérieur étant ensuite soulevé, et le modèle retiré, l'ensemble des deux châssis superposés de nouveau, forme une espèce de vase qui reproduit en creux toutes les parties pleines du modèle. Dans le moule ainsi obtenu, soumis préalablement à un séchage à l'air libre ou dans une étuve, on verse le métal en fusion. La pièce solidifiée est retirée des châssis, désablée, ébarbée, burinée ensuite, c'est-à-dire débarrassée au moyen du ciseau ou *burin* des parties de métal surabondantes qui se sont infiltrées dans les vides réservés soit à dessein, soit involontairement. On obtient alors la pièce à l'état de *pièce brute de fonte*.

Les appareils dans lesquels s'opère la liquéfaction du métal sont de divers genres :

1° Le *haut-fourneau*, dans lequel la fonte est produite directement, par l'action sur le minerai de fer, du charbon et d'un courant d'air forcé.

2° Le *four à réverbère*. Dans cet appareil la fonte déposée sur une sole en briques réfractaires, est mise en fusion au moyen d'un courant de gaz enflammés dont la chaleur est réverbérée sur la sole par une voûte de forme et d'inclinaison convenables. Une grille située en avant de la sole porte la houille en combustion, et le tirage s'opère au moyen d'une cheminée de hauteur et de section déterminées, qui prend naissance à l'autre extrémité de la sole.

3° Le *cubilot* ou *fourneau à la Wilkinson*. C'est pour l'ordinaire un cylindre formé de pièces de fonte solidement reliées entre elles, revêtu intérieurement d'une chemise en briques réfractaires. Par la partie supérieure ou *gueulard* on introduit alternativement des morceaux de fonte et du coke. L'élévation de température nécessaire à la fusion du métal est obtenue par la combustion du coke, laquelle est opérée avec toute l'activité désirable au moyen d'un courant d'air lancé dans le cubilot par une ou plusieurs *buses* dépendant d'un appareil soufflant.

La réunion de ces trois espèces d'appareils, ou tout au moins des deux dernières, est indispensable à la fonderie d'un établissement important, dans laquelle une seule *coulée* peut exiger 45,000 à 20,000 kilogr. de métal liquide. Ainsi la fonderie du Creusot peut disposer pour une seule coulée de :

1° 4 haut-fourneau fournissant	3000 ^h à 4000 ^h
2° 4 fours à réverbère	— 42000 à 46000
3° 3 cubilots	— 4000 à 6000

Ensemble et pour une seule coulée. 49000^h à 26000^h

Toutefois on comprend que dans une fonderie même de cette importance, une partie seulement des appareils de liquéfaction fonctionne chaque jour.

La fonderie d'un établissement de construction important, devra pouvoir produire mensuellement 250 à 300 tonnes de pièces moulées et disposer des appareils suivants pour la fusion de la fonte :

- 1° 3 ou 4 grands fours à réverbère;
- 2° 2 ou 3 cubilots de grande dimension.

Nous ne parlons pas ici d'un haut-fourneau paros que cet appareil ne peut exister que dans des localités spécialement favorisées et exceptionnelles.

L'air pour l'alimentation des cubilots sera fourni par un ventilateur, faisant de 4500 à 2000 tours par minute, et mis en mouvement par une machine à vapeur de la puissance de 40 à 42 chevaux au plus.

La halle de fonderie pour être suffisamment vaste et commode, pour répondre à tous les besoins du moulage et du séchage successif à l'air libre des différents moules, devra occuper une superficie de 600 à 700 mètres carrés. Le transport des moules et châssis qui doivent être soulevés plusieurs fois pendant le moulage d'une pièce et dont le poids dépasse fréquemment plusieurs milliers de kilogrammes, ainsi que celui de la fonte liquide aux différents moules dans lesquels elle doit être versée s'effectuent au moyen de *grues* convenablement réparties. Les *voies* de ces grues doivent être disposées de manière à pouvoir transmettre de l'une à l'autre les vases ou *poches* dans lesquels la fonte a été reçue au sortir du fourneau de fusion, et atteindre successivement tous les points du sol de la halle.

Deux *étuves*, l'une dite *étuve à noyaux*, l'autre destinée au séchage des moules sont annexées à la fonderie; le transport des moules ou noyaux de la halle à l'étuve et réciproquement, s'effectue par un chariot roulant sur un chemin de fer établi dans la longueur de l'étuve et dont l'extrémité vient aboutir au dehors de l'étuve, à portée de la volée d'une des grues de service.

Le sol de la fonderie est composé d'une couche de 4^m,40 à 4^m,50 de sable argileux, et l'on y pratique une au moins et le plus souvent deux fosses en maçonnerie, destinées au montage des grands cylindres, ou des pièces qu'il importe de couler debout.

Le matériel d'une fonderie en châssis, moules, appareils, bancs de mouleur, poches, etc., est toujours considérable, encombrant, et exige un vaste emplacement couvert ou découvert.

Le personnel d'un atelier de fonderie tel que nous l'avons supposé sera composé de 50 à 60 hommes comprenant les fondeurs et leurs aides, les mouleurs et leurs aides et les manœuvres de service.

L'organisation du travail, la répartition des moulages aux ouvriers mouleurs, le choix des fontes dont le mélange doit être modifié et approprié à la nature des pièces qui seront coulées à chaque opération, le maintien d'un ordre rigoureux et prévoyant dans toutes les parties du service, sont confiés à un contre-maître de fonderie. Les connaissances pratiques nombreuses et variées de toutes les parties de l'art de la fonderie et du moulage, rendent difficile le choix d'un tel employé, qui doit réunir à toutes ces connaissances et à une pratique consommée, un sang-froid à toute épreuve et un coup d'œil sûr au moment toujours solennel et dangereux de la coulée. A cet instant, en effet, 400 bras agissent simultanément sous la volonté d'un seul homme; une fausse manœuvre, la fonte versée dans un moule frais encore, et mille autres circonstances souvent difficiles à prévoir, peuvent ou mettre en péril la vie d'un certain nombre d'hommes, ou faire manquer une pièce dont le moulage seul a déjà absorbé des sommes importantes.

A l'atelier de moulage et de fonderie viennent se joindre comme annexes indispensables, les ateliers suivants :

des machines et des modèles ;
 3° Une petite forge de maréchal pour la réparation
 des ustensiles de la fonderie et de ses annexes ;
 4° Enfin la fonderie de cuivre.

Les bancs de menuiserie des bancs de menuisier convenablement outillés, doit être muni des outils-machines que nous allons indiquer :

- Un ou plusieurs tours à pointes, et un tour en l'air.
- Un broyeur mécanique pour le débitage des bois.
- Des plans-fabrics à diviser les modèles des roues d'engrenage.
- Un mécanisme de mouvement pris sur la machine à vapeur pour combilots, sert à tourner les tours et la scie circulaire.

A la connaissance approfondie du travail du bois, le contre-maître de l'atelier des modèles doit joindre celle des procédés et des ressources du moulage, qui seule lui permet de disposer et d'assembler convenablement le modèle d'une pièce, composé souvent de plusieurs parties, de ménager là où elles sont nécessaires les parties ou saillies destinées à assigner dans le moule les pièces précises où viendront ultérieurement se poser les moyens en terre, par lesquels seront réservés dans la pièce de fonte les vides nécessaires.

Entin le tracé des épures en grandeur naturelle est pour l'ordinaire confié à ce contre-maître et exécuté par lui, sous la direction de l'un des ingénieurs de l'établissement.

Le magasin de modèles est un annexe important d'un établissement de construction bien ordonné. Chaque modèle après avoir servi au moulage devra y être réintégré à sa place invariable, avec son numéro d'ordre correspondant au numéro semblable d'un catalogue descriptif et détaillé. On se figurerait difficilement les bons et économiques résultats qu'un établissement de construction réalise par suite d'un classement exact et d'une conservation bien ordonnée de ses modèles.

Pour fixer les idées, nous supposons concentrés dans un même corps de bâtiment le magasin ou musée de modèles, la menuiserie, et l'aire convertie réservée pour le tracé des épures.

Enfin, pour compléter nos idées sur l'importance de la fonderie et de ses annexes dans un grand établissement, nous indiquerons sommairement les chiffres approximatifs des sommes qu'absorbe leur installation et leur construction.

4 fours à réverbère	20,000 fr.
3 cubilots	5,000
6 grues avec leurs appareils	48,000
1 ventilateur, la machine motrice avec ses générateurs	20,000
2 crans avec leurs chariots	6,000
Une forge de maréchal et un fourneau pour fusion de cuivre	4,000
Bâtiment de menuiserie avec son outillage et magasin des modèles	30,000
Halls de fonderie	45,000
Matériel de tout genre, en châssis, appareils, outils, etc.	50,000
	<hr/> 200,000 fr.

ATELIERS DE FORGEAGE. Les métaux malléables soumis à l'action d'une chaleur suffisamment intense et prolongée acquièrent des degrés de mollesse très différents. Le fer, par exemple, après s'être soudé à lui-même sous l'influence de la chaleur blanche et à l'aide de la percussion, passe par degrés successifs et lents de l'état pâteux jusqu'à la consistance la plus nerveuse et la plus tenace. Sous ces différents états, l'action du marteau, combinée avec des réchauffages répétés, fait subir au fer des modifications successives, et l'amène par degrés aux formes définitives et aux dimensions

voulues; mais dans cette combinaison du réchauffage et du forgeage, l'intelligence de l'ouvrier, son habileté de main, la sûreté de son coup d'œil ne sauraient être remplacés par des moyens mécaniques. En effet, il ne s'agit point d'un travail qui doit s'accomplir pendant un temps fini, sous des conditions invariables et déterminées, mais au contraire d'un travail dont les conditions varient à chaque instant. Aussi cette partie de la construction des machines est celle qui réclame avant tout des ouvriers habiles, des bras intelligents pour activer ou suspendre à propos les forces brutales, s'il est permis de s'exprimer ainsi, des agents mécaniques, la chaleur développée dans les fours de chaufferie et la puissance vive des appareils de percussion. Là, plus que dans toute autre partie de l'art du constructeur des machines, l'économie de main-d'œuvre et de combustible, la réduction des déchets à leur limite extrême sont liés intimement et sans intermédiaire, au contrôle possible, à la seule habileté de l'ouvrier.

Il convient de diviser le forgeage en deux parties distinctes : 1° le forgeage à la main ; 2° le forgeage mécanique ; et dans un établissement de l'importance que nous avons fixée à notre point de départ, ces deux parties réclament chacune un atelier distinct.

Atelier du forgeage à la main. Pour être en harmonie avec l'importance que nous avons donnée à la fonderie, l'atelier des forgerons à la main sera composé de 40 feux. Un feu de forge ordinaire ou forge de maréchal, se compose essentiellement : 1° de l'âtre ; 2° du contre-cœur ou paroi perpendiculaire à l'âtre ; 3° d'une tuyère en communication avec la source du vent qu'elle lance sur le foyer. La tuyère doit être placée par rapport à l'âtre de telle façon que la colonne d'air en mouvement auquel elle livre passage soit forcée de traverser toute la masse du combustible disposé sur l'âtre, mais sans frapper directement contre la pièce de fer que l'on réchauffe, et qui à cet effet a été disposée convenablement au milieu du combustible qui l'entoure. Le fer amené à la température où la chaude voulue est portée sur des enclumes en fonte, ou mieux en fer forgé. L'enclume, composée d'une table ou partie plane, et de deux bigornes ou portions pyramidales adossées par leur base à la table, repose par les pieds d'une espèce d'arcade sur un bloc en bois noyé en partie dans la sole, et destiné à absorber en partie les vibrations et les chocs.

Les marteaux, qui selon leur poids et la longueur du manche sont dits marteaux à main ou marteaux à cheval, sont manœuvrés, le premier par le forgeron qui dirige le travail, les seconds par des servants ou frappeurs. Le fer est tenu et manœuvré au moyen de pinces et tenailles de formes et de grandeurs diverses.

A la chaude au blanc soudant ou chaude suante, à une température de 1500 à 1600 degrés, le fer est soudé à lui-même et corroyé. Par le corroyage qui consiste à souder plusieurs barres les unes sur les autres, et à étirer ensuite le paquet ainsi formé, on améliore la qualité du fer, on lui donne du nerf, de l'homogénéité.

A la chaude rouge-blanc ou chaude grasse, 1300 degrés environ, le fer est étiré, façonné, modifié dans ses formes ou dimensions.

A la chaude rouge-cerise, 900 à 1000 degrés, on corrige les défauts de la pièce obtenue à la chaude rouge-blanc, et on pare le fer, en arrosant légèrement sa surface pendant qu'on le bat.

Enfin la chaude rouge-brun, la plus faible température à laquelle il convient de forger le fer et qui correspond à 700 degrés environ, est donnée le plus souvent à la pièce finie, pour dilater le métal et permettre aux molécules de reprendre leur état primitif. C'est l'opération du recuit, par laquelle on enlève à la pièce forgée l'aigreur qu'elle avait contractée pendant le forgeage, alors que sur la fin de l'opération on continue de frapper encore le fer redevenu noir.

Les feux de forge sont ordinairement disposés deux à deux, une seule *hutte* pour chaque couple et une seule enclume pour desservir deux feux. L'outillage et le matériel d'un feu de forge consistent en *pincés, tenailles, tranches, marteaux à main, marteaux à devant, clouières, flampes, poinçons, mandrins, chasses, matrices, bêche à eau, bêche à combustible, etc.*

Le forgeage à main s'applique avec avantage et facilité aux pièces dont le poids peut atteindre jusqu'à 450^k, mais au-delà le forgeage mécanique permet seul de travailler le fer bien et économiquement. Pour le manoeuvrage des pièces lourdes de l'âtre à l'enclume et réciproquement, il convient que chaque feu dispose à proximité d'une petite grue ou *potence* mobile sur son axe et dont la volée atteint jusques au-delà de l'enclume. Un banc garni d'étaux en nombre suffisant devra être établi dans cet atelier, où l'on a souvent besoin de dégrossir à la lime.

Chaque couple de deux feux occupera une équipe d'ouvriers composée ainsi :

- 1° 2 forgerons ;
- 2° 2 aides-forgerons ;
- 3° 3 frappeurs ;

Soit donc pour 40 feux un personnel de 140 hommes.

Une soufflerie mise en mouvement par une machine à vapeur spéciale, donne le vent à tous les feux dont l'alimentation isolée est réglée pour chaque feu par un robinet spécial ; en fixant à 46 chevaux la puissance de la machine, ou 4/10 de cheval par feu, on satisfait amplement aux besoins d'un feu de forge actif, et d'autant mieux, d'autant plus régulièrement que le nombre des feux desservis par la même machine est plus considérable.

Si nous avons insisté en commençant sur l'habileté que doivent posséder les forgerons, on conçoit à plus forte raison combien il est utile et indispensable que le contre-maître de la forge à main soit lui-même initié à l'art du forgeron. Organisation, distribution et réception du travail, choix de l'équipe à laquelle il doit confier telle ou telle sorte de pièce à exécuter, examen minutieux des pièces finies, comparaison entre le poids du fer livré aux ouvriers, et le poids des pièces finies pour reconnaître si le travail a été fait économiquement, précaution soutenue de former des ouvriers et des équipes spéciales, auxquels il confiera toujours les ouvrages de même nature, et chez lesquels se développeront toujours davantage les merveilleux résultats de l'habitude, enfin science et finesse d'observation pour arriver à fixer stremement les prix de main-d'œuvre de chaque genre de pièces en rapport avec les difficultés réelles de l'exécution, voilà les principales attributions et les qualités qui font du bon contre-maître de forge un être pratique difficilement réalisable et dont le choix, dont la rencontre importe au plus haut point à un établissement de construction. Dans le travail de la forge, en effet, les déchets et les consommations sont éminemment variables selon l'habileté des ouvriers et la sévérité éclairée de celui qui les dirige, et c'est à cet atelier surtout qu'il convient d'appliquer le système des primes en argent aux ouvriers qui accomplissent le travail dans les conditions de plus grande économie.

Installé sur les bases et de la manière qui ont été dites, la création de l'atelier des forgerons à main, absorberait les capitaux suivants :

Chaque feu double, avec son enclume et son outillage complet, environ 3,000 fr., soit pour 20 feux doubles.	60,000 fr.
Soufflerie de 46 chevaux.	40,000
Machine motrice avec son générateur et son fourneau.	25,000
Bâtiments, bancs d'étaux ; potences, conduites de vent, etc.	35,000
	<hr/>
	430,000 fr.

Atelier pour le forgeage mécanique. L'application de la vapeur à la locomotion fluviale ou maritime et à la traction sur chemins de fer, dans ses admirables et rapides développements, a rencontré comme condition première la création d'appareils mécaniques puissants pour le soudage, le forgeage et le corroyage du fer. L'emploi du fer forgé s'est substitué nécessairement à celui de la fonte dans les pièces importantes soumises à des vibrations ou des chocs fréquents et énergiques, parce que le fer forgé peut seul être employé avec sécurité dans toutes les circonstances où, malgré des vibrations énergiques, il importe d'être à l'abri d'une rupture immédiate. La texture fibreuse, le *nerf* du fer le rendent précieux alors, parce que sous un volume suffisamment limité, grâce à son élasticité, il résiste bien sans s'altérer trop profondément ; la fonte au contraire de texture grenue, douée d'une élasticité très faible, exigerait pour résister dans les mêmes circonstances, avec une sécurité toujours moindre quoique l'on eût fait, un volume et des dimensions qu'il importe d'éviter, sous le double rapport de l'économie d'établissement et de la consommation de puissance motrice due à l'inertie des masses.

Or, jusqu'à ces dernières années, forger une pièce de fer du poids de 2,000 à 3,000 kil., avait semblé la limite du possible avec les appareils de percussion mécanique en usage ; encore même était-on réduit à multiplier les réchauffages et à composer la pièce d'une âme, ou noyau primitif que l'on augmentait jusqu'aux dimensions voulues par des *misses* successives. De là résultaient inévitablement des imperfections nombreuses, des soudures vicieuses, l'absence d'homogénéité et des déchets énormes, avec une main-d'œuvre et une consommation de combustible très coûteuses. Là, comme toujours et partout, nécessité fut mère d'industrie, et le jour où l'on se proposa de construire un appareil à vapeur de 400 à 500 chevaux, pour la navigation, il fallut forger des pièces de fer telles que les arbres des manivelles, dont le poids peut s'élever pour la pièce forgée jusqu'à 9,000 kil., et 14,000 kil. pour le paquet de fer duquel doit résulter cette pièce après les déchets de forgeage et de réchauffage.

L'habile ingénieur qui dirige à l'établissement du Creusot les constructions mécaniques, M. Bourdon, a en l'honneur de créer le premier et de toutes pièces, quoique l'on ait pu dire, l'outil-machine qui a résolu complètement le problème posé, le *marteau-pilon*, à levée variable de 0^m,00 à 2^m,00, mû par application directe de la vapeur. Avec cet outil, d'une admirable simplicité, d'un manoeuvrage docile et prompt, les ressources du forgeage devinrent énormes, puisque l'on travaille, soude, étire et façonne avec une facilité et une promptitude relatives très remarquables un paquet de fer, du poids de 45,000 kil., composé par la réunion de bandes ou *plates* de fer, juxtaposées.

L'atelier de forgeage mécanique de l'établissement dont nous étudions l'organisation, devra disposer des appareils de percussion suivants :

- 1° Un *marteau-pilon*, avec pilon du poids de 2,000 k.,
- 2° Un *marteau à soulèvement* pour le forgeage des pièces dont le poids dépasse 500 kil.
- 3° Un *martinet à bascule* pour forgeage des pièces de 400 à 500 kilogram.

Le réchauffage du fer exigera pour le service de ces trois outils, les fours de chaufferie suivants :

- 1° Un four à réverbère pour le service du pilon ;
- 2° Un four à réverbère pour le service du marteau à soulèvement ;
- 3° Un four à réverbère pour le service du martinet.

A la suite de chacun de ces fours seront établis des générateurs chauffés par les flammes perdues.

Le mouvement sera donné au marteau à soulèvement et au martinet par une machine à vapeur spéciale.

Une grue puissante pour le pilon, et deux autres grues de force proportionnée, transportent les pièces de fer en travail, du four de chaufferie à l'outil de percussion et réciproquement. Pendant le forgeage dirigé par un maître forgeron pour chaque outil, le manoeuvrage de la pièce soutenue toujours par sa grue est effectuée par des manoeuvres au moyen de *tourne-à-gauchs* en nombre suffisant qui embrassent la pièce, et présentant successivement ses diverses faces à l'action de l'appareil percuteur. Les *lumières* ou *œillets* dans les pièces qui doivent être percées à chaud sont pratiquées par percussion au moyen de *mandrins*.

Personnel pour le forgeage mécanique.	Service du pilon.	4 maître forgeron.
		4 ouvrier pour le service de la vapeur.
	6 à 12 manoeuvres.	
Service du marteau à soulèvement.	4 maître forgeron.	
	4 aides forgerons ou manoeuvres.	
Service du martinet	4 maître forgeron.	
	2 aides.	
Ensemble.		16 hommes.

Enfin évaluons approximativement les frais de création de cet atelier :

Marteau-pilon avec ses fondations.	20,000 fr.
Marteau à soulèvement avec ses fondations.	45,000
Martinet à soulèvement avec ses fondations.	6,000
Machine à vapeur de 45 chevaux.	42,000
Trois grues.	6,000
Trois fours de chaufferie.	40,000
Générateurs avec leurs fourneaux, conduites de vapeur, etc.	42,000
Bâtiment, et outillage.	9,000
	90,000 fr.

ATELIER DE CHAUDRONNERIE. La chaudronnerie de fer et de cuivre qui est une des parties les plus importantes de la construction des machines, a fait déjà dans ce Dictionnaire l'objet d'un article étendu, dans lequel les conditions des travaux divers qui constituent cet art, ses moyens d'exécutions, son outillage mécanique récemment perfectionné et développé, ont été indiqués et décrits avec une lucidité remarquable et une connaissance approfondie. Nous n'avons donc rien à y ajouter; seulement, pour rester fidèle au point de vue économique que nous nous sommes proposé, nous dirons que l'installation et l'outillage d'une chaudronnerie en rapport avec l'importance déjà donnée par nous à la fonderie et au forgeage, n'absorberait pas moins de 450,000 fr. en capitaux de création, et occuperait un nombre de 450 à 300 ouvriers, selon l'activité nécessairement variable de la fabrication. Ce nombre d'ouvriers serait dépassé et le chiffre indiqué pour les frais de création serait insuffisant, si l'établissement se trouvant à côté d'un canal ou d'une voie navigable, pouvait installer sur place la construction des coques en fer de ses paquebots.

ATELIERS POUR LE TRAVAIL DES MÉTAUX A FROID. Les principales opérations auxquelles on soumet les métaux à froid, ont pour but de les :

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 1° Couper, | 9° Mortaiser, |
| 2° Buriner, | 10° Diviser et fendre, |
| 3° Limer, | 11° Fileter et tarauder, |
| 4° Percer, | 12° Ajuster, |
| 5° Tourner | 13° Émoudre, |
| 6° Forer, | 14° Rôder, |
| 7° Aléser, | 15° Polir. |

Si l'on excepte le tournage, le forage, l'alésage et

l'éroulage, toutes ces opérations, il y a vingt années à peine, s'exécutaient par la main de l'homme conduisant des outils appropriés à chacune d'elles. Mais l'extension rapide imprimée à la fabrication des machines et les nécessités de la concurrence ont aiguillonné l'émulation des constructeurs obligés de faire chaque jour mieux, plus vite et à meilleur marché. Successivement donc on s'est posé et on a résolu les problèmes variés de l'outillage mécanique. Ce que l'homme exécutait à prix de temps, de patience et d'adresse, en agissant d'une façon nécessairement irrégulière et peu précise, en se fatiguant et se reposant, les outils-machines l'accomplissent régulièrement, continuellement, sous des conditions toujours identiques, empruntant le mouvement à un moteur dont la puissance peut être aussi grande qu'il est besoin et dont l'action est continue, exempte de fatigues et de variations. L'ouvrier n'a plus à exercer d'autre rôle que celui de surveillant pour ainsi dire, chargé de suspendre et renouveler la marche à volonté et chaque fois qu'il en est besoin. Ces divers outils-machines si ingénieux et si multipliés aujourd'hui, ou tout au moins les plus importants d'entre eux, sont décrits et représentés dans ce Dictionnaire, nous nous bornerons donc ici à indiquer brièvement les conditions essentielles des travaux qu'ils accomplissent, et le principe sur lequel chacun d'eux est fondé.

1° *Couper.* On coupe les métaux ductiles (fer, cuivre, plomb, zinc, acier non trempé, etc.) au moyen de *cisailles*. Les *cisailles droites*, très variées dans leurs formes et dispositions, se composent toujours essentiellement de deux lames droites, ou *couteaux*, dont l'un est fixé très solidement, et l'autre mobile autour d'un axe. On les manoeuvre ou à la main, ou à l'aide d'un moteur mécanique par une disposition qui change le mouvement circulaire continu en circulaire alternatif. Les *cisailles circulaires* à mouvement continu, composées de deux disques en fonte sur lesquels s'assemblent des *couteaux circulaires*, tournant simultanément en sens inverse l'un de l'autre, sont employées surtout pour couper les métaux en feuilles.

A l'exception de l'acier trempé et de la fonte blanche, tous les métaux employés dans les machines peuvent se couper avec une lame circulaire dentée en scie, animée d'un mouvement de rotation suffisamment actif. Le sciage des métaux s'opère le plus souvent après un chauffage préalable, cependant il peut s'exécuter à froid pour le fer forgé, la fonte grise douce et le cuivre.

2° *Buriner.* L'opération du *burinage* ou *ciselage* se pratique à la main au moyen de *ciseaux* ou *burins*, sur lesquels on frappe à l'aide d'un marteau. La fonte de fer pour être burinée exige des ciseaux en acier fondu, que l'ouvrier tient d'une main sous un angle d'environ 45 degrés, pendant qu'il frappe de l'autre avec vivacité.

3° *Limer.* Le travail à la lime s'exécute à la main; les limes, en acier naturel ou en acier de cémentation, présentent des surfaces couvertes de *tailles* ou rayures plus ou moins profondes, entre-croisées sous un certain angle variable. Selon la forme de leur section transversale on nomme les limes *carrées*, *rondes*, *semi-rondes*, *plates*, *trois-quarts*, *tiers-point*; leur surface doit être taillée régulièrement, parallèlement, également, et présenter une légère convexité dans le sens de la longueur. Les limes servent à attaquer, user la surface des métaux, pour leur donner des formes plus exactes que celles que l'on peut atteindre à la forge. Les pièces que l'on veut limer sont maintenues entre les mâchoires d'un *étau* fixé à un *établi* ou table en bois, et pour laisser aux ouvriers la liberté de mouvement nécessaire, les étaux doivent être espacés de 4^m,30 au moins.

4° *Percer.* On perce les métaux ou soit entamant successivement le métal au moyen d'un outil tranchant animé d'un mouvement de rotation, soit par *pression*; le

premier mode applicable à tous les métaux, s'exécutant soit à la main, soit au moyen d'outils-machines, le second ne pouvant s'employer que pour les métaux ductiles et d'épaisseur très limitée. L'outil qui perce par le premier mode, soit que la main de l'homme lui imprime un mouvement circulaire alternatif, soit qu'une disposition mécanique lui communique un mouvement de rotation continue, emprunté à un moteur mécanique, est toujours une *mèche* ou *foret*, dont le bout est aplati et forme un angle obtus; un système de bascule à contre-poids règle la pression de l'outil, et lui permet de tourner sans mordre, et par conséquent sans briser, lorsque l'obstacle dépasse une certaine limite. Les machines à percer sont de dispositions assez variées d'ailleurs.

Les mèches ou forets doivent être faits avec le meilleur acier, et trempés dur à la pointe seulement. Pour cela, on chauffe la mèche par la partie opposée, et aussitôt que la pointe atteint la *couleur paille*, on trempe dans l'eau froide. La tige du foret pendant la trempe, revient à la *couleur bleue plus ou moins foncée*, et a par conséquent moins de fragilité. Nous avons indiqué ce mode de trempe des pointes et tranchants, en chauffant l'outil par le côté opposé, parce qu'il est d'usage général pour tous les outils à pointes ou à tranchants très durs.

En perceant le fer ou l'acier, il faut arroser l'outil avec de l'huile ou de l'eau chargée de savon; la fonte et le cuivre se percent à sec. Les mèches pour le cuivre doivent être plus minces, plus dures et à tranchant plus aigu que pour le fer. Pour percer des trous coniques on emploie un *équarisseur* ou la *fraise*; le premier est un outil pyramidal à section carrée, le second est un cône, dont la surface est *taillée* suivant les génératrices du cône.

Pour percer par pression on emploie les machines-outils connues sous le nom de *découpoirs*. On peut voir à l'article chaudronnerie la description et la représentation de découpoirs divers, ce qui nous dispense d'insister ici davantage.

5° *Turner*. Cette opération a pour but de donner à un solide auquel on imprime un mouvement de rotation, en enlevant successivement de la matière au moyen d'un outil tranchant, une forme telle qu'une section quelconque perpendiculaire à l'axe du mouvement de rotation soit un cercle. Toutefois on peut tourner aussi à sections elliptiques, ovoïdes, ondulées. Les opérateurs qui exécutent ces différents travaux se nomment *tours*; ceux au moyen desquels on exécute des surfaces de révolution, ont pour principe de faire tourner les pièces autour d'un axe invariable; ceux à l'aide desquels on obtient des surfaces à section ovales ou ondulées, font tourner les pièces autour d'axes variables ou parallèles entre eux, ou convergents. Dans les deux cas l'outil tranchant est mobile. Les tours, quelle que soit la variété de leurs dispositions et de leurs dénominations, ne forment que deux espèces distinctes: les *tours à pointes* et les *tours en l'air*. Dans les tours à pointes, la pièce à tourner est maintenue par ses deux extrémités au moyen de pointes coniques; dans les tours en l'air, la pièce à tourner n'est maintenue qu'à l'un des bouts de son axe de rotation. Le plus souvent un tour est disposé de manière à pouvoir servir à volonté de tour à pointes, ou de tour en l'air. L'outil tranchant ou *crochet* est présenté et appuyé fortement contre la pièce dont il doit entamer la surface; dans les tours à main l'outil emmanché d'un manche suffisamment long est tenu à deux mains par l'ouvrier, pendant que l'extrémité du manche est maintenue par la pression de son épaule; dans les tours à support mobile parallèlement à l'axe de mouvement, l'outil est embrassé et maintenu dans le support au moyen de vis de pression, et sa position d'avancement contre la pièce qu'il doit entamer plus

ou moins profondément est aussi réglée par vis de pression. Les tours en l'air, ou *tours à plate-forme* posent à l'extrémité de l'arbre du tour un disque de diamètre variable et approprié à la grandeur maxima des pièces que l'on doit travailler; ce disque est percé de mortaises, dans lesquelles on engage des *taquets* qui embrassent la pièce sur plusieurs points et la maintiennent invariablement au moyen de clavettes.

Outils de tours à métaux. Ces outils, spécialement désignés sous le nom de *crochets*, doivent être en bon acier fondu et trempés à des degrés de dureté variables. Les uns, servant à *dégraisser*, ont leur tranchant plus ou moins arrondi; les autres, servant à *finir*, ont le tranchant droit. Pour la fonte et pour les métaux durs non ductiles, le *tranchant* est *plat*, avec *biseaux*, d'autant moins aigu que le métal est plus dur. Pour le fer et les autres métaux ductiles, le tranchant est plus aigu et un peu plus relevé, de manière à entamer en coupant. La forme du tranchant varie d'ailleurs d'une infinité de manières.

Vitesses du tournage. Lorsqu'on tourne avec des crochets fixes, c'est-à-dire, maintenus par des supports, les vitesses à la circonférence des pièces à tourner, doivent être réglées à peu près comme il suit :

Pour fonte grise.	5 à 8	centimètres	parseconde.
Fonte blanche ou traitée.	4 à 2	—	—
Fer.	9 à 12	—	—
Cuivre jaune ou laiton.	8 à 9	—	—

En dépassant trop ces limites de vitesse, non seulement ces outils se détrempe promptement, mais encore ils vibrent ou *broutent*, et l'on ne peut obtenir des surfaces unies.

Avec des crochets à main, la vitesse du tournage peut sans inconvénient être doublée ou triplée; d'abord, parce que l'outil mord d'une moindre profondeur, et ensuite parce que le plus léger mouvement de la main les dégage promptement quand ils ont mordu un peu trop fort.

6° *Forer*. C'est percer suivant son axe, une pièce pleine et de longueur assez étendue, et on nomme *foreries*, les machines qui exécutent cette opération. Dans les foreries horizontales ou verticales, la pièce à forer tourne et l'outil ou *foret*, maintenu dans la direction de l'axe n'a qu'un mouvement de progression; sa pression est limitée au moyen d'un système de bascule à contre-poids. Lorsqu'on se propose de forer des pièces d'une certaine longueur et d'un faible diamètre comme les canons de fusil, par exemple, le foret est alors un long fleuret en acier flexible, tournant avec assez une grande rapidité, et la pièce qu'il s'agit de forer est immobile. Par suite de la pression exercée sur le foret, il s'infléchit, il *fouette*, mais néanmoins le trou est pratiqué en ligne droite, de direction bien déterminée.

7° *Alésage*. Cette opération a été déjà décrite (voyez ALÉSAGE), et nous ne voulons y rien ajouter, si ce n'est pour fixer approximativement la vitesse des *cou-teaux*. La vitesse du travail dans l'alésage doit être à peu près la moitié de celle du tournage, et, comme assez habituellement on n'opère dans l'alésage que sur fonte grise ou sur cuivre, on règle entre 2 et 4 centimètres par seconde la vitesse des *cou-teaux*.

8° *Dresser, ou planer, ou raboter*. Cette opération qui a pour but de rendre une surface exactement plane en enlevant par l'action d'un outil tranchant à la surface brute de la pièce en travail toutes ses aspérités, peut se faire, et s'est longtemps faite à la main au moyen du burin et de la lime. Mais pratiquée ainsi, elle est à la fois difficile, dispendieuse et limitée à des surfaces d'une très faible étendue. C'est la substitution d'un outil-machine à la main de l'homme dans cette opération qui, sans contredit, a contribué le plus puissamment aux rapides progrès faits dans la construction

tion ; aussi l'emploi de cette machine s'est rapidement propagé, et ses dispositions ; ses dimensions ont été bientôt variées ou étendues. C'est vraiment chose admirable de voir avec quelle régularité, quelle précision, quelle facilité relative, une plaque de fonte de 3 à 4^m de largeur sur une longueur de plusieurs mètres, est planée dans toute son étendue, lorsqu'on pense surtout que l'introduction en France de la première machine à raboter les métaux remonte à peine à 12 années, et que l'on se rend compte de la puissance de ce bel outil. Le principe sur lequel sont établis ces appareils, consiste à imprimer à la pièce qu'il s'agit de dresser un mouvement de translation rectiligne alternatif, pendant lequel l'outil fixé à un support, enlève sur toute la longueur de la ligne droite parcourue un copeau de métal ; les choses étant d'ailleurs tellement disposées qu'à chaque changement de sens du mouvement rectiligne dans les machines à deux crochets, ou après une allée et un retour dans celles à un seul crochet, l'outil se transporte perpendiculairement au sens du mouvement de la pièce d'une quantité déterminée. La pièce en travail est solidement fixée sur le chariot mobile au moyen de taquets boulonnés, ou de toute autre manière, et le porte-outil est disposé de façon à pouvoir régler facilement la hauteur de l'outil ou crochet en acier fondu qui entame le métal, et par suite, l'épaisseur maxima du copeau enlevé, épaisseur qui varie : 1^o avec la matière de la pièce travaillée ; 2^o selon les périodes du dressage, c'est-à-dire selon que l'on dégrossit, ou que l'on finit.

La marche du chariot qui porte la pièce et présente successivement tous les points à l'action de l'outil, doit être réglée de manière à se rapprocher beaucoup des limites de vitesse que nous avons indiquées pour les différentes matières, quand il a été question du tournage des métaux ; en outre, les transmissions de mouvement doivent être disposées de telle sorte que la marche se suspende d'elle-même aussitôt que l'outil éprouve une résistance anormale. Très variées de formes, de dispositions et de dimensions, les machines à raboter horizontalement, verticalement ou circulairement, remplacent presque absolument le travail à la lime et au burin, sur toutes les pièces de machines, depuis les plus grandes, jusqu'aux plus petites dimensions ; un établissement bien outillé doit posséder un assortiment de ces appareils, s'il est permis de s'exprimer ainsi.

Les machines à dresser, convenablement modifiées, peuvent servir à tracer des cannelures parallèles, plus ou moins profondes, plus ou moins rapprochées. La machine à canneler les cylindres si répandue dans les ateliers consacrés à la spécialité des constructions pour filatures, ne diffère essentiellement d'une machine à dresser qu'en ceci : Sur le chariot mobile ou établit deux supports à pointes ou *poupées mobiles*, dont l'axe est parallèle au mouvement du chariot ; le cylindre préalablement tourné est placé entre les deux pointes, et le crochet, fixé suivant l'axe du cylindre ou des pointes, creuse en s'abaissant successivement une cannelure par la seule translation du chariot. Une roue à rochets ou *diviseur* fait d'ailleurs tourner le cylindre après chaque passage, d'une quantité convenablement réglée et correspondante à l'espacement voulu des cannelures.

3^o *Mortaiser*. Pratiquer une mortaise dans une pièce de métal c'est exécuter dans l'épaisseur de cette pièce une ouverture, une rainure ou une échancrure de formes et de dimensions déterminées. Les outils-machines qui accomplissent ce travail, non moins variés que les machines à dresser, dans leurs formes, dispositions et dimensions, sont établis sur un principe inverse. Le porte-outil, ou *curseur*, dans les machines à mortaiser a un mouvement rectiligne alternatif, et la pièce en travail est solidement fixée sur une plate-forme mobile, qui progresse d'une petite quantité déterminée, après chaque alternance complète (aller et retour) de l'outil, et dans

un sens perpendiculaire, ces deux mouvements s'opérant d'ailleurs par le jeu même de la machine.

4^o *Diviser et fendre*. La division exacte et régulière de la denture des roues d'engrenage, cet organe vital des machines, est de la plus haute importance ; l'exécution rigoureuse et géométrique des surfaces en contact dans le mouvement simultané de deux roues qui se conduisent, n'importe pas moins à la régularité de mouvement qu'au bon emploi de la puissance du moteur ; on a donc dû chercher à substituer à la division au compas et à la main, œuvre de tâtonnement, aux irrégularités inhérentes à ce mode d'opérer, et à la taille des dents par le burin et la lime, manœuvres à la main, des moyens mécaniques réguliers, précis et déterminés. On y est très heureusement parvenu par l'emploi combiné de la plate-forme à diviser, appareil anciennement connu dans l'horlogerie, et d'un outil tranchant, grain d'orge ou burin, de forme convenable et appropriée, animé d'un mouvement de rotation continue. De cette combinaison est résulté l'outil machine connu sous le nom de machine à diviser et fendre les engrenages. Voici le principe sur lequel est fondée cette machine que l'on a d'ailleurs variée dans ses dispositions : un plateau circulaire ou plate-forme, porté sur des cercles concentriques les diverses divisions de circonférences dont on a le plus habituellement besoin, chaque division marquée par un trou conique. Une alidade mobile, terminée par une pointe à vis, s'ajuste à volonté dans l'un quelconque des trous coniques de la plate-forme et sert à fixer celle-ci pendant tout le temps nécessaire dans une position invariable. Sur l'arbre ou axe de la plate-forme on fixe et on centre invariablement la roue qu'il s'agit de diviser, et dont la position ne change qu'au fur et à mesure du besoin, par le fait du déplacement de l'alidade qui occupera successivement tous les trous d'un même cercle de la plate-forme. On comprend donc que l'on peut ainsi présenter à l'action de l'outil, des points régulièrement espacés sur un cercle qui a même centre que la plate-forme. Le grain d'orge en acier fondu, découpé et taillé convenablement sur une forme exacte et appropriée à la nature de la surface que l'on se propose d'exécuter, est fixé sur une bague liée elle-même à un arbre rotatif ; cet arbre ou porte-outil est supporté par une plaque mobile elle-même, convenablement guidée et reliée à un chariot mobile dont la position règle la distance à laquelle l'outil doit agir successivement par rapport au centre de la plate-forme ; une disposition spéciale permet en outre à l'outil de prendre des positions et des inclinaisons variables que l'on détermine au moyen de vis de rappel.

4¹^o *Fileter et tarauder*. Il suffit de rappeler l'emploi si général et si multiplié des boulons et écrous comme moyens d'assemblage et de serrage, l'emploi des vis soit comme moyen de rappel et de pression, soit comme organe de transformation du mouvement circulaire en un autre mouvement rectiligne, pour faire comprendre combien il importe que les filets hélicoïdaux d'une vis ou d'un écrou soient exécutés avec précision. Le filetage et le taraudage à la main, pratiqués à l'aide des *filières* ou *tarauds*, donne des résultats très imparfaits, exige beaucoup de temps et de main-d'œuvre, et est d'ailleurs limité à d'assez faibles dimensions des boulons ou écrous. Aussi, les machines à fileter et à tarauder existent-elles depuis assez longtemps dans les ateliers ; elles sont assez simples et reproduisent fidèlement, mais d'une manière bien plus régulière, le travail du filetage et du taraudage à la main. Les *filières* et *tarauds* sont en acier fondu ; ils s'exécutent ainsi que les vis et écrous de fortes dimensions, au moyen d'un tour particulier connu sous le nom de *TOUR à fileter et à tarauder* que l'on retrouvera décrit à sa place dans ce Dictionnaire.

4²^o *Ajuster*. Après que les pièces de machines ont été préparées et travaillées isolément, il faut les adapter

l'une à l'autre, en assurer et en régulariser le jeu si elles doivent être mobiles, opérer leur *assemblage*, les achever dans tous les détails de forme et de dimensions que n'auraient pas réalisés complètement le travail isolé déjà exécuté sur chacune d'elles. L'ensemble de ces opérations constitue l'*ajustage*, travail essentiellement manuel, qui exige de la part de l'ouvrier *ajusteur* de l'adresse, de l'intelligence, des connaissances géométriques et pratiques. Le *marteau*, le *burin*, la *lime*, la *rigle*, l'*équerre*, la *fausse équerre*, les *instruments à pointe aiguë pour tracer sur les métaux*, le *compas*, l'*étai à main*, l'*étai fixe*, le *fil à plomb* composent l'outillage de l'ajusteur, auxquels il convient de joindre les *calibres*, *patrons* ou *gabaris*, au moyen desquels on reconnaît et vérifie l'identité des formes et dimensions des pièces semblables. Les pièces ajustées sont ensuite *repérées*, c'est-à-dire pointées et marquées soit au moyen du *pointeau*, soit au moyen de lettres ou chiffres frappés, qui indiquent nettement les positions relatives des diverses pièces de la machine.

13° *Émouder*. C'est user la surface d'un métal au moyen de *meules*. Ce travail remplace celui de la lime dans beaucoup de circonstances, avec économie de temps et d'argent; et c'est d'ailleurs le seul moyen dont on dispose pour user ou *affûter* les outils et instruments en acier trempé. Les *meules* grandes et moyennes sont en *grès*, tournées à leur circonférence et légèrement bombées. Leur vitesse à la circonférence atteint et dépasse même la limite de 7 à 8^m par seconde. On emploie des meules en grès tendre pour ébaucher, et pour finir des meules dures, moins mordantes. Parmi les meules les plus petites et les plus dures, il en est auxquelles on donne une vitesse de 30 ou 40^m à la circonférence. Les meules en grès travaillent avec injection continue d'eau sur leur surface.

On se sert assez souvent de meules en fer, en tôle, avec addition de sable fin pur et mouillé, de meules en acier travaillant à sec; mais le travail de ces dernières est très insalubre. Enfin, on voit dans beaucoup d'ateliers des *meules* ou *disques horizontaux*, tournant avec une grande vitesse et qui servent à user au moyen d'un mélange d'*émeri* et d'huile d'olive les têtes de boulons et les faces des écrous. Toutefois, on préfère, et avec raison, pour ce travail, l'emploi de machines spéciales, dites *machines à tailler les écrous*, qui ont pour principe les unes le mouvement circulaire d'une ou de plusieurs *fraises* combinées, les autres le mouvement rectiligne alternatif d'un burin.

14° *Rôder*. Par cette opération on use deux surfaces destinées à glisser ultérieurement l'une sur l'autre, par un mouvement de va-et-vient plus ou moins rapide imprimé à l'une des deux surfaces fortement pressée contre l'autre, après que l'on a interposé du sable fin, ou de l'*émeri* arrosés d'eau. À mesure que les surfaces se rôdent, on emploie des matières plus fines, et on termine avec de l'*émeri* fin et de l'huile.

15° *Polir*. Par cette opération on use une surface jusqu'à ce qu'elle ne décèle aucune rayure en l'exposant aux jeux de la lumière; le polissage des métaux n'est en quelque sorte que la continuation de l'*émouillage*, en y employant des substances de plus en plus fines. Les meules pour le polissage des métaux sont faites de bois durs auxquels on donne du mordant au moyen de la pierre-ponce en poudre, de l'*émeri*, du *colcothar* ou rouge d'Angleterre, et de la *potée d'étain* appliquée au moyen de suif. Ainsi disposées, ces meules prennent le nom de *brunissoirs*; leur vitesse à la circonférence va jusqu'à 40^m par seconde. Pour achever le polissage on se sert de meules en bois dont la circonférence est garnie de buffle, avec addition de *colcothar*; la vitesse à la circonférence de cette sorte de meules, plus particulièrement désignées sous le nom de *polissoirs*, varie de 20 à 25^m par seconde. Mais il est bon d'observer que dans les

machines où le poli brillant n'est pas nécessaire, et serait d'ailleurs promptement altéré, on emploie bien rarement les *polissoirs*, et on se contente de rendre les surfaces bien unies en les usant à l'*émeri* mêlé d'huile d'abord, puis en dernier lieu à l'*émeri* très fin et à sec.

Organisation et outillage des ateliers pour le travail à froid, dits *ateliers de tournerie et d'ajustage*. Les ateliers consacrés aux travaux divers que nous venons d'énumérer et de décrire sommairement, occupent dans un établissement de l'importance supposée dès l'origine de cet article, un espace considérable qui ne s'élève pas à moins de 4800 ou 2000 mètres carrés. Pour fixer les idées, et sans que la division que nous adoptons ait rien d'absolu, nous supposons cette superficie répartie sur deux ateliers, avec rez-de-chaussée et premier étage, occupant chacun un espace rectangulaire de 46^m,00 sur 30^m,00.

Un chemin de fer traversera longitudinalement le rez-de-chaussée, chacun de ces deux ateliers et une machine à vapeur à moyenne pression, à condensation et à détente variable, de la puissance de 25 à 30 chevaux, donnera le mouvement aux divers appareils.

La machine motrice placée dans la partie centrale fait mouvoir une ligne principale d'arbres de couche. L'atelier, dans le sens longitudinal est séparé en trois travées au moyen de deux rangs de colonnes en fonte, qui portent à leur partie supérieure les supports de la ligne d'arbres de couche principaux. Au moyen de roues d'engrenage, poulies, tambours et courroies, le mouvement est transmis à une ligne d'arbres horizontaux qui occupent le milieu de chacune des deux travées latérales, et de là à chaque opérateur avec les vitesses convenables pour chacun. Il est indispensable pour obtenir dans l'atelier une clarté suffisante, que les murs soient percés par de vastes baies, sur les quatre faces du bâtiment. Le jeu des courroies, et le diamètre des tambours exige une hauteur de 5^m,50 à 6^m,50 entre le sol et les poutres du plancher. L'organisation des transmissions de mouvement, les diamètres des arbres, des tourillons, des poulies, les dimensions des courroies, etc.; doivent avoir été calculés par les méthodes qui seront indiquées à l'article *RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX*. Un renvoi de mouvement pris sur l'un des arbres de couche principaux fait tourner un arbre horizontal établi au premier étage, sur l'axe longitudinal et dans la partie supérieure de cet atelier.

Une trappe pratiquée dans le plancher qui sépare le rez-de-chaussée et le premier étage, livre passage aux pièces qui doivent être travaillées; un *palan* attaché à l'un des tirans du comble, et desservi par un *treuil* situé au rez-de-chaussée, est chargé d'élever ces pièces du wagon de transport jusqu'à l'atelier supérieur.

1^{er} *Atelier consacré au grand ajustage*. Prenant pour modèle l'outillage d'un de nos plus grands établissements de construction, nous pensons que le premier atelier devra être pourvu, sinon dès le principe, au moins lorsqu'il sera arrivé à complète organisation, des appareils et outils-machines suivants :

1° Un grand alésoir vertical, pour aléser les cylindres de grande dimension.

2° Un alésoir horizontal, pour cylindres jusqu'à 4^m,00 de diamètre.

3° Un alésoir horizontal, pour cylindres jusqu'à 0^m,40 de diamètre.

4° Un petit alésoir vertical, pour aléser les lumières des roues d'engrenage et volants.

5° Un tour à plate-forme, de grandes dimensions, pour tourner les roues de locomotives, les grands couvercles de cylindre, grands pistons, etc.

6° Quatre autres tours à plate-forme de diamètres gradués.

7° Un grand tour parallèle à pointes, pour tourner les gros arbres, jusqu'à 8^m,00 de longueur.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

8° Deux ou trois tours pour la préparation des cylindres de laminoirs.

9° Une machine à diviser et tailler les grands engrenages.

10° Une grande machine à raboter, 3^m,80 de course pour l'outil, 44^m,00 longueur des jumelles-guides de la plate-forme mobile.

11° Une machine à percer dans les plus fortes tôles des trous de diamètre variable jusqu'à 0^m,20.

12° Deux machines à percer.

13° Deux machines à fileter, pour boulons et écrous gros et moyens.

14° Une machine à tarauder, pour boulons et écrous gros et moyens.

15° Un découpoir pour percer les tôles fortes.

16° Deux meules à aiguiser.

17° Six étaux de force variable avec leur établi.

18° Une forge à main, avec feu double pour l'entretien et la réparation des outils.

19° Deux ou trois tours à main.

Enfin le bureau du contre-maître placé centralement, de manière à embrasser d'un coup d'œil l'ensemble de l'atelier.

24 chevaux, sur les 30 dont on dispose, suffiront bien à la marche non pas simultanée, mais ordinaire de ces outils, parmi lesquels quelques-uns sont alternativement en chômage.

Le premier étage de cet atelier sera pourvu des appareils suivants :

1° Trois petites machines à parer ou dresser, avec outil à mouvement vertical.

2° Deux petites machines à parer ou dresser, avec outil à mouvement horizontal.

3° Deux machines à percer.

4° Deux machines à fileter et une machine à tarauder, pour moyens et petits écrous et boulons.

5° Deux machines à tailler les têtes de boulons et les écrous.

6° Huit ou dix bancs de tour à la main.

7° Une meule horizontale.

8° Une meule à aiguiser.

9° Vingt étaux d'ajusteur avec leur outillage et leur établi.

10° Une petite forge volante pour entretien et réparation des outils.

Une puissance de 6 chevaux suffira bien à la conduite des outils-machines de cet atelier.

2° atelier, grand et moyen ajustage.

L'outillage de cet atelier comprendra les machines suivantes :

1° Une machine à mortaiser les pièces des plus fortes dimensions.

2° Une machine à mortaiser et dresser les faces verticales, pour pièces de dimensions moindres.

3° Un petit alésoir vertical, à grande plate-forme, pour aléser les lumières des longues pièces, telles que luilles, etc.

4° Une machine à dresser, avec outil à mouvement horizontal, course de 4^m,30 pour l'outil, et de 8^m,00 pour la plate-forme qui porte la pièce.

5° Une machine du même genre, avec courses moindres.

6° Une machine à diviser et tailler les moyens et petits engrenages.

7° Dix bancs de tour, tant à pointes qu'à plate-forme, avec bancs de longueurs variables depuis 44^m,00 jusqu'à 3^m,00.

8° Une ou deux machines à percer.

9° Deux meules à aiguiser.

10° Huit ou dix étaux d'ajusteur.

11° Une forge à main à double feu, pour réparation et entretien des outils.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

Une puissance de 20 chevaux suffira pour la marche des machines en travail ordinaire.

Au premier étage seront installés :

1° Deux petites machines à parer, avec outil à mouvement vertical.

2° Deux petites machines à parer, avec outil à mouvement horizontal.

3° Une machine à fileter et une machine à tarauder.

4° Une machine à tailler les faces d'écrous et les têtes de boulons.

5° Deux machines à percer.

6° Huit ou dix tours à main.

7° Une meule à aiguiser.

8° Vingt étaux d'ajusteur.

9° Une petite forge volante.

Une puissance de 5 chevaux suffira largement à la marche de ces machines.

Deux contre-maîtres l'un au rez-de-chaussée, l'autre au premier étage conduiront le travail, de même que dans le premier atelier.

Personnel des ateliers de tournerie et d'ajustage. La plupart des travaux de ces ateliers s'exécutant à la journée, on conçoit que la surveillance des contre-maîtres y doit être continue, et qu'en outre, pour se rendre un compte exact du temps consacré à chaque pièce, un ordre et un soin rigoureux leur est indispensable. Les ouvriers conducteurs des machines chargés de régler la pression et la position de l'outil, de la mise en chantier des pièces, de l'affûtage de leurs outils, n'ont à dépenser qu'une très faible activité musculaire, mais en revanche ils doivent suivre avec une attention soutenue la marche de l'outil; le degré de perfection du travail confié à chaque machine et la durée de ce travail varient d'ailleurs dans d'assez grandes limites, selon l'habileté et les soins plus ou moins intelligents de son conducteur.

Le service de ces ateliers occuperait 400 hommes en marche ordinaire, 430 à 440 en marche complète; dans ce dernier cas, la puissance nominale du moteur n'est pas suffisante. Dans ce cas on force en vapeur, en augmentant légèrement la pression dans la chaudière; sans doute ce moyen est peu économique sous le rapport du bon emploi du combustible, mais on n'a à l'employer que rarement et exceptionnellement.

La création des ateliers de tournerie et d'ajustage, ainsi organisés et outillés, absorberait un capital considérable qui peut s'évaluer comme suit :

Construction des deux ateliers avec leurs colonnes en forte, leurs chemins de fer de service, les appareils de transport et d'élévation.	440,000 fr.
Moteurs, deux machines de 30 chevaux chacune.	48,000
Fourneaux et générateurs.	22,000
Transmissions de mouvement avec tous leurs accessoires.	20,000
Outillage pour grand ajustage (rez-de-chaussée du premier atelier), en y comprenant les fondations et l'installation des grandes machines-outils.	440,000 à 420,000
Outillage pour grand et moyen ajustage (rez-de-chaussée du deuxième atelier).	90,000 à 400,000
Outillage pour petit ajustage (premier étage des deux ateliers).	25,000 à 30,000
Ensemble.	450,000 fr.

Dans ces évaluations, l'outillage absorbe à lui seul plus de la moitié du chiffre total, et on le concevra

CONSTRUCTION DES MACHINES.

sans peine dès que nous aurons indiqué les prix séparés de quelques-unes des grandes machines-outils.

Ainsi la grande machine à raboter, indispensable pour la fabrication des appareils à vapeur de 500 chevaux, ne coûtera pas à elle seule, compris ses fondations, moins de 30,000 fr.

Le grand alésoir vertical, avec ses fondations et son bâti en charpente. 25,000 à 30,000

Le grand tour parallèle. 45,000

Le grand tour à plate-forme. 42,000

Rappelons d'ailleurs que l'outillage d'un grand établissement n'arrive au point où nous l'avons supposé que par un développement successif.

Atelier de montage. Tous les éléments d'une machine, après avoir été isolément travaillés, arrivent à l'atelier de montage pour y être assemblés, réunis et repérés. Là, sous la direction d'un *monteur*, toutes les pièces fixes sont assemblées provisoirement, toutes les pièces mobiles sont présentées chacune à la place qu'elles doivent occuper et reliées les unes aux autres. Le monteur s'assure que les mouvements voulus s'accomplissent rigoureusement, que tous les axes de ces mouvements divers sont bien dans la direction demandée, que les tourillons de ces axes et les articulations diverses jouent librement et régulièrement; au fur et à mesure des besoins du montage, il fait achever ou modifier l'ajustage. Oeuvre de précision et de tâtonnement, le montage à l'atelier, bien fait, dirigé par un homme soigneux, instruit, intelligent, peut seul assurer le succès, la rapidité et l'économie du montage définitif et sur place.

Un atelier de montage doit être vaste, élevé, parfaitement éclairé, et pourvu suffisamment des machines qui servent au transport et à l'élevation des fardeaux. On doit prévoir le montage simultané d'un certain nombre de machines, et si, par exemple, nous supposons en train de montage :

1° Les machines d'un navire à vapeur de 200 à 500 chevaux ;

2° Une machine fixe de 40 à 100 chevaux ;

3° Une ou deux locomotives pour chemin de fer ;

4° Un ou deux appareils pour l'industrie (souffleries, pompes, etc.).

Éventualité qui se réalisera très fréquemment, sinon toujours dans un grand établissement de construction, la superficie de l'atelier de montage devra être de 600 à 800 mètres carrés.

Cet atelier doit laisser disponible sous entrait une grande hauteur, soit 12 à 13 mètres, complètement libre et exempt de toute colonne de support.

Pour fixer les idées, adoptons un espace rectangulaire de 45 mètres sur 16 mètres dans œuvre, traversé longitudinalement par un chemin de fer, fermé aux deux extrémités par des portes à coulisses de 6 à 7 mètres d'ouverture. Une grue à volée variable jusqu'à 4^m,50, et capable d'enlever 15 tonnes, desservira une première partie de l'atelier. Une fosse de 20 mètres de longueur sur 9 mètres de largeur et 0^m,70 de profondeur occupera la partie centrale du sol de l'atelier. Sur la longueur de cette fosse règneront, régulièrement espacées, 6 fortes poutres en chêne de 0^m,40 d'équarrissage, solidement établies sur un sol rendu incompressible soit par une forte couche de béton, soit au moyen d'un grillage avec pilotis. Cette fosse sera desservie par 10 palans suspendus aux tirants des fermes du comble et régulièrement répartis, dont les câbles seront manœuvrés au moyen de 10 treuils à engrenage solidement fixés à la hauteur convenable contre les pieds-droits des larges baies ouvertes sur les deux murs latéraux.

L'outillage de cet atelier, indépendamment des appareils déjà énumérés, se composera de :

CONSTRUCTION DES MACHINES,

1° Deux machines à percer ;

2° Une machine à dresser ;

3° 20 étaux d'ajusteur, avec leurs établis ;

4° Une forge de maréchal.

Le mouvement sera donné aux outils ou par une petite machine à vapeur spéciale, ou par un arbre de couche en communication avec l'un des ateliers d'ajustage.

Ainsi équipé, outillé et établi l'atelier de montage coûtera 45,000 fr. environ. Son personnel en monteurs, ajusteurs, manœuvres, sera de 20 à 30 hommes.

Nous voici arrivés au terme de notre examen en ce qui concerne l'organisation des divers ateliers d'un établissement de construction ; il serait d'ailleurs sans intérêt de donner un plan général d'un tel établissement, parce que les dispositions de ce plan sont toujours liées à des conditions de localité spéciales et nécessairement variables. Qu'il suffise donc d'ajouter qu'un établissement de ce genre, indépendamment des superficies occupées par les ateliers divers, doit disposer d'une très vaste surface soit pour le dépôt des approvisionnements en combustible, fontes de moulage, moulures de rebut ou *borcages*, pièces moulées de rechange, etc., etc., soit pour le dépôt des pièces isolées, des appareils en voie de confection, enfin de bâtiments accessoires pour les magasins divers, tels que magasins à métaux et autres, etc., pour l'administration, les bureaux des ingénieurs et des agents comptables.

Pour évaluer d'une manière complète le capital de création d'un tel établissement, il faudrait donc ajouter à la somme déjà énorme de nos évaluations partielles, la valeur des terrains et celle des bâtiments accessoires dont il vient d'être question.

Rapports des divers ateliers entre eux et organisation du service des contre-mâtres. Pour que la surveillance soit active, continue, incessante dans chaque atelier, il est bon que le service de cette surveillance soit réparti entre plusieurs contre-mâtres, chacun d'eux ayant à diriger et surveiller un nombre d'hommes limité, 60 au plus, et sous les ordres lui-même d'un contre-mâitre général. A chaque tiers de la journée, il est pris état détaillé de l'emploi du temps de chaque ouvrier, et à la fin de la semaine le contre-mâitre général compose sur ces états de détail un tableau semainier qui renferme aussi concis que possible, mais complets, tous les éléments nécessaires à l'établissement du prix de revient pour la main-d'œuvre, les consommations et déchets relatifs aux diverses pièces travaillées pendant la semaine. Un contre-mâitre général a sous ses ordres immédiats et sous sa main un commis d'écritures ; le contre-mâitre devient donc un être double, si l'on peut s'exprimer ainsi, le premier surveillant, dirigeant, organisant, répartissant le travail, à la tâche, toutes les fois que la bonne exécution des pièces le permet, à la journée, dans le cas contraire ; le second écrivant et enregistrant toutes les circonstances du travail dont il importe de conserver les traces. Cette division des plus heureuses, que nous empruntons à l'un des plus prospères parmi nos établissements de construction, assure un ordre complet et de tous les instants, à défaut duquel la prospérité est impossible, dans une fabrication dont les détails sont multipliés à l'infini, et qui comprend dans son ensemble tant d'opérations successives.

Un chemin de fer de service, avec embranchement sur chaque atelier, relie entre eux tous ces ateliers et réduit à la dernière limite les frais de transports nombreux et successifs. Enfin chaque contre-mâitre, sur les états de détail dressés comme il a été dit, *facture et vend les produits de son atelier* au contre-mâitre de l'atelier voisin, où les pièces arrivent successivement sans oubli ni confusion possibles.

En fin de compte, et après son passage aux divers ateliers, chaque pièce arrive au montage avec son prix de revient facturé et composé par l'addition des prix de revient partiels dont elle s'est grevée dans chaque période du travail.

Nous avons insisté sur ce mode administratif appliqué aux travaux divers, avec la conviction que son observation minutieuse renferme les germes les plus féconds, tandis qu'un contraire une ruine plus ou moins prochaine menaçait toujours un établissement où cet ordre sévère ne serait pas maintenu dans sa dernière rigueur.

ÉTUDE, COMPOSITION, CALCUL ET DESSIN DES MACHINES. Quand une machine est demandée à un établissement de construction, les conditions à remplir, les dispositions principales, etc., sont d'abord discutées entre l'industriel ou l'administration qui fait sa commande et le directeur de l'établissement, assisté de l'un de ses ingénieurs; un marché signé par les parties contractantes, accompagné d'un cahier des charges, constate les résultats de cette discussion, et dans l'intérêt de tous, il importe que cet acte, avec toutes les clauses et conditions, soit bien rédigé et très explicite. Le cahier des charges est ensuite mûrement examiné et discuté entre le gérant de l'établissement, l'ingénieur-directeur et celui des ingénieurs attachés à l'usine auquel doit être spécialement confiée l'étude et l'exécution de l'appareil demandé. Le système particulier, les dispositions générales de la machine ainsi arrêtées et convenues, l'ingénieur chargé de l'étude s'en occupe dès lors exclusivement et devient seul responsable de l'exécution, sauf les conseils qu'il croit devoir demander à l'ingénieur-directeur. Après qu'il a combiné toutes les parties de son appareil, calculé ses dimensions, arrêté les formes et les assemblages étudiés préalablement par des dessins de détail, il exécute ou fait exécuter sous ses yeux, et sous son contrôle immédiat, les dessins d'exécution. Il transmet ensuite sans intermédiaire aux contre-maitres des divers ateliers ces dessins et croquis de détails, toujours dessinés sur une échelle suffisamment grande, minutieusement cotés, et accompagnés d'instructions écrites.

Le contre-maitre devient responsable à son tour vis-à-vis de l'ingénieur dont il a reçu les dessins signés, et auquel chaque fois qu'il le juge utile, il doit demander un supplément d'instructions.

L'ingénieur préside au tracé des épures en grand, surveille la confection des modèles, suit et dirige partout et toujours la fabrication successive de toutes les pièces de sa machine, aux divers degrés d'avancement et dans les divers ateliers où elle doit passer pendant les périodes du travail. À l'aide des dessins de détail, il exécute ou fait exécuter sous sa direction des plans d'ensemble de la machine, et ces plans achevés, signés par l'ingénieur chargé de l'étude, contrôlés par l'ingénieur-directeur, viennent se classer dans le portefeuille de l'établissement, arsenal précieux pour le présent, comme pour l'avenir, dont on conçoit sans peine l'utilité et tous les avantages.

La méthode de composition et d'étude que nous venons d'exposer est suivie dans un de nos plus grands établissements; en outre des beaux résultats obtenus par cette usine qui a livré à l'industrie et à l'État de nombreux, grands et beaux appareils, dont la bonne et prompt exécution a dépendu pour une grande part de la méthode que nous venons d'indiquer, on peut dire à l'avantage de celle-ci qu'elle doit être féconde en résultats pour l'avenir d'un établissement de construction. En effet, respectant scrupuleusement le travail de chacun, elle rend impossible toute confusion d'attributions, laisse à qui de droit à côté du mérite de son œuvre, la responsabilité entière, surexcite les capacités des individus, fait grandir rapidement l'importance des intelli-

gents et des travailleurs, et crée dans l'établissement une pépinière d'hommes précieux et spéciaux. Là, en effet, on conçoit que les bons effets de la division du travail se feront sentir rapidement, et que l'ingénieur consacré par exemple à la spécialité des locomotives, ou de tout autre genre d'appareils, doit acquérir dans cette spécialité une aptitude à laquelle ne saurait atteindre celui qui est contraint d'éparpiller, pour ainsi dire, son travail et ses méditations sur la foule des machines que l'industrie emploie et demande chaque jour.

Ajoutons enfin, pour compléter ce sujet, que l'ingénieur après avoir suivi et dirigé le montage dans l'atelier de son appareil, suit la machine jusqu'au lieu de son installation, quand l'importance de la commande le réclame, en dirige sur place le montage et l'installation, préside aux essais, en discute les résultats devant les intéressés avec tous les avantages de l'homme spécial qui possède son sujet jusque dans les plus intimes détails. Quant aux connaissances variées, approfondies, théoriques et pratiques que doit posséder l'ingénieur constructeur de machines, on conçoit ce qu'elles doivent être, si l'on récapitule la série des opérations auxquelles il est chargé de présider, et les bornes de cet article ne nous permettent pas de les passer en revue.

Nous ne pensons pas avoir besoin, en terminant, de justifier le choix que nous avons fait d'un établissement sur une vaste échelle, dans l'examen des bases de l'organisation d'une usine pour la construction des machines. On peut comprendre maintenant combien il importe à ceux qui consacrent des capitaux à une création de ce genre de viser à une spécialité, puisque l'outillage si varié et si coûteux se modifie pour chaque genre de fabrication, puisque la perfection et l'économie pour être poussées à leur dernière limite exigent une fabrication multipliée et la reproduction fréquente des mêmes modèles.

Le but de cet article aura été atteint d'ailleurs, si nous avons réussi à faire comprendre par un examen rapide et sommaire : d'une part quelle réunion de capitaux, d'intelligences et d'ordre administratif suppose et réclame la création d'un atelier de construction des machines; d'autre part, combien la prospérité d'un semblable établissement a besoin d'être soutenue et alimentée par des commandes nombreuses, si seules, nous le répétons en terminant, permettent d'atteindre le dernier terme du problème d'une fabrication parfaite et économique.

FAURE.

CONTRASTE SIMULTANÉ DES COULEURS.

Avant d'établir les lois qui président à l'effet produit par les couleurs juxtaposées, il est bon de dire un mot de ces couleurs même au point de vue physique, étant obligé de renvoyer aux traités spéciaux les personnes qui désireraient des connaissances plus étendues à cet égard.

On sait que la lumière n'est pas homogène, et que si on laisse tomber un faisceau de lumière blanche sur un prisme de verre, les rayons correspondant aux diverses couleurs étant inégalement réfringibles (différemment écartés par leur passage à travers le prisme de leur direction primitive), viendront donner sur un écran placé derrière le prisme une image diversement colorée renfermant toutes les couleurs dont la réunion forme la lumière blanche.

On déduit de là que la couleur d'un corps est la sensation que produisent sur l'œil les rayons lumineux d'une couleur réfléchis par ce corps, pendant que les autres sont absorbés ou dispersés.

L'aspect du spectre indique clairement des couleurs fondamentales dont l'œil a une perception plus nette que des couleurs intermédiaires, de même que l'oreille distingue un son musical correspondant à des vibrations régulières, d'un bruit confus.

CONTRASTE DES COULEURS.

Ces couleurs fondamentales sont :

Le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet.

La réunion de plusieurs de ces couleurs ne forme pas une couleur nouvelle, mais bien une des couleurs du spectre. Newton a donné le moyen de trouver la couleur résultante au moyen d'une règle dont on n'a pu retrouver la démonstration, mais qui s'est trouvée confirmée par les vérifications qu'on en a faites. Voici en quoi elle consiste :

Si l'on partage un cercle en sept parties correspondantes aux sept couleurs principales du spectre solaire, ces arcs de grandeurs différentes sont :

60°	—	45°	—	34°	pour le rouge ;
34°	—	40°	—	38°	— l'orangé ;
54°	—	44°	—	4	— le jaune ;
60°	—	45°	—	34°	— le vert ;
54°	—	44°	—	4	— le bleu ;
34°	—	40°	—	38°	— l'indigo ;
60°	—	45°	—	34°	— le violet.

On détermine les centres de gravité de ces arcs, et on imagine en chacun de ces points un poids proportionnel à l'intensité de la couleur correspondante qui doit entrer comme couleur élémentaire dans la teinte que l'on veut déterminer, puis, on cherche le centre de gravité de tous ces poids. On joint ce point au centre du cercle, et prolongeant le rayon jusqu'à la circonférence, celui des sept arcs que cette ligne coupe indique la couleur de la teinte. Suivant que l'intersection sera au milieu ou près d'une des extrémités de l'arc, la teinte sera simplement de la couleur de l'arc ou tirera vers une des couleurs voisines (Extrait de la physique de M. Lamé).

De la grandeur que Newton assigne aux arcs correspondants aux couleurs dans la loi remarquable énoncée ci-dessus, on doit conclure que la division du spectre en sept couleurs n'est pas celle que donne dans la pratique la division de la lumière en éléments d'égale valeur. On s'approchera sans doute de l'égale division en divisant les couleurs qui correspondent aux plus grands arcs par des couleurs intermédiaires, qui viennent rétablir l'égalité de division, ce qui donnerait le tableau suivant pour les couleurs franches :

Rouge, — rouge-orangé, — orangé, — orangé-jaune, — jaune, — jaune-vert, — vert, — vert-bleu, — bleu, — bleu-violet ou indigo, — violet, — violet-rouge.

C'est la composition du tableau que nous donnons plus loin, d'après M. Chevreul.

Passons maintenant à l'étude du *contraste*, c'est-à-dire de la différence et de l'opposition que l'artiste établit, soit entre le caractère et l'attitude de la figure, soit entre les nuances, les lumières ou les couleurs d'un tableau, qui n'est beau et agréable à la vue, que quand les couleurs sont appliquées avec goût et suivant des règles fixes et bien déterminées.

Comme on n'est pas encore arrivé à une application générale, ni même à une application particulière positive de règles bien déterminées, on croit généralement dans le monde que la peinture ou le coloris proprement dit, est une portion du génie et des facultés données par la nature. Tous les artistes, peintres et coloristes, répètent sans cesse qu'il n'y a point de règles fixes pour le contraste. Le fait est vrai et incontestable pour tout ce qui a rapport à la combinaison et à l'arrangement matériel des objets qui composent un tableau. Quant au mélange et à l'emploi des couleurs pour imiter tel ou tel objet, nous pouvons dire, à notre tour, qu'il y a une loi positive de l'art suivant laquelle on doit voir le modèle, et reproduire exactement toutes les modifications qu'il présente; ce sont là les deux points essentiels de la peinture représentative

CONTRASTE DES COULEURS.

C'est M. Chevreul qui a découvert et publié le premier cette loi positive. Ce savant chimiste a expliqué avec une sévérité de raisonnement qui ne laisse plus rien à l'hypothèse, à la routine, tous les phénomènes dus au mélange et à la juxtaposition des couleurs, pour imiter un objet déterminé.

Il a enfin démontré d'une manière rigoureuse, qu'on parvient à imiter un objet coloré en le peignant autrement qu'on ne le voit (voyez PEINTURE). Par exemple, pour peindre deux zones contiguës qui paraissent chacune de couleur unie à l'œil, il faut faire du clair-obscur. Si le peintre produisait réellement deux zones de teinte unie, cette imitation résemblerait à la vue des effets de clair-obscur.

Ainsi, suivant l'expression de M. Chevreul, le contraste simultané des couleurs est un phénomène qui se manifeste en nous toutes les fois que nous regardons en même temps deux objets différemment colorés, placés l'un à côté de l'autre. Il consiste en ce que la différence de couleur qui peut exister entre les deux objets est augmentée de telle sorte :

1° Que si l'un des objets est plus foncé que l'autre, celui-ci nous paraît plus clair et l'autre plus foncé qu'ils ne le sont réellement ;

2° Que les couleurs des deux objets sont elles-mêmes modifiées dans leur nature optique ; par exemple, si une feuille de papier bleu est placée à côté d'une feuille de papier jaune, ces deux feuilles loin de nous paraître tirer sur le vert, comme on pourrait le présumer, d'après ce qu'on sait de la production du vert par le mélange du bleu et du jaune, semblent prendre du rouge, de sorte que le bleu paraît violet et le jaune orangé.

Par conséquent, dans le contraste simultané des couleurs, la différence du clair et de l'obscur est augmentée, comme l'est la différence optique des couleurs.

Certes, nous ne commettrons pas la faute de rien ajouter après M. Chevreul ; seulement, nous donnerons ici la composition d'une table chromatique circulaire qui servira à faire bien comprendre les définitions, et surtout à faire mieux connaître les couleurs et leurs modifications.

TABLE CHROMATIQUE CIRCULAIRE. Cette table est formée sur un cercle d'un diamètre arbitraire, et divisé en douze secteurs égaux. Ces secteurs représentent autant de nuances ou types de couleurs différentes modifiées chacune par une petite quantité d'une autre.

On conçoit, cependant, qu'on peut diviser le cercle en 24 ou 48 parties égales, et avoir ainsi un nombre de nuances double, quadruple ; mais nous avons reconnu par les expériences multipliées auxquelles nous nous sommes livrés, que cette multitude de nuances serait inutile ou au moins superflue dans la pratique.

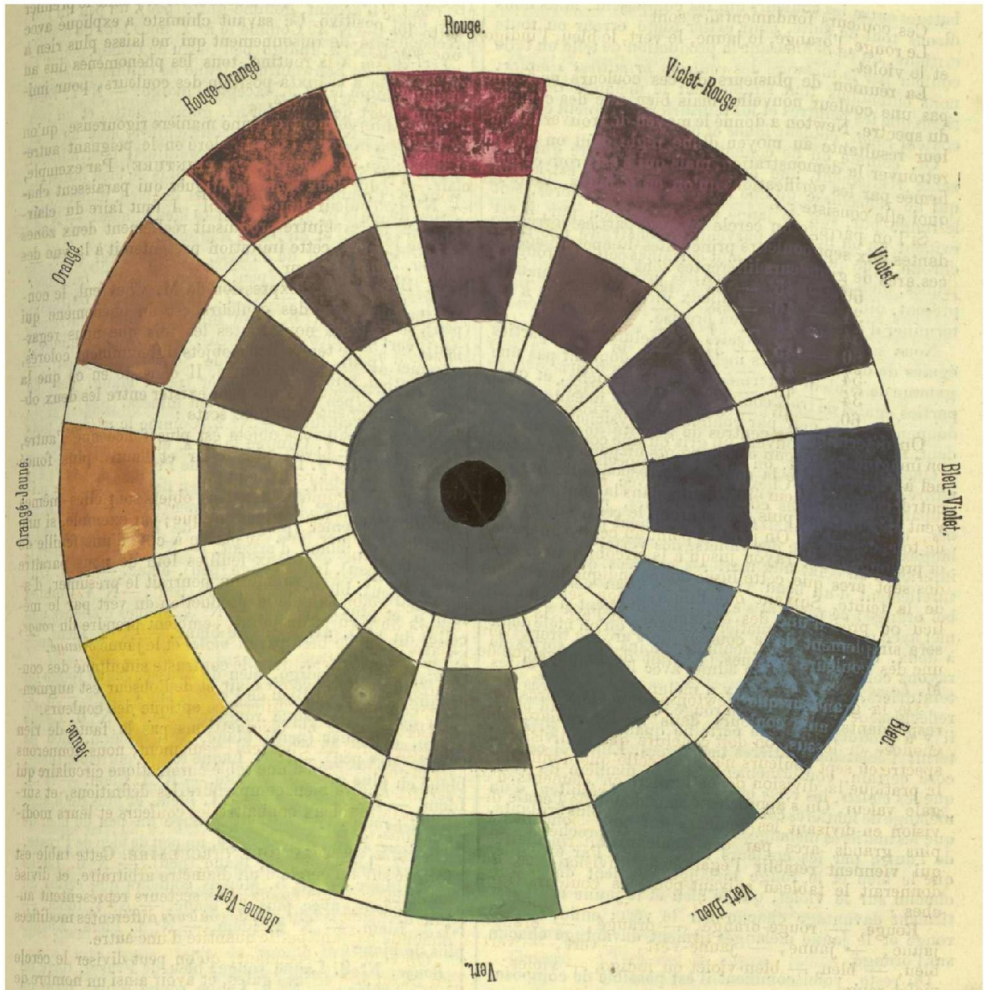
Du centre du cercle nous avons décrit six circonférences; nous avons formé ainsi un cercle de noir pur, et trois zones séparées l'une de l'autre par le blanc pur, et divisées chacune en 42 parties égales.

Dans chaque partie de la zone qui limite le cercle nous avons placé une nuance distincte qui tient le milieu entre le clair et l'obscur, ce qui veut dire que cette couleur est aussi éloignée du blanc que du noir. On peut au besoin ajouter à cette couleur, soit des quantités croissantes de blanc pur, pour former une *dégradation* jusqu'à la lumière ou au blanc, soit une couleur brute calcinée, afin de la rehausser et de former une gradation jusqu'au noir.

Chaque couleur, abaissée ainsi par le blanc, et montée par le brun, se nomme *ton*, et l'ensemble de ces tons constitue une *gamme* de couleur.

Nous définirons ainsi les gammes de couleurs, savoir :

1° Les gammes des couleurs primitives franches, qui comprennent les couleurs que les artistes appellent *simples*, savoir : le rouge, le jaune, le bleu ;



2° Les gammes des couleurs primitives franches dites composées ou complexes qui comprennent :

- L'orangé, produit du mélange du rouge avec du jaune;
- Le vert, produit du jaune avec du bleu;
- Le violet, produit du bleu avec du rouge;
- Et leurs nuances intermédiaires, le rouge-orangé,

l'orangé-jaune, le jaune-vert, le vert-bleu, le bleu-violet, le violet-rouge (1);

3° Enfin, les gammes des couleurs dites rabattues, rompues, grises ou ternées, qui sont le résultat du mélange des couleurs franches avec du gris, depuis le ton le plus clair jusqu'au ton le plus foncé; c'est pour cela que nous avons placé les gammes ra-

(1) Suivant le langage des teinturiers et des fabricants (voy. TEINTURE), les gammes de couleurs comprennent :

SAVOIR :	TONS CLAIRS.	TONS INTERMÉDIAIRES.	TONS FONCÉS.
Rouge-franc. . .	La cerise et la couleur de chair (homme).	L'écarlate, le ponceau fin.	Le brun-rouge cramoisi. Le brun-rouge ordinaire ou nacarat.
Rouge-orangé. . .	L'aurore et la capucine.	Le ponceau commun ou ratine.	
L'orangé.	L'orangé fin proprement dit.	Le bois rouge ou pommerolle. Le bois jaune ou carminéte.	
Orange-jaune. . .	Le jaune faux ou jaune d'or.	Le jaune de Gand et de garance, le vert-olive.	
Jaune.	Le jaune-citron.	Le vert de rose.	Le bronze ou vert-roux.
Jaune-vert. . . .	Le jaune pâle ou de feuille morte.	Le vert émeraude.	Le vert d'herbe ou brun.
Vert.	Vert tendre ou frais.	Vert d'oeillet et de mer.	Vert anglais et obscur.
Vert-bleu. . . .	Vert d'eau.	Le bleu de roi ou de France.	Le bleu indigo ou obscur.
Bleu.	Le bleu de ciel.	Le violet d'évêque ou violet cramoisi.	
Bleu-violet. . . .	Le lapis.	La couleur de la pensée et de l'oreille d'ours.	
Violet.	Le violet clair et rouge.	Le rosé et l'amaranthe.	Le pourpre et le cramoisi fin.
Violet-rouge. . .	La couleur de chair (femme et enfant).		

CONTRASTE DES COULEURS.

battues entre les couleurs qui les composent. Mais nous dirons tout de suite, pour éviter toute erreur ou toute critique, qu'en définissant la production de telle ou telle couleur par le mélange des couleurs primitives simples, nous entendons tout simplement le mélange des matières que les peintres et les teinturiers emploient comme couleur rouge, couleur jaune et couleur bleue.

Or, comme on ne connaît aucune matière qui présente réellement une couleur primitive, c'est-à-dire qui ne réfléchisse qu'une sorte de rayons colorés, soit le rouge pur, soit le jaune pur, ou le bleu pur, il est évident qu'on ne peut parvenir à construire une table chromatique qu'en combinant certaines couleurs rouges, jaunes, bleues, brunes, et dans des proportions, quant à présent, difficiles, ou pour mieux dire impossibles à déterminer d'une manière bien précise.

Nous sommes donc fondés à conclure que, parties égales de deux couleurs mélangées ne donnent pas une gamme de couleur intermédiaire bien franche, et que, parties égales de trois couleurs primitives mélangées ne donnent pas le noir pur comme les physiiciens l'entendent, mais le plus souvent un gris ou une couleur terne.

Quoi qu'il en soit, on ne peut s'empêcher de reconnaître, comme M. Chevreul le dit avec raison, que la plupart des matières colorantes bleues, rouges ou jaunes, que nous connaissons, ne donnent par leurs mélanges binaires, que des violets, des verts, des orangés, inférieurs en éclat aux matières colorées qui sont naturellement d'un beau violet, d'un beau vert et d'un bel orangé; ce résultat s'explique facilement si l'on admet avec nous que les matières colorées qu'on mêle deux à deux, réfléchissent chacune au moins deux sortes de rayons colorés, et si l'on admet avec les peintres et les teinturiers, que, dès qu'il y a un mélange de matières qui réfléchissent séparément du rouge, du jaune et du bleu, il y a production d'une certaine quantité de gris qui ternit l'éclat des matières mélangées. Enfin, il est encore certain, conformément à cette manière de voir, que les violets, les verts et les orangés qui résultent d'un mélange de matières colorées, sont d'autant plus brillants, que les matières mélangées étaient plus rapprochées l'une de l'autre par les couleurs respectives. Par exemple, que le bleu et le rouge mélangés tiraient davantage chacun sur le violet, que le bleu et le jaune mélangés tiraient davantage chacun sur le vert; enfin, que le rouge et le jaune mélangés tiraient davantage chacun sur l'orangé.

Du reste, voici comment il est possible de composer des types de couleurs supposées pures, en employant des matières colorées qui, ainsi que nous l'avons dit, ne le sont jamais.

Pour éclairer la marche de la pratique, nous donnons les résultats de nos propres travaux poursuivis avec soin pendant plusieurs années.

Nomenclature des couleurs qui peuvent entrer dans la composition d'une table chromatique.

Couleurs franches.

Le n° 1 désigne le ton le plus clair ou le plus rapproché du blanc, et le ton le plus foncé ou le plus rapproché du noir est représenté par le n° 9. Les n° 2 à 8 comprennent tous les tons intermédiaires.

Vert. N° 9. Indigo (peu), bleu de Prusse, gomme-gutte, jaune de chrome foncé. — N° 8. Bleu de Prusse, jaune de chrome foncé. — N° 7. Gomme-gutte, jaune de chrome foncé (bases), jaune de chrome clair (peu), bleu de Prusse (peu), vert de Schweinfurt (peu). — N° 6. Gomme-gutte, jaune de chrome foncé, idem, clair (peu), bleu de Prusse (peu), vert de Schweinfurt (peu). — N° 5. Gomme-gutte, vert de Schweinfurt, jaune de chrome foncé (peu), un peu du ton précédent. — N° 4. Vert de Schweinfurt, blanc d'argent (peu). — N° 3. Blanc d'argent, vert de Schweinfurt, gomme-gutte

CONTRASTE DES COULEURS.

(peu), un peu du ton précédent. — N° 2. Vert de Schweinfurt, blanc d'argent, gomme-gutte (peu), un peu du ton précédent. — N° 4. Comme le n° 2, mais plus de blanc.

Vert-bleu. N° 9. Indigo (peu), bleu de Prusse, gomme-gutte, vert de Schweinfurt, jaune de chrome foncé. — N° 8. Comme le n° 9, excepté l'indigo. — N° 7. Bleu minéral, vert de Schweinfurt, gomme-gutte, et un peu de blanc. — N° 6. Vert de Schweinfurt, bleu minéral et blanc. — N° 5. Vert de Schweinfurt, bleu minéral clair. — N° 4. Comme le n° 5, et plus de bleu minéral. — N° 3. Comme le n° 4, et plus de bleu minéral. — N° 2. Comme le n° 3, et un peu de bleu minéral. — N° 1. Comme le n° 2, et du blanc d'argent.

Bleu. N° 9. Bleu de Prusse, bleu minéral clair. — N° 8. Bleu de Prusse (peu), bleu minéral, outremer (peu), blanc (peu). — N° 7. Bleu minéral, outremer (peu), blanc. — N° 6. Bleu minéral, blanc, outremer (peu), vert de Schweinfurt (peu). — N° 5. Bleu minéral, outremer (peu), blanc, vert de Schweinfurt (peu). — N° 4. Bleu minéral, outremer (peu), blanc, vert de Schweinfurt (peu). — N° 3. Bleu minéral (peu), blanc, vert de Schweinfurt. — N° 2. Comme le n° 3, et plus de blanc. — N° 1. Comme le n° 2, et plus de blanc.

Bleu-violet. N° 9. Indigo, bleu de Prusse, laque rouge, bleu minéral clair. — N° 8. Bleu de Prusse, bleu minéral, laque rouge, blanc, outremer (peu). — N° 7. Bleu minéral, outremer (peu), bleu de Prusse (très peu), laque rouge, blanc d'argent. — N° 6. Bleu minéral, outremer (peu), laque rouge (peu), blanc. — N° 5. Outremer (peu), blanc, laque rouge (peu). — N° 4. Comme le n° 5, et plus de blanc. — N° 3. Mêmes couleurs que celles du n° 5, avec plus de blanc. — N° 2. Idem. — N° 1. Idem.

Violet. N° 9. Indigo, bleu de Prusse, laque rouge ou carminée. — N° 8. Bleu de Prusse, laque rouge. — N° 7. Bleu de Prusse, laque rouge, blanc. — N° 6. Laque rouge, outremer (peu), blanc, bleu minéral, bleu de Prusse (très peu). — N° 5. Laque rouge, outremer (peu), blanc en plus grande quantité. — N° 4. Idem. — N° 3. Idem. — N° 2. Idem. — N° 1. Idem, et plus de blanc.

Violet-rouge. N° 9. Laque rouge un peu de bleu de Prusse. — N° 8. Laque rouge, un peu de bleu de Prusse. — N° 7. Laque rouge, blanc (peu). — N° 6. Laque rouge, blanc. — N° 5. Mêmes couleurs que celles du n° précédent, avec plus de blanc. — N° 4. Idem. — N° 3. Idem. — N° 2. Idem. — N° 1. Idem. Encore plus de blanc.

Rouge. N° 9. Laque rouge, bleu de Prusse, terre de Sienna brûlée. — N° 8. Laque rouge (plus), terre de Sienna brûlée, vermillon. — N° 7. Laque rouge, vermillon, terre de Sienna brûlée (peu). — N° 6. Laque rouge, vermillon et blanc (peu). — N° 5. Laque rouge, vermillon, minium, et un peu plus de blanc que pour le ton n° 6. — N° 4. Laque rouge, minium, vermillon (peu), (pousser plus au blanc). — N° 3. Mêmes couleurs avec plus de blanc. — N° 2. Idem. — N° 1. Idem.

Rouge-orangé. N° 9. Laque rouge, vermillon, laque carminée, terre de Sienna brûlée. — N° 8. laque carminée (moins), vermillon, minium (peu), terre de Sienna brûlée (peu), fort en vermillon. — N° 7. Laque rouge (peu), vermillon (fort), minium. — N° 6. Vermillon (fort), jaune de chrome (peu). — N° 5. Vermillon (peu), minium. — N° 4. Vermillon (peu), laque rouge (très peu), jaune de chrome clair, minium. — N° 3. Laque rouge (peu), gomme-gutte (peu), jaune de chrome clair (beaucoup), minium (id.), blanc, un peu du n° 3 de la gamme rouge. — N° 2. Jaune de chrome clair (beaucoup), blanc (peu), minium (peu), un peu du n° 2 de la gamme rouge. — N° 1. Mêmes couleurs avec plus de blanc.

Orangé. N° 9. Terre de Sienna brûlée, bleu de Prusse, laque rouge (peu), ocre rouge (peu), gomme-gutte (peu)

CONTRASTE DES COULEURS.

CONTRASTE DES COULEURS.

— N° 9. Mêmes couleurs avec du vermillon. — N° 8. Ocre rouge, ocre jaune clair (parties égales), jaune de chrome foncé, gomme-gutte, vermillon, un peu du n° 1, de la gamme rouge-orangé. — N° 6. Jaune de chrome foncé (base), ocre rouge clair, gomme-gutte (peu), laque rouge (peu), vermillon (peu). — N° 5. Jaune de chrome n° 2, laque rouge (peu), ocre jaune foncé (peu), minium. Un peu du n° 3, de la gamme rouge-orangé. — N° 4. Jaune de chrome foncé, idem clair, laque rouge (peu), minium (peu), un peu du n° 4 de la gamme rouge-orangé. — N° 3. Jaune de chrome foncé, idem pâle. Un peu du n° 3 de la gamme rouge-orangé. — N° 2. Jaune de chrome, minium (tres peu). — N° 1. Mêmes couleurs plus du blanc.

Orangé-jaune. N° 9. Terre de Siemie calcinée (base), gomme-gutte (peu), blanc (tres peu). — N° 8. Terre de Siemie brûlée, gomme-gutte (peu), blanc (peu). — N° 7. Idem, jaune de chrome foncé. — N° 6. Idem. — N° 5. Terre de Siemie brûlée, jaune de chrome foncé, gomme-gutte, laque rouge (tres peu). — N° 4. Gomme-gutte et jaune de chrome foncé. — N° 3. Jaune de chrome foncé (peu), idem clair. — N° 2. Gomme-gutte, jaune de chrome clair (peu), et du blanc (peu). — N° 1. Idem avec plus de blanc.

Jaune. N° 9. Terre de Siemie brûlée, jaune de chrome foncé, gomme-gutte, bleu de Prusse (tres peu), noir de Francfort (tres peu). — N° 8. Terre de Siemie brûlée, jaune de chrome foncé, gomme-gutte, bleu de Prusse (tres peu), noir de Francfort (tres peu), ocre jaune. — N° 7. Gomme-gutte, ocre jaune, terre de Siemie brûlée, bleu de Prusse (tres peu). — N° 6. Gomme-gutte (beaucoup), ocre jaune, terre de Siemie brûlée, bleu (peu). — N° 5. Gomme-gutte, jaune de chrome foncé, terre de Siemie brûlée, bleu de Prusse (peu). — N° 4. Jaune de chrome foncé, idem pâle, terre de Siemie brûlée, bleu de Prusse (peu), gomme-gutte, un peu du jaune-vert n° 4. — N° 3. Jaune de chrome pâle, bleu de Prusse (peu), un peu de jaune-vert n° 3. — N° 2. Jaune de chrome pâle, jaune-vert n° 2. — N° 1. Idem et du blanc.

Jaune-vert. N° 9. Terre de Siemie brûlée, jaune de chrome foncé, gomme-gutte, bleu de Prusse (peu), noir de Francfort (peu), un peu du n° 9 de la gamme verte. — N° 8. Terre de Siemie brûlée, jaune de chrome foncé, gomme-gutte, bleu de Prusse (peu), noir de Francfort (peu), un peu de vert n° 8. — N° 7. Gomme-gutte, ocre jaune, terre de Siemie brûlée (peu), un peu de vert n° 7. — N° 6. Gomme-gutte (beaucoup), ocre jaune, terre de Siemie brûlée, un peu de vert n° 6. — N° 5. Gomme-gutte, jaune de chrome foncé, terre de Siemie brûlée, bleu de Prusse (tres peu), un peu de vert n° 4. — N° 4. Idem, jaune de chrome pâle et beaucoup de vert n° 4. — N° 3. Mêmes couleurs que le jaune n° 3, avec du vert n° 3. — N° 2. Jaune de chrome pâle et du vert n° 2. — N° 1. Idem et du blanc.

Il est très essentiel, pour marier les tons, de laisser sur la palette un peu de la couleur faite, que l'on mélange ensuite avec celle à faire. On s'évitera, de cette manière, beaucoup de peine, et ensuite on ne sera pas exposé à avoir des tons sortant des gammes.

Couleurs rabattues. On fera une dégradation de huit gris, avec du noir de Francfort et du blanc d'argent; puis on mélangera une portion de la couleur franche avec une portion de gris de même hauteur.

Gris. Les tons de la gamme grise seront faits avec du noir de Francfort, du blanc d'argent, et un peu d'ocre jaune.

L'ocre jaune est nécessaire pour combattre le ton bleuâtre que présente toujours le mélange du noir de Francfort avec le blanc d'argent.

Les couleurs doivent être séchées sous la forme de trochisques à l'air libre, puis broyées et ramenées de nouveau au ton.

APPLICATION DE LA LOI DU CONTRASTE SIMULTANÉ DES COULEURS.

Dans la composition des modèles pour les tapisseries, les tapis, les châles, les impressions sur étoffes, etc., les couleurs ne sont pas nuancées ni fondues les unes dans les autres, ni modifiées par des rayons colorés provenant des objets voisins; l'exécution se réduit généralement au choix des couleurs contiguës et à l'observation des linéaments bien tracés qui les circonscrivent; mais ce choix est encore soumis à la loi du contraste simultané des couleurs.

Cette loi, une fois démontrée (pour employer le langage de son auteur), devient un moyen *a priori* d'assortir les objets colorés pour en tirer le meilleur parti possible, suivant le goût de la personne qui les assemble, d'apprécier si des yeux sont bien organisés pour voir et juger les couleurs, si des peintres ont copié exactement des objets de couleurs connues.

Nous allons donc essayer d'expliquer les règles fondamentales, d'après les divers arrangements que M. Chevreul donne comme l'expression de son goût particulier, et que nous regardons aussi comme des matériaux nécessaires et indispensables aux dessinateurs et aux fabricants de tapisseries, de tapis, d'impressions sur étoffes et de papiers peints (voyez DESSIN).

Couleurs d'intensités égales autant que possible, mises l'une à côté de l'autre, conformément aux règles du contraste simultané des couleurs.

MODIFICATIONS QU'ELLES ÉPROUVENT.

Rouge et orangé.	{ Tire sur le violet, moins jaune, plus foncé. Tire sur le jaune, plus clair.
Rouge et jaune.	{ Tire sur le violet, ou est moins jaune, plus foncé. Tire sur le vert, moins rouge, plus clair.
Rouge et vert.	{ Couleurs complémentaires paraissant plus brillantes.
Rouge et bleu.	{ Tire sur le jaune. Tire sur le vert.
Rouge et violet.	{ Tire sur le jaune. Tire sur l'indigo (ou bleu-verdâtre).
Orangé et jaune.	{ Tire sur le rouge. Tire sur le vert brillant, ou est moins rouge.
Orangé et vert.	{ Tire sur le rouge, moins jaune, plus brillant ou moins brun. Tire sur le bleu, moins jaune.
Orangé et bleu.	{ Couleurs complémentaires plus brillantes (1).
Orangé et violet.	{ Tire sur le jaune, ou est moins brun (2). Tire sur l'indigo ou (bleu-verdâtre).

(1) Les physiciens entendent par couleurs complémentaires, celles qui, mélangées dans une certaine proportion, reproduisent la lumière blanche.

Ainsi, ils disent :
Que le rouge est complémentaire du vert, et vice versa.
Que l'orange est complémentaire du bleu, et vice versa.
Que le jaune est complémentaire du violet, et vice versa.
Mais, d'après le langage des peintres et des teinturiers, le mélange de ces couleurs donne au contraire du gris ou du noir; et c'est dans cette dernière acception que nous entendons désigner deux couleurs complémentaires, dont les noms sont écrits sur la table aux extrémités d'un même diamètre.

(2) Pour comprendre qu'une couleur, en tirant sur une autre, devient plus foncée, ou moins brune, il est bon de rappeler que M. Chevreul classe les couleurs en deux groupes, suivant les différences qu'elles présentent quand on les considère sous le point de vue de leur éclat.

Le premier groupe comprend les couleurs lumineuses : rouge, orange, jaune et vert.

Le deuxième groupe comprend les couleurs sombres : le bleu, le violet, qui, à hauteur égale de ton, n'ont pas l'éclat

CONTRASTE DES COULEURS.

Jaune et vert.	{ Tire sur l'orangé, brillant.
Jaune et bleu.	{ Tire sur le bleu, plus foncé.
	{ Tire sur l'orangé.
	{ Tire sur l'indigo.
Jaune et violet.	{ Couleurs complémentaires plus brillantes.
Vert et bleu.	{ Tire sur le jaune.
	{ Tire sur l'indigo.
Vert et violet.	{ Tire sur le jaune.
	{ Tire sur le rouge, plus brillant.
Bleu et violet.	{ Tire sur le vert, moins foncé.
	{ Tire sur le rouge, plus brillant.
Noir et violet.	{ Paraissent plus différents que s'ils étaient vus isolément.
Rouge et blanc.	{ Paraît plus brillant, plus foncé.
	{ Paraît plus vert.
Orangé et blanc.	{ Paraît plus brillant, plus foncé.
	{ Paraît plus orangé.
Jaune et blanc.	{ Paraît plus brillant, plus foncé.
	{ Paraît plus violet.
Vert et blanc.	{ Paraît plus brillant, plus foncé.
	{ Paraît plus rouge.
Bleu et blanc.	{ Paraît plus brillant.
	{ Paraît plus orangé.
Violet et blanc.	{ Paraît plus brillant, plus foncé.
	{ Paraît plus jaune.
Rouge et gris.	{ Paraît plus pur, moins orangé peut-être.
	{ Paraît plus verdâtre.
Orangé et gris.	{ Paraît plus pur, plus brillant, plus jaune peut-être.
	{ Paraît plus bleu.
Jaune et gris.	{ Paraît plus brillant, moins verdâtre.
	{ Paraît tirer sur le violâtre.
Vert et gris.	{ Paraît plus brillant, plus jaune peut-être.
	{ Paraît tirer sur le rougeâtre.
Bleu et gris.	{ Paraît plus brillant, plus verdâtre.
	{ Paraît tirer sur l'orangé.
Violet et gris.	{ Paraît plus franc, moins terne.
	{ Paraît tirer sur le jaune.
Rouge et noir.	{ Paraît plus clair ou moins brun, moins orangé.
	{ Paraît moins rouge.
Orangé et noir.	{ Paraît plus brillant et plus jaune, ou moins brun.
	{ Paraît moins roux ou plus bleu.
Jaune tirant sur le vert et noir.	{ Est plus clair, plus verdâtre peut-être(1).
	{ Est plus violâtre.
Vert et noir.	{ Tire faiblement sur le jaune.
	{ Paraît plus violâtre ou rougeâtre.
Bleu et noir.	{ Paraît plus clair, plus vert peut-être.
	{ S'éclaircit.
Violet et noir.	{ Est plus brillant, plus clair, plus rouge peut-être.
	{ S'éclaircit.

Première proposition. L'arrangement complémentaire est supérieur à tout autre dans l'harmonie de contraste.

des premières. Toutefois, il faut observer que les tons foncés et rabattus des gammes lumineuses peuvent, dans beaucoup de cas, être assimilés aux couleurs sombres; de même que les tons clairs du bleu et du violet, peuvent quelquefois être employés dans des assortiments de couleurs lumineuses.

(1) Il est des échantillons de jaune qui paraissent appauvris par leur juxtaposition avec le noir.

CONTRASTE DES COULEURS,

Les tons doivent être, autant que possible, à la même hauteur pour produire le plus bel effet.

L'arrangement complémentaire auquel le blanc s'associe le plus avantageusement est celui du bleu et de l'orangé; et l'arrangement auquel il s'associe le moins heureusement est celui du jaune et du violet.

Deuxième proposition. Le rouge, le jaune et le bleu, c'est-à-dire les couleurs simples des artistes, associées deux à deux, vont mieux ensemble, comme harmonie de contraste, qu'un arrangement formé d'une de ces mêmes couleurs et d'une des couleurs binaires des artistes, dont la première peut être considérée comme un des éléments de la couleur binaire qui lui est juxtaposée.

EXEMPLES :

Rouge et jaune	vont mieux que rouge et orangé.
Rouge et bleu	— — rouge et violet.
Jaune et rouge	— — jaune et orangé.
Jaune et bleu	— — jaune et vert.
Bleu et rouge	— — bleu et violet.
Bleu et jaune	— — bleu et vert.

Troisième proposition. Les arrangements du rouge, du jaune ou du bleu, avec une des couleurs binaires des artistes, que l'on peut considérer comme contenant la première, sont d'autant meilleurs comme contraste, que la couleur simple est essentiellement plus lumineuse que la couleur binaire.

D'où il suit que dans cet arrangement il est avantageux que le ton du rouge, du jaune ou du bleu, soit au-dessous du ton de la couleur binaire.

EXEMPLES :

Rouge et violet	vont mieux que bleu et violet.
Jaune et orangé	— — rouge et orangé.
Jaune et vert	— — bleu et vert.

Quatrième proposition. Lorsque deux couleurs vont mal, il y a toujours avantage à les séparer par du blanc.

Dans ce cas, on conçoit qu'il y a plus d'avantage à placer les couleurs sur un fond blanc, en les isolant, qu'en les juxtaposant.

Cinquième proposition. Le noir ne produit jamais un mauvais effet lorsqu'il est associé à deux couleurs lumineuses; souvent même, alors, il est préférable au blanc, surtout dans l'arrangement où il sépare les couleurs l'une de l'autre.

EXEMPLES :

Le noir est préférable au blanc dans les arrangements des couleurs suivantes :

- Rouge et orangé.
- Rouge et jaune.
- Orangé et jaune.
- Orangé et vert.
- Jaune et vert.

Le noir, avec tous ces arrangements binaires, produit des harmonies de contraste.

Sixième proposition. Le noir, en s'associant aux couleurs sombres, telles que le bleu et le violet, et aux tons rabattus des couleurs lumineuses, produit des harmonies d'analogues qui peuvent être d'un bon effet dans plusieurs cas.

L'harmonie d'analogie du noir, associé au bleu et au violet, est préférable à l'harmonie de contraste de l'arrangement blanc, bleu, violet, blanc, etc.; celle-ci étant trop crue.

Septième proposition. Le noir ne s'associe point aussi heureusement à deux couleurs dont l'une est lumineuse et l'autre sombre, qu'il s'associe à deux couleurs lumineuses.

Dans le premier cas, l'association est d'autant moins agréable, que la couleur lumineuse est plus brillante.

CONTRASTE DES COULEURS.

EXEMPLES

Avec tous les arrangements suivants, le noir est inférieur au blanc :

Rouge et bleu.
Rouge et violet.
Orangé et bleu.
Orangé et violet.
Jaune et bleu.
Vert et bleu.
Vert et violet.

Enfin, avec l'arrangement *jaune et violet*, s'il n'est pas inférieur au blanc, il ne produit du moins, en s'y associant, qu'un effet médiocre.

Huitième proposition. Si le gris ne produit jamais précisément un mauvais effet en s'associant à deux couleurs lumineuses, dans la plupart des cas, cependant, ses assortiments sont fades, et il est inférieur au noir et au blanc.

Parmi les arrangements de deux couleurs lumineuses, il n'y a guère que celui du rouge et de l'orangé auquel le gris s'associe plus heureusement que le blanc.

Mais il lui est inférieur, ainsi qu'au noir, dans les arrangements rouge et vert, rouge et jaune, orangé et jaune, orangé et vert, jaune et vert.

Il est encore inférieur au blanc avec le jaune et le bleu.

Nouvième proposition. Le gris, en s'associant aux couleurs sombres, telles que le bleu et le violet, et aux tons rabattus des couleurs lumineuses, produit des harmonies d'analogues qui n'ont pas la vigueur de celles du noir ; si les couleurs ne vont pas bien ensemble, il a l'avantage de les séparer l'une de l'autre.

Dixième proposition. Lorsque le gris s'associe à deux couleurs dont l'une est lumineuse et l'autre sombre, il peut être plus avantageux que le blanc, si celui-ci produit un contraste de ton trop fort ; et, d'un autre côté, il peut être plus avantageux que le noir, si celui-ci a l'inconvénient de trop augmenter la proportion des couleurs sombres.

EXEMPLES :

Le gris s'associe plus heureusement que le noir avec :

Orangé et violet.
Vert et bleu.
Vert et violet.

Onzième proposition. Si, en principe, lorsque deux couleurs vont mal ensemble, il y a avantage à les séparer par du blanc, du noir ou du gris, il est important, pour l'effet, de prendre en considération 4° la hauteur du ton des couleurs, 2° la proportion des couleurs sombres aux couleurs lumineuses, en comprenant dans les premières les tons bruns rabattus des gammes brillantes, et dans les couleurs lumineuses, les tons clairs des gammes bleue et violette.

Prise en considération de la hauteur du ton des couleurs.

EXEMPLES :

L'effet du blanc est d'autant moins bon avec le rouge et l'orangé, que le ton de ces couleurs est plus élevé, surtout dans l'arrangement blanc, rouge, orangé, blanc, etc., l'effet du blanc étant trop cru.

Au contraire, le noir s'allie très bien avec les tons normaux des mêmes couleurs, c'est-à-dire les tons les plus élevés sans mélange de noir.

Enfin, si le gris s'associe moins bien que le noir au rouge et à l'orangé, il a l'avantage de produire un effet moins cru que celui du blanc.

Prise en considération de la proportion des couleurs sombres aux couleurs lumineuses.

Toutes les fois que les couleurs diffèrent trop, soit

CONTRASTE DES COULEURS.

par l'éclat du noir ou du blanc qu'on veut y associer, l'arrangement où chacune des deux couleurs est séparée de l'autre par le noir ou par le blanc, est préférable à celui dans lequel le noir ou le blanc sépare chaque couple de couleurs.

Ainsi, l'arrangement blanc, bleu, blanc, violet, blanc, etc., est préférable à l'arrangement blanc, bleu, violet, blanc, etc., parce que la répartition du brillant et du sombre est plus égale dans le premier que dans le second ; j'ajouterai que celui-ci a quelque chose de plus symétrique relativement à la position des deux couleurs, et je ferai remarquer que le principe de la symétrie a de l'influence sur le jugement que nous portons de beaucoup de choses, dans des cas où généralement on ne le reconnaît pas.

C'est encore conformément à cela, que l'arrangement noir, rouge, noir, orangé, noir, etc., est préférable à l'arrangement noir, rouge, orangé, etc.

Ces arrangements nous paraissent suffisants pour éclairer les peintres et les fabricants sur les diverses sensations que leur vue éprouve dans le travail des couleurs, et sur les avantages qu'ils pourraient retirer d'une étude plus approfondie de la loi du contraste simultané des couleurs (voir *La loi du contraste simultané des couleurs*, par M. Chevreul, 4 vol. in-8°, 1839).

Il est aisé, d'ailleurs, de démontrer par des exemples que les couleurs juxtaposées ou les objets matériels qui nous les représentent n'ont point d'action mutuelle, soit physique, soit chimique, mais que le changement qu'elles éprouvent dans ce cas, n'est dû, réellement, qu'à la modification qui se passe en nous lorsque nous percevons la sensation simultanée de leur principe colorant. Il suffit, pour s'en convaincre, de placer sur la couleur modifiée un carton découpé qui la laisse voir exclusivement. La vue, ramenée ainsi à l'état normal, perçoit facilement l'homogénéité de la couleur juxtaposée et son identité avec celle qu'on a isolée.

Il nous reste maintenant à indiquer quelques applications de ces principes à l'art de la peinture, aux tapisseries du commerce, à la décoration des appartements, à l'imprimerie, à l'arrangement des fleurs d'un parterre, aux vêtements, etc. Nous pensons ne pouvoir mieux faire que de rappeler les exemples parfaitement définis dans le *Magasin pittoresque*.

Supposons qu'un peintre veuille placer dans un tableau deux teintes plates qui se touchent, l'une rouge et l'autre bleue ; à mesure qu'il peindra, il modifiera naturellement les couleurs de sa palette, parce que le phénomène du contraste se manifesterait à la délicatesse de son œil exercé ; mais si ensuite un tapissier veut imiter, comme cela se pratique aux Gobelins, le tableau qu'on lui donne en modèle, et qu'il ignore la loi des contrastes, il prendra seulement deux espèces de laines, l'une bleue et l'autre rouge, et il les assortira, séparément, avec les deux couleurs du tableau ; qu'arrivera-t-il ? C'est que la laine bleue et la laine rouge, étant juxtaposées, changeront de nuances dans les zones voisines de la ligne de contact, et que le pauvre tapissier aura beau faire et se désoler, il ne produira jamais de teintes plates à moins que le hasard (ce qui est arrivé quelquefois) ou la science ne vienne à son secours.

Si, au contraire, le peintre a juxtaposé deux teintes plates qui alors *contrasteront*, le tapissier se donnera beaucoup de mal pour imiter par une dégradation de laines colorées, ce qu'il obtiendrait sur-le-champ avec deux laines uniformes ; et, en résultat, il obtiendra des effets exagérés.

Le tapissier doit encore s'aider de la loi des contrastes lorsqu'il assortit des étoffes aux bois de diverses sortes dont il fabrique ses meubles. Ainsi, il pêchera s'il emploie des étoffes d'un rouge-jaune, telles qu'écarlate, couleur de feu, nacarat, avec l'acajou ; car alors la couleur rouge et brillante de ce bois est totalement éteinte,

et il prend l'aspect du noyer. Cependant, comme beaucoup de personnes préfèrent la couleur cramoisie à toute autre, même sur l'acajou, parce qu'elle résiste plus longtemps à l'action du soleil, on peut diminuer le mauvais effet de cet assortiment, au moyen d'une large bordure verte ou noire placée dans les parties où le cramoisie et l'acajou sont en contact; ou bien encore avec un galon de soie jaune, ou un galon d'or fixé avec des clous dorés.

M. Chevreul fait remarquer que des dessins noirs qui sont imprimés sur des fonds rouges, cramoisie ou amarantes, paraissent verts, parce que la couleur verte complémentaire du fond s'ajoute au noir. De même le noir, imprimé sur des étoffes vertes, perd toute sa vigueur. Aujourd'hui, où l'on étale sur les murs des affiches jaunes, roses, verdâtres et orangées, il n'est pas indifférent de savoir que, pour imprimer de manière à rendre le plus visible possible les caractères d'écriture sur du papier de couleur, la règle à suivre est que la couleur du fond soit complémentaire de celle de l'encre : sur papier jaune, par exemple, il faudrait une encre violette.

La loi des contrastes trouve encore de fréquentes applications dans la distribution des fleurs au milieu d'un parterre. Ainsi, l'aspect d'un jardin perd de ses charmes lorsque la vue n'est frappée que par du bleu ou par du blanc, ou qu'elle est éblouie par du jaune répandu avec profusion, ou bien encore lorsqu'une espèce de couleur présente des nuances voisines l'une de l'autre, mais différentes, ainsi que cela a lieu au printemps, en unissant la narcissée d'un jaune pâle à la doronic d'un jaune brillant; en automne, en unissant l'oeillet-d'Inde à la rose-d'Inde et aux soleils.

La règle principale donnée par M. Chevreul, pour l'arrangement des fleurs, est de placer les bleues à côté des orangées, les violettes à côté des jaunes, et d'entourer les rouges et les roses de verdure ou de fleurs blanches. Ce n'est pas tout, on peut calculer les époques de l'année où fleuriront telles et telles espèces de fleurs, et disposer son parterre de manière que, dans la variété des couleurs qui apparaîtront à la floraison successive des arbustes, la loi des contrastes soit observée. En avril, le *jasmin* à fleur jaune, au feuillage vert, se trouve très bien à côté du *pêcher nain*, etc.

Il ne faut point dédaigner non plus la loi des contrastes simultanés dans les couleurs des vêtements. Un uniforme de drap de même couleur se porte moins longtemps que lorsque les couleurs sont variées. Par exemple, l'ancien pantalon bleu de l'armée, ne se mettant point l'été, conservait la vivacité de sa nuance plus longtemps que l'habit; lorsqu'on le reprenait dans l'hiver, il devait arriver, comme nous l'avons vu plus haut dans cet article, que le bleu pâli de l'habit usé pâlisait encore davantage à côté du bleu plus foncé du pantalon presque neuf, qui, à son tour se fonçait encore plus. De même l'uniforme des dragons, vert et rouge, est très avantageux, en ce qu'il est composé de deux couleurs complémentaires, et que, lorsque l'habit et le pantalon ont passé un an, par exemple, dans les magasins, ils se ravivent par la juxtaposition, et paraissent avoir la même fraîcheur qu'un habit vert et un pantalon rouge neufs, mais vus séparément.

Les dames savent profiter habilement de l'observation des effets du contraste. Par exemple, les voiles noirs portés sur les chapeaux verts paraissent rougeâtres; de même le rose sur la couleur de chair fait pâlir celle-ci d'une manière fort sensible; aussi sied-il généralement mieux aux brunes qu'aux blondes. Ces remarques sont importantes dans le choix des tapisseries d'un salon, ou dans celui de la couleur qui doit être appliquée au fond d'une loge dans les salles de spectacles. Chez une marchande de modes qui aura tapissé en rouge son magasin, les dames trouveront que leur

visage a pâli, tandis que l'éclat de leur teint se relevera lorsqu'elles essaieront leurs chapeaux dans un boudoir tendu de vert. Il faut cependant, dans les différents détails de la toilette, faire grande attention aux reflets qui peuvent anéantir l'action des contrastes, et produire l'effet tout opposé. Ainsi un rideau vert bien éclairé projette autour de lui sa couleur, qui domine de beaucoup et éteint le rouge de la couleur complémentaires, à tel point que la teinte verte est la seule qui paraisse.

ROUGET DE LISLE.

COPAL (*angl.* copal, *all.* kopal). C'est l'une des résines les plus précieuses; elle provient de deux arbres, le *rhus copallinum* qui croît en Amérique, et l'*eleocarpus copalifer* originaire des Indes orientales. On trouve aussi en Guinée un troisième arbre produisant du copal; cet arbre croît sur les bords des rivières, dans le sable desquels les nègres recherchent le copal, qui s'y trouve disséminé en fragments roulés de grosseur et de couleur variables. Les morceaux de copal les plus purs sont presque incolores et transparents; généralement ils sont d'un jaune-brunâtre et même quelquefois d'un brun foncé et seulement translucides. D'après Ure, sa densité varie de 1,059 et 1,074. Sa dureté est plus grande que celle de toutes les autres résines, à l'exception du benjoin; il n'est pas rayé par l'ongle, et est par conséquent très propre à la confection des vernis; il n'a ni odeur ni saveur, et possède une cassure conchoïde. Chauffé vivement dans un matras, sur la lampe à esprit-de-vin, il commence par fondre, puis il distille une substance huileuse, tandis que le copal se fonce de plus en plus en couleur, et il reste à la fin un résidu de charbon.

Mis en digestion dans de l'alcool absolu, bouillant, le copal se gonfle et prend une consistance molle et élastique. Préalablement pulvérisé, puis séché à une douce chaleur, il se dissout dans de l'alcool à 96/100°. Il est beaucoup plus soluble dans l'éther, et la dissolution ainsi obtenue peut ensuite être étendue peu à peu d'alcool, sans que le copal se précipite. Du reste, les différentes sortes de copal se comportent envers l'éther d'une manière très différente; les unes s'y dissolvent très facilement, les autres avec la plus grande difficulté; aussi, lors de la préparation des vernis au copal, est-il bon d'essayer par l'éther chaque fragment isolé; on choisit ceux qui deviennent visqueux, en mettant de côté les autres pour la préparation des vernis gras au copal, où ils conviennent aussi bien.

L'huile de caoutchouc seule, même à la température de l'ébullition, n'a aucune action sur le copal; mais un mélange de parties égales d'huile de caoutchouc et d'alcool ayant une densité de 0,825 le dissout même à froid en donnant une liqueur limpide. Le camphre, dissous dans l'esprit-de-vin, augmente son pouvoir dissolvant à l'égard du copal. Les huiles de pétrole et de térébenthine n'ont que très peu d'action sur le copal brut. Par la fusion, le copal perd de sa dureté et prend facilement une teinte brunâtre; il devient alors beaucoup plus soluble dans tous les dissolvants.

D'après Unverdorben, le copal d'Afrique renferme cinq résines différentes, qui, isolément, ne sont d'aucun emploi dans les arts.

Le copal brut ou préalablement fondu sert à la confection des vernis. Une des meilleures recettes pour préparer le vernis de copal à l'esprit-de-vin, est la suivante due à *Böttger* : On dissout 4 parties de camphre dans 12 p. d'éther, on y fait gonfler 1/2 p. de copal, puis on y ajoute 4 p. d'alcool absolu et 1/4 p. d'huile de térébenthine rectifiée.

Les vernis gras au copal se préparent en dissolvant du copal fondu dans de l'huile de lin bouillante; nous y reviendrons au mot **VERNIS**.

COQUE DU LEVANT (*angl.* cocculus indicus, *all.* kockelskoerner). Nom vulgaire donné aux fruits d'un arbre, le *menispermum cocculus*, qui croît sur la côte

de Malabar, à Ceylan et dans les îles voisines. Ces fruits sont bruns et un peu plus gros que des petits pois ; ils doivent leurs propriétés à un alcali végétal, la *puratosine*, dont ils renferment environ 1/50 de leur poids. On s'en sert en les jetant dans l'eau, pour plonger les poissons dans une sorte de torpeur, par suite de laquelle ils viennent à la surface et se laissent prendre aisément ; on dit que quelques brasseurs ont l'usage très blâmable de l'employer pour obtenir une bière très cuivrante.

CORAIL (*angl.* coral, *all.* Koralle). On donne le nom de corail aux têtes calcaires de plusieurs genres de polypiers, qui affectent une forme arborescente. Ces têtes sont fixées aux rochers par un pied conique placé à la base d'une tige portant plusieurs rameaux latéraux dans lesquels sont des cavités où se trouvent logés autant de polypes que l'on voit étendre leurs longs bras lorsqu'ils veulent saisir leur proie.

Les coraux rouges se pêchent dans la mer Méditerranée, surtout sur les côtes de l'Algérie, et forment à Marseille un article de commerce assez important. Huit hommes, excellents plongeurs, montent dans un canot, emportant avec eux une croix en bois à bras égaux et forts, armés chacun d'un filet très solide ; on attache un câble au point de croisement des bras, et à l'aide d'un poids placé au même point on fait descendre le tout au fond de la mer ; quatre hommes plongent en même temps et engagent les branches des coraux dans les filets ; on force alors sur le câble, et la croix en remontant arrache les coraux du fond sur lequel ils étaient fixés.

La pêche du corail est presque aussi dangereuse que celle des perles, par suite de la présence des requins ; on pourrait probablement y employer avec avantage la cloche de plongeur.

Les coraux rouges ont seuls de la valeur, et sont travaillés pour boucles d'oreilles, colliers et autres objets de parures.

CORDES. Voyez CABLES.

CORDES pour tous les instruments de musique (*angl.* catgut, *all.* darmseiten). La fabrication des cordes d'instruments n'est pas très ancienne en France, elle fut introduite par un ouvrier napolitain, *Nicola Savarez*, qui monta une fabrique à Lyon vers l'an 1766.

Les procédés de fabrication ont été longtemps considérés comme des secrets, et c'est par suite des prix que la Société d'encouragement a proposés pour le perfectionnement de cette industrie, qu'elle a pris une extension aussi grande et qu'il y a eu une amélioration dans les produits qui ont laissé de beaucoup en arrière ceux d'Italie ; néanmoins on tire encore des chanterelles de Naples, non pas parce qu'elles y sont mieux fabriquées, mais à cause de la grande quantité d'agneaux qu'on tue en Italie, et qui permet de faire des chanterelles à trois fils, tandis qu'en France on ne tue que de jeunes agneaux, et seulement pendant trois ou quatre mois de l'année.

On a longtemps attribué la supériorité des cordes de Naples aux secrets de fabrique, plus tard on l'a attribuée à la petite espèce de moutons qui permettait de faire les chanterelles à trois fils ; on pensait aussi que le climat sec et chaud y contribuait pour quelque chose ; il n'en est rien, et voici la véritable cause.

Les moutons d'Italie sont généralement très gros, les laines y sont grandes et grosses, par conséquent ont peu de valeur ; c'est pourquoi on fait peu d'élevés en castrat, parce que la laine ne saurait donner une indemnité suffisante ; tous les moutons sont donc tués dans la première année ; leurs intestins étant moins gros, il est possible de faire des chanterelles à trois fils (1).

C'est à Pâques qu'on commence à tuer les agneaux en Italie, ils sont alors trop jeunes et n'ont pas encore mangé d'herbe, les intestins n'ont pas grande consistance, c'est pourquoi les chanterelles qui sont faites avec cette première fabrication ne valent rien, elles sont cependant très belles et d'une transparence de cristal ; mais on peut les reconnaître parce qu'elles sont un peu grumeleuses ; ce n'est qu'au mois de juin que commence la bonne fabrication des chanterelles et elle se continue jusqu'aux mois de septembre et octobre. A cette époque, les intestins devenus plus gros, les chanterelles sont aussi plus grosses, à tel point qu'il n'est plus possible d'en faire ; la fabrication cesse avant la fin de l'année pour ne reprendre qu'à Pâques suivant.

Les chanterelles qui ont été faites depuis le mois de juin jusqu'au mois de septembre sont ordinairement parfaites en qualité ; elles sont un peu moins blanches et moins transparentes que celles du printemps ; elles sont généralement assez unies et pleines, ne présentant pas un aspect grumeleux comme celles du printemps.

Les chanterelles de Naples étaient de meilleure qualité autrefois qu'elles ne le sont aujourd'hui ; cela ne dépend pas des procédés de fabrique, non plus que des intestins, mais bien de la quantité considérable de grosses cordes qui se fabriquent en France et qu'on ne tire plus d'Italie. Autrefois les fabricants d'Italie préparaient les secondes et les troisièmes de violon, ainsi que les grosses cordes de l'harpe, pendant les trois premiers mois, époque à laquelle les intestins étaient en core trop faibles ; et disons dès à présent, que par cela même que les intestins ne valaient rien pour faire les chanterelles, ils n'en étaient que meilleurs pour la fabrication des grosses cordes. On comprend dès lors que la fabrication des cordes de Naples avait acquis une réputation justement méritée ; mais maintenant que les grosses cordes se fabriquent en France, les fabricants d'Italie sont obligés de ne faire que des chanterelles. Nous disons qu'ils sont obligés, car ils payent les boyaux 50 fr. le 400, ce qui ne coûte en France que 3 fr., au plus 40 fr. dans quelques villes ; d'où il résulte qu'on a deux mauvaises chanterelles sur trois lorsqu'elles viennent d'Italie, et quelquefois les a-t-on même toutes mauvaises ; si on n'est pas suffisamment connu de la fabrique, ils vous vendent des cordes de la première fabrication.

Nous allons parler maintenant de la fabrication des cordes en général, et des causes qui font que l'intestin qui n'a pas la force nécessaire pour faire une bonne chanterelle, peut néanmoins donner de très bonnes secondes et troisièmes de violon, et pour bien comprendre ce fait, nous commencerons par examiner quelle est la tension que subit chaque corde sur l'instrument.

Lorsque la deuxième corde est au *la* de l'Opéra, elle éprouve une tension de 8 kilos ; la chanterelle mise à l'accord du *la* porte 7 kilos, 900, la troisième 7 kilos, 700, et enfin la quatrième 7 kilos, 750. D'après cela on voit que les cordes ne subissent pas une tension en raison de leur grosseur, car la deuxième ne porte qu'un demi kilo de plus que la chanterelle, et cependant elle a le double de masse, et la troisième, qui a encore moins de tension, a pourtant trois fois la masse de la chanterelle.

La chanterelle ayant trois fils, si les autres cordes sont faites avec les mêmes intestins, la seconde aura 5 ou 6 fils et la troisième 8 et 9, et par conséquent la seconde devra avoir deux fois la force de la chanterelle et la troisième trois fois, force qui devient superflue puisque la tension ne l'exige pas. Cet excès de force

(1) On entend par fil la grosseur d'un boyau, mais pour donner l'apparence des trois on refend quelquefois les gros boyaux en deux, afin de leur faire figurer un fil de plus. On peut reconnaître cette fraude en faisant tremper un bout

de la corde dans une solution d'acide tartrique ou d'acide sulfurique ; les cordes detrempees, les boyaux se séparent et paraissent en forme de petits cylindres, ce qui n'a pas lieu s'ils ont été tendus.

n'est pas un défaut pour la qualité de la résistance, mais il est nuisible à la qualité du son; car il n'est pas suffisant qu'une corde résiste à la tension voulue, c'est sans doute sa première qualité, mais il faut aussi qu'elle soit moelleuse et qu'elle vibre convenablement pour donner des sons agréables; ces deux qualités, résistance et pureté de son, sont donc indispensables pour avoir une bonne corde. Encore une troisième qualité, c'est la justesse des quintes pour les instruments à doigts; nous en parlerons plus bas.

Nous venons de dire qu'une tension de 7 kilos $1/2$ était suffisante pour une chanterelle; mais si elle ne pouvait résister que tout juste à cette puissance, elle serait susceptible de casser promptement à cause des variations hygrométriques. L'expérience a démontré qu'il fallait qu'une corde pût résister presque au double de sa tension ordinaire, pour se maintenir plusieurs jours sur un instrument dont on fait usage, et on conçoit sans peine que toutes les fois qu'on met la corde en vibration elle augmente de tension. On sera donc sûr d'avoir des chanterelles de bonne qualité si elles peuvent résister à une tension de 13 kilos; mais si elles passent ce chiffre, elles perdent alors en qualité de son. Cela se comprend facilement, car toutes les fois qu'une chanterelle sera plus résistante qu'une autre de même grosseur, c'est qu'elle aura plus de densité et elle sera plus lourde, et par conséquent sa vibration plus difficile; c'est là ce qui rend les bonnes chanterelles si rares pour la musique vocale, car lorsqu'il s'agit de jouer la contredanse les chanterelles ne sauraient jamais être assez résistantes. Il en est de même à l'égard de la seconde et de la troisième, comme elles ne doivent pas subir une tension plus forte que celle de la chanterelle, il faut qu'elles soient fabriquées avec des boyaux moins résistants: c'est ce qui avait lieu dans les fabriques de Naples en fabriquant celles-ci dans les premiers mois de l'année. Mais en France on a une grande supériorité pour la fabrication des grosses cordes, on y tue très peu d'agneaux et seulement lorsqu'ils sont très jeunes. Une fois la Saint-Jean arrivée les agneaux payent le même droit que les moutons, et alors on cesse d'en tuer; mais ce n'est pas la seule cause qui empêche de tuer des agneaux, vu qu'en France on fait beaucoup d'élèves en castrat, la qualité des laines permettant d'en tirer un assez bon profit; aussi tue-t-on des moutons toute l'année en France. Les boyaux y sont généralement assez gros et permettent de fabriquer des secondes (1) à trois fils, et on obtient par là les deux qualités: la résistance et le son. La grosseur d'un intestin n'en fait pas la force; il y a autant de résistance dans un petit que dans un gros. Cela explique pourquoi les chanterelles à trois fils sont moelleuses que celles à deux, et explique encore comment les deuxièmes à trois fils sont meilleures que celles à six.

Maintenant nous parlerons de la justesse des quintes, et c'est encore là une des plus grandes difficultés de fabrication.

Ce qu'on entend par boyaux comprend les trois intestins grêles, le duodénum, le jejunum et l'ilion; ces trois intestins n'en font qu'un, mais qui n'est pas de la même grosseur dans toute sa longueur, le petit bout est du côté du duodénum et le gros du côté de l'ilion; d'où il résulte qu'en faisant une corde à trois fils, elle sera toujours un peu plus grosse d'un côté que de l'autre, et c'est de cette inégalité de grosseur que résultent de mauvaises quintes. Cet inconvénient n'existe pas dans les instruments qui ne sont pas doigtés, comme la harpe, aussi ces cordes sont-elles plus fa-

ciles à fabriquer que celles de violon. En résumé, une corde doit avoir plusieurs qualités pour être parfaite.

La résistance, la qualité du son, la justesse des quintes pour les instruments doigtés, la transparence et la blancheur.

Nous allons maintenant indiquer comment on peut arriver à remplir toutes ces conditions par les moyens de fabrication.

La fabrication en France est bien supérieure à celle d'Italie, parce qu'on a cru longtemps que la supériorité de ces dernières dépendait des procédés de fabrication; c'est pourquoi on s'est livré à de nombreuses expériences, et le plus mauvais fabricant de France aujourd'hui travaille mieux que le meilleur fabricant d'Italie, qui n'a aucun effort à faire pour obtenir de bons produits lorsqu'il est dans la saison favorable, tandis qu'en France il faut un homme très exercé, et surtout à Paris ou l'on abat des moutons de tous les pays.

Les boyaux sont achetés des bouchers, et ce sont les ouvriers de la fabrique qui ouvrent eux-mêmes les moutons et retirent les boyaux tout chauds afin de les débarrasser des matières fécales. Tant que le boyau conserve la chaleur de l'animal les matières fécales sont sans action sur lui, mais une fois qu'il est froid elles s'engrèssent sur les membranes (1), et non seulement elle les colorent plus ou moins fortement, mais encore elles les corrodent au point d'en avoir plus de résistance dans les places qui en sont imprégnées, c'est pourquoi il est de rigueur de vider les boyaux lorsqu'ils sont encore chauds; lorsqu'ils sont vidés, l'ouvrier les met en liasse, et c'est dans cet état qu'ils sont apportés à la fabrique; on les attache alors par paquets de 10, puis on les met tremper dans une rivière courante: 12 heures sont suffisantes. Lorsqu'on n'est pas à proximité d'une rivière, on les met tremper dans des cuiviers à l'eau de puits, mais il est alors nécessaire de mettre un peu de carbonate de soude dans les eaux pour les adoucir; la proportion est d'environ 2 gram. par litre. Après cette macération, les boyaux sont râclés sur une planche, un à un, à l'aide d'une canne faite avec du roseau; ce râclage a pour but de séparer la membrane muqueuse et la péritoniale, séchées qu'elles sont par l'effort du râclage; le boyau est alors réduit à $1/20^e$ de son volume, car il ne reste que la membrane musculaire et une partie de la cellulaire. Les boyaux sont ensuite placés dans des terrines par 10, on y verse dessus environ 2 litres d'eau de potasse marquant 2^o du pèse-sel (2); les boyaux sont ensuite pris un à un et passés sous le dé, de manière à extraire le restant de la membrane cellulaire, et tous les filaments qui n'auraient pas été entraînés par l'action du râclage. Dans cette opération les boyaux sont pris de gauche et passés dans une terrine à droite, qui contient également de l'eau de potasse, on répète cette opération trois fois, de 2 heures en 2 heures, et le même jour. Ces boyaux sont passés sous le dé une quatrième fois à sec. On entend par passer à sec lorsqu'on ne met pas d'eau de potasse dans la terrine de droite, puis on replace la terrine de droite à la gauche, et on repasse au dé une cinquième fois dans de l'eau de potasse marquant 3^o , et enfin le lendemain et les jours suivants on continue de tirer à sec, puis à l'eau, matin et soir, ayant soin d'augmenter la force d'un degré à chaque passage jusqu'à ce qu'on ait atteint 46^o du pèse-sel, ou environ 4^o et $1/2$ de l'aréomètre de Baumé; les boyaux sont alors suffisamment net-

(1) Les intestins sont composés de trois membranes très distinctes, la muqueuse, la musculaire et la péritoniale, et une quatrième qui n'est pas susceptible de se séparer, et qui se désigne sous le nom de cellulaire.

(2) Le pèse-sel dont nous voulons parler est construit de la même manière que l'aréomètre de Baumé, seulement chaque degré de l'aréomètre de Baumé est divisé en 40 dans le pèse-sel.

(1) Il y a plusieurs départements en France qui fournissent de très petits moutons, et principalement dans les environs de Lyon; aussi dans cette ville n'y fabrique-t-on que des chanterelles à 3 fils.

toyés pour être filés en cordes ; mais avant il faut les choisir, et c'est l'opération qui demande le plus de soins.

On met ensemble tous les boyaux fins susceptibles de faire des chanterelles à trois fils, ayant soin de mettre ensemble ceux qui sont inégaux de grosseur, et d'un autre côté ceux qui sont à peu près aussi gros d'un bout que de l'autre. On sépare ensuite les blancs de ceux de couleur, afin de laisser ces derniers pour faire des cordes rouges ou bleues, comme aussi on met de côté les plus gros boyaux pour être employés aux troisième de violon et aux grosses cordes de harpe, puis on met ces divers choix dans des terrines séparées et on les dispose au filage.

Les cordes se filent sur des métiers qui portent environ trois longueurs de violon, et l'on fait ordinairement trois cordes à la fois ; on a pour cela une roue à deux crochets.

Après avoir attaché les boyaux à une petite cheville, on la place sur un des crochets de la roue, et ensuite on passe les boyaux autour d'une cheville fixée à l'extrémité du métier, puis on coupe de longueur convenable, et après avoir fixé une petite cheville on la passe sur la deuxième broche de la roue, puis on tourne la roue environ 8 à 10 tours, et comme cette grande roue fait mouvoir les petites molettes qui reçoivent 30 fois plus de torsion que la grande roue, il en résulte que les cordes reçoivent une torsion de quelques centaines de tours.

La corde étant filée, on ôte les deux petites chevilles qu'on place dans les trous pratiqués sur le métier, et on recommence à filer une autre corde, jusqu'à ce que le métier soit entièrement garni des deux côtés.

On doit observer dans le filage, de placer les boyaux 4 gros bout et 4 petit bout. Quant au troisième fil on le choisit parmi ceux qui sont assez réguliers de grosseur ; le métier étant garni de cordes se porte à la chambre au soufre, et à la fin de la journée, lorsque le filage est terminé, on allume du soufre dans la chambre, ayant soin de mastiquer avec de la terre glaise les ouvertures de la porte. Ce soufrage a pour but de blanchir les cordes ; on emploie ordinairement la fleur de soufre, et la quantité qu'on en met à brûler n'a aucune influence sur le blanchiment. On évite d'en trop mettre par économie, attendu qu'il ne peut s'en brûler qu'en raison du volume de l'air contenu dans le souffoir ; si on en mettait trop l'excès du soufre serait liquéfié et en partie perdu. Le soufre en se brûlant se combine avec l'oxygène et donne lieu à la formation d'acide sulfureux, qui a la propriété de blanchir toutes les matières animales. La quantité de soufre qu'on peut employer est ordinairement de 25 gram. pour une chambre de 2 mètres cubes.

Lorsque les cordes ont passé la nuit on les retire du souffoir pour les faire un peu sécher, puis on les retord une deuxième fois en leur faisant subir une assez forte tension, ensuite on procède à l'étrichage ; ce travail se fait avec des cordes en crin qu'on enlance autour de chaque corde, de manière à former de petites masses d'environ 15 cordes pour chaque masse, puis l'ouvrier prend une de ces masses dans chaque main et après avoir mouillé, à l'aide d'une éponge, avec de l'eau de potasse il frotte les cordes d'un bout à l'autre environ 50 fois, mais en mouillant 2 ou 3 fois par intervalles ; ce travail a pour but de nettoyer et de dégraisser parfaitement la corde, on retire les cordes en crin, et avec une éponge on fait descendre les saletés jusque sur la tête du métier, puis on passe l'éponge mouillée sur toutes les cordes, et lorsque tout est fini on remet le métier au soufre ; le lendemain les métiers sont retirés et les cordes reçoivent encore un petit retordage, et lorsqu'elles sont parfaitement sèches on les coupe, puis on

les roule une à une sur une petite forme cylindrique. et après les avoir attachées, une à une, on les met par paquets de 30, elles sont alors prêtes à livrer au commerce, mais avant on les enduit d'un peu d'huile d'olive de bonne qualité ; comme l'huile a l'inconvénient de rancir il est préférable de n'en pas mettre, néanmoins on peut empêcher l'huile de rancir en y ajoutant environ un centième de son poids d'essence de laurier.

Les chanterelles de violon ne se polissent pas ordinairement, mais toutes les autres cordes sont polies avant d'être coupées ; lorsqu'elles sont parfaitement sèches, on place le métier horizontalement sur deux tréteaux, et au moyen d'une bande de toile qu'on forme en plis, on place une corde dans chaque pli au nombre de 10 à 12, on y met un peu de pierre-ponce en poudre ou de verre pilé avec un peu d'huile d'olive, on serre le tout fortement dans la main et on frotte dans toute la longueur des cordes jusqu'à ce qu'elles soient parfaitement unies et après les avoir essuyées, on les coupe pour les ployer une à une et les mettre en paquet comme les chanterelles.

Quant aux cordes rouges ou bleues pour la harpe elles se filent de la même manière, seulement on teint les boyaux en rouge ou en bleu suivant les besoins. On choisit les plus tachés pour teindre en bleu.

Le bleu se prépare avec du tournesol de Hollande qu'on met tremper dans de l'eau de potasse portant un degré de l'aréomètre de Baumé, on filtre la couleur et on la met sur les boyaux qu'on veut teindre, ayant soin de remuer pour faire pénétrer la couleur ; il faut employer une teinte moins foncée pour les grosses cordes que pour les petites ; il faut aussi éviter d'approcher les cordes bleues du souffoir attendu qu'elles deviendraient rouges, tous les acides ayant la propriété de faire passer les couleurs végétales bleues au rouge (1) ; voilà pourquoi la plus grande partie des cordes bleues deviennent rouges, et surtout si on n'a pas soin de les isoler des cordes qui ont été souffrées.

Le rouge se prépare avec du marc de cochenille qu'on fait bouillir dans de l'eau de potasse marquant un degré de l'aréomètre de Baumé, on filtre et on teint avec les boyaux dont on veut faire les cordes rouges, ayant soin de faire une couleur d'autant plus légère que les cordes sont grosses, opération très facile en faisant la couleur très foncée ; on peut l'affaiblir à volonté avec de l'eau de potasse.

Les cordes rouges vont au soufre comme les blanches, et elles acquièrent par l'effet des acides un rouge plus vif et plus brillant.

Toutes les cordes en boyaux pour les instruments se vendent en paquets de 30, les grosses se mettent en demi-paquets de 15 ; leur prix varie suivant leur grosseur ; les prix les plus élevés sont ordinairement de 4 fr. par fil, ou pour mieux dire par grosseur de boyaux ; mais en général les bonnes chanterelles se vendent plutôt à raison de 4 fr. 50 c. par fil, tandis que les grosses cordes se livrent pour la plupart au-dessous de 4 fr., surtout en France où les troisièmes de violon s'y vendent à 4 et 5 fr. le paquet, quoique étant considérées comme ayant 8 et 9 fils, tandis qu'en Italie, les grosses cordes augmentent de valeur suivant leur nombre de fils dans la même proportion que les chanterelles.

Nous parlerons maintenant des moyens qui peuvent faire reconnaître à la vue les bonnes cordes.

Les chanterelles doivent être transparentes, parfaitement unies et assez régulières de grosseur ; elles ne doivent pas être trop blanches, car cela prouverait qu'elles ont été faites avec des agneaux trop jeunes, et lorsqu'on

(1) Lorsque les cordes bleues sont devenues rouges, on peut les ramener en les exposant à de la vapeur d'ammoniaque, opération qui peut se faire facilement dans un bocal ou dans une boîte fermée.

serre un paquet de chanterelles sous la main, elles doivent paraître élastiques et revenir promptement comme le ferait un ressort d'acier; il est possible de donner de la roideur aux cordes en employant dans leur fabrication des sels à base d'alumine, mais ces cordes se cassent lorsqu'on presse le paquet, la corde n'est pas moelleuse et ne revient pas facilement dans la même position cylindrique qu'elle avait; de plus, elle change de couleur lorsqu'on la comprime; c'est donc toujours un signe de bonne qualité lorsque les cordes ne changent pas de couleur et qu'elles reprennent de suite leur forme cylindrique.

Les grosses cordes, deuxième et troisième, doivent au contraire être très blanches, transparentes et très molles lorsqu'on comprime un paquet, mais elles ne doivent pas changer de couleur et doivent revenir promptement à leur état cylindrique; si elles présentaient trop de roideur cela indiquerait qu'elles ont été faites avec des boyaux trop résistants et dans ce cas elles auraient une mauvaise qualité de son par les raisons que nous avons expliquées plus haut.

Les cordes doivent se conserver dans des boîtes de fer-blanc qu'on ouvre le moins possible.

Les cordes recouvertes de cantine, autrement dit d'un fil de cuivre argenté, sont pour la plupart faites avec de la soie à l'intérieur; cette opération est connue de tous les passementiers; elle se fait à l'aide d'un tour à deux poupées; la corde étant tordue des deux bouts à la fois la cantine s'y place seule par l'effet de la torsion que reçoit la corde des deux côtés; ces cordes se vendent par douzaine suivant leur grosseur et leur longueur.

PH. SAVARESE.

CORDONNET (MÉTIER A) (*angl.* braiding machine, *all.* schnurmaschine). On donne le nom de cordonnet, dit M. Christian, à une petite corde formée d'un noyau ou mèche qu'on enveloppe d'un tissu de fils croisés, et qui sert à faire des cordons de sonnettes, de rideaux, etc. C'est de cette manière aussi que sont recouverts les manches des fouets.

Il y a des métiers à plus ou moins de fils. Celui que nous allons décrire, et qui est représenté dans les figures 572, 573 et 574, est à huit fils, destinés à recouvrir une mèche composée de fils très souples, en nombre suffisant pour donner au cordonnet la grosseur voulue.

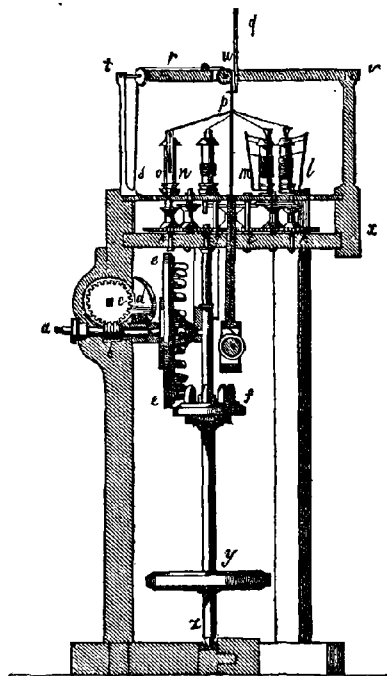
Le métier est monté sur un bâti dont les fig. 572 et 573 montrent le plan et l'élevation. Il est formé dans le bas de trois montants posés sur une base triangulaire, et qui supportent un plateau hexagone. Un arbre vertical en fer tourne dans une crapaudine *x*, logée dans la base du métier et dans un collet correspondant *g*, que porte la planche hexagone. Un volant régularise le mouvement qui est donné par une manivelle vissée à un arbre horizontal *a b*. Cet arbre porte à son autre extrémité une roue à mentonnets *e e*, qui engrène avec une autre roue de même forme, mais de plus petit diamètre, posée sur l'arbre vertical.

En même temps, au moyen d'une vis sans fin *b*, cet axe de la manivelle fait tourner la roue *c*. Celle-ci, au moyen de genoux de cardan, ou de joints brisés, communique son mouvement aux deux bobines de diamètres différents *a a*.

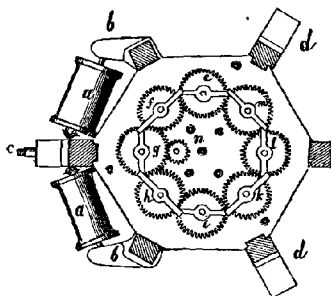
Le cordonnet, à mesure qu'il se forme, s'enroule sur l'une d'elles, ainsi qu'on le voit en *d* (fig. 572).

e, f, g, h, i, k, l, m sont des roues d'engrenage égales entre elles, et de nombre égal à celui des fils du métier. Elles sont rangées en cercle autour du centre de la machine, lequel est au point par où monte le cordonnet. Ces roues se communiquent successivement le mouvement qu'elles reçoivent de la roue *g*, qui le reçoit elle-même de la roue *n*, qui est à l'extrémité de l'arbre en fer vertical. Elles tournent librement sur des axes en fer, dont le bout supérieur va soutenir dans un plan pa-

rallele à la planche *h, g, i, k*, les disques ovales, dont une partie est vue en plan (fig. 573).



572.



573.

Ces disques sont entre une couronne et un plateau en fonte, maintenus par des entretoises et qui sont découpés hexagonalement, de manière à laisser entre leurs contours et celui des disques un espace curviligne d'environ 13 millimètres.

n, m, l, sont les poupées au nombre de huit, qui portent et fournissent le fil destiné à former le tissu qui enveloppe la mèche qui est au centre de la machine. Ces poupées représentées sur une échelle du quart de leur grandeur naturelle (fig. 574), devant parcourir en sens inverse les espaces curvilignes dont nous venons de parler, et passer alternativement en dehors et en dedans

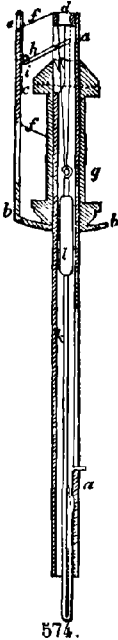
des disques ovales, tirent et lâchent le fil, dont la tension doit pourtant rester la même dans toutes les positions des poupées : c'est pourquoi elles sont construites d'une manière particulière. Sur une pièce de fer un peu oblongue, calibrée de manière à pouvoir parcourir librement les espaces curvilignes indiqués ci-dessus, est fixée en dessous une queue, et en dessus un tube en tôle de fer *a*, servant d'axe à une bobine *g*, qui porte le fil *f*. Dans l'intérieur de ce tube est un poids *l*, qui y monte et descend facilement, et porte à son extrémité supérieure un crochet. Le fil passe de la bobine en *f e f d*, puis par un trou de la détente *h*, vient traverser un anneau fixé au poids *l*, et de là, par le trou *d* correspondant au centre de la bobine, vient s'enrouler sur la mèche. La détente *h* qui tourne à charnières au-dessus de *i*, s'engage par l'autre extrémité dans les dents à crochet pratiquées sur le bout supérieur de la bobine, qu'elle empêche alors de tourner et de fournir du fil. Mais quand ce même fil est tiré en *f*, il soulève le poids *l*; le poids, en se soulevant, lève aussi la détente *h*; alors la bobine devient libre, et fournit du fil, qui est toujours maintenu au degré de tension nécessaire par le poids *l*.

Les queues des poupées descendant en contrebas de la plaque de fonte sont engagées dans les espaces curvilignes dont nous avons parlé, et donnent aux poupées le mouvement de translation. Pour cela, le haut des axes des roues d'engrenage *e, f, g, h...* est garni d'une pièce de fer qui dépasse de côté et d'autre dans deux plans différents au-dessus l'un de l'autre. Ces pièces de fer poussent les poupées dans leurs limites, et se les renvoient tour à tour, sans interruption, moitié dans un sens et moitié dans l'autre, d'où résulte le croisement des fils, et par conséquent la formation du tissu au point de leur réunion sur la mèche en *p*, autour duquel point les poupées circulent quand on vient à mettre la machine en mouvement.

Le cordonnet, ainsi fabriqué, va passer sur les poulies *u, v*, et s'enrouler sur une des bobines *a, a*, qui le tire avec une vitesse proportionnée à son diamètre et à la vitesse de la machine. Selon que le diamètre de ces bobines est plus ou moins fort, le tissu est plus ou moins serré sur la mèche.

CORNE (*angl. et all. horn*). La corne provient surtout des bœufs, vaches, buffles, chèvres et bœliers. C'est une substance modérément dure, flexible, plus ou moins translucide, d'une couleur qui passe du blanc et du gris-jaunâtre au noir, qui se ramollit dans l'eau bouillante sans s'altérer, et qui peut alors se courber et se comprimer facilement, et même se souder sur elle-même. Ces propriétés permettent d'employer la corne à une foule d'ouvrages qui se font sur le tour, à la confection des tabatières, des peignes, etc. L'écaïlle de tortue possède des propriétés analogues; on la distingue de la corne en ce qu'au lieu d'offrir une teinte uniforme, elle est couverte de taches plus ou moins colorées.

Le premier travail que l'on fait subir aux cornes consiste à les débarrasser de leur noyau intérieur, ce qui s'exécute en les faisant macérer plus ou moins longtemps dans l'eau froide, selon la saison, puis les frappant sur un morceau de bois, en les tenant par le petit bout : le noyau sort de lui-même. On coupe alors à la scie la pointe de chaque corne, ainsi que la gorge ou base, lorsque celle-ci présente quelques défauts ;



la pointe est revendue en nature aux fabricants de pommes de cannes, de crosses de parapluies, etc. On ramollit ensuite les cornes, d'abord en les faisant macérer pendant plusieurs jours dans de l'eau froide, puis en les jetant dans une chaudière remplie d'eau bouillante, où on les laisse séjourner quelques heures. On les retire 2 par 2 de la chaudière, et on les enfie sur les deux branches d'une longue pince, au moyen de laquelle on les fait tourner rapidement au-dessus d'une flamme claire pour les chauffer bien également, et on les fend d'une extrémité à l'autre, pendant qu'elles sont chaudes, avec une serpe. Les cornes une fois fendues, on saisit les bords de la fente à l'aide de pinces plates, et on les étend en les tournant de temps à autre au-dessus d'une flamme claire. On met ensuite en presse entre des plaques de fer poli les plaques de corne, dont on a préalablement mouillé les deux bouts pour éviter leur déchirure, et on les laisse refroidir sous une pression peu considérable; lorsqu'elles sont suffisamment refroidies, on les retire de la presse, et on les met dans l'eau froide pendant quelques instants.

Les opérations qui précèdent constituent l'*aplatissage à blanc*. En cet état la corne conserve l'apparence extérieure qu'elle possédait dans son état naturel; elle présente encore des veines blanches et opaques mélangées aux parties plus ou moins transparentes qui la constituaient alors, et elle peut servir à la fabrication des objets dont la transparence n'est pas une condition essentielle et qu'on ne destine pas à être colorés. C'est en général la seule opération que l'on fasse subir aux cornes de buffles.

L'*aplatissage à vert*, qui a pour but d'augmenter la transparence de la corne, ne peut s'exécuter que sur des cornes naturellement blanches; on essaierait en vain d'appliquer cette opération aux cornes noires, en totalité ou en partie : la corne noire restera toujours opaque. On commence par faire chauffer la corne préparée à blanc au-dessus d'un feu de charbon de bois, puis au moyen d'outils de forme convenable, on gratte et on coupe les parties noircies par la fumée du bois, on enlève les parties trop épaisses, celles qui avoisinent les gerçures, jusqu'à la profondeur où celles-ci peuvent pénétrer, ainsi que les veines noires peu profondes, on coupe les bords sur lesquels se manifeste un commencement de fente, que l'aplatissage à vert pourrait faire continuer dans l'intérieur de la feuille; enfin, en un mot, on enlève tout ce qui pourrait empêcher la transparence de se manifester. Cette opération qui porte le nom de *dolage* étant terminée, on ramollit les cornes pendant un jour ou deux dans l'eau froide, puis, pendant quelques heures, dans de l'eau chaude à une température inférieure à 400°, en ayant soin de les maintenir aplaties, soit entre des pinces, soit de tout autre manière, pour les empêcher de reprendre leur forme primitive. Au sortir de l'eau chaude, on met les cornes en presse entre des plaques de fer inégalement chauffées, c'est-à-dire que les plaques les plus chaudes sont en contact de chaque côté avec la partie intérieure de deux cornes, et les plaques les moins chaudes avec les parties extérieures. Chaque corne est préalablement imbibée, avant la mise en presse, de suif fondu ou de graisse chaude, dont on jette aussi une certaine quantité entre les plaques de fer à mesure qu'on les serre. Lorsque la presse est entièrement remplie, on la serre fortement, mais graduellement, et on laisse refroidir le tout. Après un refroidissement complet, on desserre, on retire les cornes d'entre les plaques, et on a soin de les charger de poids pendant quelque temps pour les empêcher de gauchir. Si l'on a plusieurs pressées successives à faire, on retire les cornes avant leur refroidissement complet, et on les place entre des plaques froides où elles achèvent de se refroidir.

En cet état, la corne, dont l'extérieur est d'un brun

sale plus ou moins foncé, a acquis une transparence qui se manifeste lorsqu'on regarde le jour au travers, et qui devient complètement visible lorsqu'elle a été grattée et polie.

Pour fabriquer la corne à lanterne, on choisit les cornes les plus blanches et les plus belles, notamment celles des chèvres et des bœufs. On les prépare comme nous l'avons décrit ci-dessus, et on refend ensuite les plaques de corne sur leur épaisseur, en 2 ou 3 feuilles, soit au moyen d'un ciseau d'acier, sur lequel on frappe à coups de marteau, soit à l'aide d'une scie circulaire horizontale très fine, qui est animée d'un mouvement de translation également horizontal. Les cornes d'animaux très jeunes, qui n'ont que 4 à 2 millimètres d'épaisseur ne sont pas refendues.

Pour polir les feuilles refendues comme il vient d'être dit, on place successivement dans une espèce de cadre métallique, de la dimension des feuilles à polir, des plaques de cuivre de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, bien polies des deux côtés, et les feuilles de corne à polir; les deux plaques extrêmes sont beaucoup plus épaisses que les autres, et le cadre peut contenir une douzaine de feuilles ainsi disposées entre les plaques de cuivre. Le cadre ainsi chargé est placé sous une presse entre des plaques de fer chaudes, et l'on serre fortement. Au lieu d'employer des plaques chaudes, il vaut mieux mettre la presse toute chargée dans l'eau bouillante, et ensuite dans l'eau froide. On obtient ainsi des feuilles parfaitement polies, sur lesquelles il suffit de passer un peu de blanc d'Espagne avec la paume de la main ou un tampon de laine, ce qui les fait sécher promptement.

Lorsqu'on veut avoir des feuilles de dimensions plus grandes que celles données naturellement par la corne de l'animal, il faut réunir ensemble plusieurs morceaux au moyen d'une opération qui prend le nom de soudure, bien qu'il ne faille pas, comme dans la soudure ordinaire des métaux, employer de corps intermédiaires. On fait ramollir dans l'eau bouillante les feuilles de corne maintenues entre des tasseaux de bois, afin qu'elles ne se courbent point, puis on les laisse refroidir avant de desserrer les tasseaux. On taille en biseau les parties qui doivent se joindre, en se servant d'un grattoir à tranchant vif, en ayant bien soin de ne pas toucher avec les doigts ou un corps gras, les biseaux ainsi préparés, qu'on superpose l'un sur l'autre, et qu'on maintient dans cette position en les entourant avec des fils serrés les uns contre les autres, jusqu'à ce que la jonction en soit entièrement recouverte, ou mieux encore, avec des bandes de papier qu'on colle en les croisant, procédé qui présente l'avantage de ne pas laisser d'empreinte sur la corne après la soudure. La forme des pièces exigeant différentes manières de les apprêter, on laisse en général ce soin à la sagacité de l'ouvrier soudeur, qui opère ordinairement à plat; pour cette opération on emploie des pinces plates en cuivre, de dimensions convenables, que l'on fait chauffer; quant à la température qu'elles doivent avoir, l'expérience seule de l'ouvrier peut l'indiquer. Les parties à réunir par la soudure sont alors placées entre les palettes chaudes de la pince, et on les serre dans un étai. On peut aussi, lorsque les dimensions de la feuille sont considérables, se servir d'une presse et de deux plaques de cuivre convenablement échauffées. On laisse refroidir le tout, on desserre, et l'on trempe la corne dans l'eau froide. On ragraie alors la soudure avec un grattoir à tranchant bien vif, en ayant soin de ne faire mouvoir d'abord cet outil que dans le sens de la feuille dont le biseau est en dessus, jusqu'à ce qu'on ait atteint la feuille de dessous; autrement on risquerait de décoller les deux parties. Lorsqu'elles sont bien de niveau, le grattoir peut être promené en tout sens. On adoucit alors la pièce avec de la pierre-ponce bien fine, et on termine le poli avec du tripoli de Venise bien broyé et lavé.

Pour produire sur la corne des taches qui lui donnent l'apparence de l'écaïlle, on la mouille par places avec des dissolutions métalliques dont la nature varie suivant la couleur des taches que l'on veut produire: pour le rouge on emploie une dissolution d'or dans l'eau régale; pour le noir on emploie une dissolution de nitrate d'argent; pour le brun une dissolution chaude de nitrate de mercure; le brun se produit aussi en appliquant par places sur la corne, une bouillie composée de litharge délayée avec une solution de potasse, puis chauffant pendant quelque temps. La couleur est plus ou moins foncée suivant la proportion de l'alcali, et le temps plus ou moins long que l'on laisse la bouillie sur la corne. Une dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique, ainsi qu'une décoction de bois du Brésil, de safran, ou d'épine-vinette, peuvent également donner du brun. Après l'emploi de ces matières, on fait macérer la corne pendant 12 heures, dans une dissolution concentrée d'alun et de vinaigre.

En France, en Hollande et en Autriche, les fabricants de peignes et les tourneurs de corne utilisent les rognures et tournures de corne et d'écaïlle, pour en fabriquer, par pression, des boutons, des tabatières, etc. À cet effet, on remplit de rognures un moule en laiton, consolidé par un châssis en fer, que l'on place sous une presse entre deux plaques de fer fortement chauffées; le moule s'échauffe peu à peu, et à mesure que les rognures qu'il renferme se ramollissent, on les comprime, en serrant graduellement la presse, jusqu'à ce qu'elles se soient complètement soudées et aient pris exactement la forme du moule; on laisse ensuite ce dernier se refroidir spontanément ou on le plonge dans l'eau froide, on sépare les deux parties du moule et on en retire les rognures, qui se sont soudées en une masse compacte. On peut traiter ainsi, soit des rognures de corne, soit des rognures d'écaïlle, soit enfin un mélange des deux, ce qui a l'avantage de produire une matière moins fragile que l'écaïlle. Les rognures de corne exigent pour se souder une température plus élevée que celle d'écaïlle. On doit dans ce travail, tout comme dans la soudure, avoir bien soin de ne pas toucher la corne avec les doigts ou avec un corps gras, ce qui donnerait lieu à des solutions de continuité dans la soudure des fragments.

Pour faire un anneau en corne, pour des cordons de sonnette, etc., on découpe un morceau de corne sous la forme d'un fer à cheval et à peu près avec les dimensions qu'il doit avoir. On l'échauffe pour le ramollir, et on entaille les deux extrémités avec des emporte-pièces qui leur donnent la forme des deux parties d'un assemblage à queue d'aronde, et on le laisse refroidir sous presse; on le réchauffe de nouveau pour fermer l'assemblage, et lorsque la soudure est faite avec soin, il est impossible d'en déterminer la place.

Les manches des couteaux de table et des fourchettes, ou autres pièces analogues, se forment de deux parties que l'on ramollit à l'aide de la chaleur et on ou pratique par pression au moyen de matières chauffées, dans l'une des feuillures latérales et sur l'autre des languettes correspondantes; on les réchauffe alors de nouveau et on les soude, par pression, entre deux étampes chauffées.

Les boutons de corne pour les tiroirs, qui doivent porter un axe métallique ou une vis, se font également en deux parties moulées séparément; le revers du bouton est percé d'un trou par lequel passe l'axe ou le vis; cet axe se termine par un disque métallique que l'on introduit entre les deux faces du bouton, qui sont ensuite soudées comme il vient d'être dit; pour rendre la soudure plus intime, on a pratiqué dans la partie antérieure du bouton une rainure annulaire, dans laquelle s'engage une saillie correspondante ménagée sur la partie postérieure.

COTON.

CORNUE (*angl.* retort, *all.* retorta). On donna d'abord ce nom à des appareils distillatoires, en verre, en grès, en terre cuite, en porcelaine, en platine, en fonte ou en fer, composés d'une *panse* et d'un long col latéral recourbé. Plus tard on appliqua indistinctement ce nom à tous les appareils distillatoires, quelle que fût leur forme, comme les cornues cylindriques, prismatiques, etc., employées pour la fabrication du *vinaigre de bois*, du *noir animal*, du *gaz d'éclairage*, etc. Nous donnerons à chacun de ces articles le dessin de ces diverses cornues, et nous parlerons de leur construction en décrivant l'élaboration des matières dont elles sont composées, ce qui nous dispense d'entrer ici dans des détails qui n'y seraient pas à leur place.

COTON (FILATURE DU) (*angl.* cotton manufacture, *all.* baumwollen-spinnerei). Le coton est un filament court, un duvet végétal qui enveloppe les semences du cotonnier, appelé *gossypium* par Linnée, et placé par lui dans l'ordre *polyandria* et dans la classe *monadelphia*; mais appartenant à la famille des *malvacées*. Le cotonnier croît presque spontanément dans tous les pays chauds, et il est originaire de l'Inde et de l'Amérique. On compte différentes espèces de cette plante; mais les caractères de leurs produits sont fort incertains, et il n'est guère de botaniste qui puisse se reconnaître parmi les différentes sortes de coton répandues dans le commerce. D'après Linnée, il y aurait seulement cinq espèces de cotonniers; d'un autre côté, Lamarck, dans son *Encyclopédie méthodique*, en reconnaît huit, et treize sont décrites par de Candolle. Afin d'éviter la confusion qui résulte nécessairement de cette divergence d'opinions, on a dû diviser toutes les espèces de cotonniers en trois grandes classes principales, qui sont :

- Première classe : cotonniers herbacés;
- Deuxième — cotonniers arbustes;
- Troisième — cotonniers arbres.

Voici maintenant les propriétés les plus saillantes qui caractérisent ces trois classes :

Première classe. Le cotonnier herbacé est une plante annuelle, qui se cultive dans l'Inde, la Chine, les États-Unis et plusieurs autres pays. Il s'élève ordinairement à une hauteur de 60 à 65 cent. Veiné de brun et d'un vert foncé, ses feuilles se divisent chacune en cinq lobes. Quant à la fleur, elle est d'un jaune pâle, avec un large pistil et cinq pétales, marqués vers le fond d'une tache pourpre. Dès que la fleur est tombée, on voit paraître une enveloppe capsulaire, supportée par cinq feuilles vertes triangulaires, dont le limbe est profondément dentelé. La cosse, à peu près triangulaire, avec le bout terminé en pointe, se compose de trois compartiments, et elle atteint les dimensions d'une grosse noix aveline. Lorsque la graine est parvenue à son degré de maturité, l'enveloppe ou cosse s'entr'ouvre, et trois flocons de duvet, d'un blanc de neige ou jaunâtre, sortent, comme autant de houppes, des trois compartiments renfermant les graines qui y adhèrent fortement et ressemblent un peu, mais dans des proportions plus grandes, à des pépins de raisin.

Deuxième classe. Le cotonnier arbuste diffère peu, pour la fleur et le fruit, du cotonnier herbacé, et il croît dans la plupart des contrées où l'on trouve ce dernier. Parmi les principales variétés du cotonnier arbuste, nous citerons le cotonnier indien, le cotonnier feuille de vigne, et le cotonnier religieux (*gossypium religiosum*) de Linnée, dont les fleurs sont blanches dans quelques variétés, auxquelles appartient probablement le coton blanc de Rome, cultivé dans le Jardin-des-Plantes de Paris.

Troisième classe. Le cotonnier arbre offre les mêmes caractères à peu près que ceux de la seconde classe; mais il s'élève beaucoup plus haut. On le trouve dans l'Inde, la Chine, l'Égypte, en Amérique et sur les côtes occidentales de l'Afrique.

COTON.

Il est encore une autre espèce de cotonnier non exploité, qui peut atteindre une grande hauteur, et produit un coton soyeux et d'une blancheur éblouissante; mais la fibre de ce coton est si courte et si cassante, qu'on ne peut l'employer dans la filature. Je veux parler du cotonnier connu vulgairement sous le nom de cotonnier parsol; dont le nom latin est *bombax ceiba*.

Les filaments des différents cotons diffèrent en longueur, en flexibilité, en ténacité, en épaisseur suivant qu'ils proviennent des diverses espèces dont nous venons de parler. Deux propriétés influent surtout sur la valeur du coton en laine, ce sont la longueur et la finesse. De là, les grandes différences qu'on remarque dans le prix des cotons en laine. On en jugera par le tableau suivant qui indique les prix assignés, le 4^{er} décembre 1835, à Liverpool, à plusieurs sortes de coton.

	Prix par kilog.
Sea-Island, ou Géorgie long.	4 ^{fr} .62 à 7 ^{fr} .75
Demerara et Berbice.	2 ^{fr} .34 à 3 ^{fr} .00
Fernambouc.	2 ^{fr} .75 à 3 ^{fr} .45
Égypte	2 ^{fr} .67 à 3 ^{fr} .70
Nouvelle - Orléans.	4 ^{fr} .80 à 3 ^{fr} .06
Bahia.	2 ^{fr} .40 à 2 ^{fr} .54
Upland, ou Géorgie court.	4 ^{fr} .80 à 2 ^{fr} .93
Indes occidentales.	4 ^{fr} .97 à 2 ^{fr} .34
Surate.	4 ^{fr} .55 à 2 ^{fr} .04
Madras.	4 ^{fr} .65 à 2 ^{fr} .04
Bengale.	4 ^{fr} .34 à 4 ^{fr} .65

Le géorgie long ou *sea-island* est le roi des cotons connus, tant par sa longueur et sa finesse que par sa force, sa propreté et sa blancheur argentée, brillante. Certaines variétés de ce coton valent jusqu'à 8, 10, 12 et même 14^{fr} le kil.

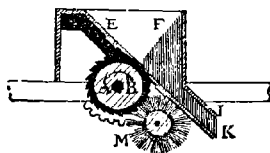
Examinés avec un bon microscope, les filaments du coton ressemblent plus ou moins à un ruban que l'on tordrait sur lui-même. Dans la partie plate de ce ruban, la transparence est parfaite, et l'on remarque, de chaque côté, une lisière semblable à un ourlet. La largeur de ce ruban, dans le plus fin *sea-island* ou géorgie long, est de 1/440^e de millimètre.

Dans un curieux travail sur la résistance des fibres du coton, M. Heilmann a trouvé que la force nécessaire pour rompre une fibre variait de 2 à 4 gr. suivant les espèces.

Pour récolter le coton, on a soin de cueillir les cosses au fur et à mesure qu'elles sont ouvertes, afin que le coton ne s'échappe pas de leur intérieur, et l'on enlève à la fois le coton et les graines, en laissant la cosse sur l'arbre. Il est essentiel de choisir un beau temps pour faire cette opération, car la moindre humidité qui s'introduirait dans le coton pourrait le faire noircir par la suite. Une fois le coton récolté, on le laisse exposé au soleil pendant quelques jours, afin que les graines et le coton se dessèchent et rendent plus facile l'opération qui a pour but de séparer ces deux matières.

Cette opération se faisait autrefois à la main, mais on ne tarda pas à substituer des machines à ce procédé lent et coûteux. Dans les Indes, en Chine, comme dans toute l'Asie, on fait usage, depuis longtemps, d'un instrument assez grossier, appelé en anglais *roller-gin*, c'est à-dire rouleau à trappe. Cette machine est quelquefois construite sur une grande échelle, et mue par des chevaux; l'eau ou la vapeur.

On a employé depuis, avec avantage, l'appareil dit *Saw-Gin*, (moulin sciant). (Fig. 575.) A B est un cylindre d'environ 0^m.24 de diamètre qui tourne dans la direction indiquée par



575.

la flèche. Ce cylindre porte une série de scies circulaires parallèles fortement attachées à l'axe et séparées entre elles par des anneaux de bois de 4 centimètres environ d'épaisseur. Au-dessus du cylindre est une espèce de trémie E F, dans laquelle on jette le coton brut; celui-ci tombe sur une grille munie de petits arcs garnis de dents de scie sur lesquels s'étendent et s'attachent les fibres du coton dans leur révolution. Ces fibres sont tirées au travers de la grille jusqu'à ce que les graines, étant séparées, roulent en bas de la grille inclinée pour s'échapper par l'extrémité I K. M est un cylindre brosse qui débarrasse les dents du grattoir des filaments de coton qui s'y sont attachés.

Quand le coton est débarrassé de toute parcelle de graine, on le soumet à une autre épuration qui consiste à le battre dans un tambour à ailettes, au centre duquel passe un courant d'air qui le purge de la poussière dont il est chargé. Puis, on le ramasse et on le porte à l'emballage, où on le convertit en ballots qu'on recouvre de toile à voile. Chaque ballot américain contient environ 470 kilogrammes.

DE LA FILATURE. L'art de réduire en fil les substances filamenteuses est connu de toute antiquité. Les conditions à remplir se réduisent :

1° A disposer les fibres parallèlement les unes à côté des autres ;

2° A les réunir par une torsion suffisante, pour rendre le frottement des fibres les unes sur les autres assez considérable pour qu'elles rompent plutôt que de glisser.

Notions historiques. Disons d'abord quelques mots de la manière dont on est arrivé aux procédés si parfaits employés aujourd'hui, ce qui permettra de bien apprécier le but de chaque machine.

Le mode primitif de convertir le coton en fil, à l'effet d'être tissé en étoffe, consistait dans la quenouille et le fuseau, et ce mode est encore en usage dans l'Indoustan.

La quenouille est un bâton de bois portant une poignée de coton en laine peu serrée autour de son sommet. Le fileur tient la quenouille entre le bras gauche et le corps; sa main gauche est plus rapprochée de la quenouille que la droite; les mains sont tenues à environ 5 centimètres l'une de l'autre, et tirent continuellement le coton de la quenouille, la main droite étendant et tordant autant de coton qu'il y en a entre elle et la main gauche, et en formant un fil fin qui est de nouveau tordu par un fuseau suspendu qu'on fait tourner constamment, et sur lequel le fil est ensuite enroulé.

Ce procédé était connu de toute antiquité, mais il est curieux de connaître l'état de la manufacture du coton en Angleterre, au commencement du dernier siècle. La chaîne (ou les fils longitudinaux de l'étoffe) était composée de fil de lin, importé en écheveaux ou en paquets de l'Allemagne. C'était le tisserand qui l'achetait directement et la préparait pour le métier, en l'arrangeant en lignes parallèles. La trame (ou les fils transversaux de l'étoffe) était faite de coton, qui était également acheté par le tisserand.

Le coton était battu, épluché et nettoyé, et ensuite cardé ou brossé avec des brosses grossières en fil d'archal. Le cardage était fait avec des cardes à main d'environ 30 centimètres de long et de 43 de large, le cardoir en tenant une dans chaque main. Le coton, après avoir été épluché et nettoyé, était étendu sur l'une de ces cardes, et était brossé, ratissé ou peigné avec l'autre, jusqu'à ce que ses fibres fussent toutes disposées dans le même sens; il était alors enlevé en loquettes ou boucins sans consistance, d'environ 30 centimètres de long et de 2 centimètres de large. Ces loquettes étaient ensuite converties en un gros fil, de la manière suivante : après les avoir fixées par un bout à la broche d'un rouet à main, l'on tournait avec la main droite le

rouet qui faisait mouvoir la broche, et en même temps l'on étirait la loquette avec la gauche. Le mouvement ainsi communiqué à la loquette étirée, la tordait en spirale. Lorsqu'elle était tordue, on la renvidait sur la broche et l'on en attachait une autre qui était étirée et tordue de la même manière. On formait ainsi un gros fil continu. On prenait ensuite ces fils en gros, pour les convertir en trame; et, ainsi que nous allons le dire, les fils en gros étaient étirés en trame, presque de la même manière que les loquettes étaient converties en fils en gros.

Une première invention capitale, attribuée généralement à *Hargraves*, et par quelques-uns à *Highs*, ce fut celle de la *Jenny*. En filant au rouet à la main, le fil en gros était tenu ferme entre l'index et le pouce de la main gauche, à 45 centimètres de distance de la broche; la roue, qui au moyen d'une lanterne donnait le mouvement à la broche, était ensuite tournée par la main droite, et dans le même temps, la main gauche qui tenait le fil en gros, comme on vient de le dire, était retirée en arrière d'environ 0^m,45; le fil en gros était ainsi allongé en trame, la torsion nécessaire était donnée au moyen de quelques tours de la roue, et enfin la trame était renvidée sur la broche. La *Jenny*, telle qu'elle fut d'abord inventée, exécutait ces opérations de la manière suivante sur plusieurs fils à la fois. Les broches étaient placées sur le devant, et une petite corde partait de chaque broche et la faisait tourner au moyen d'un tambour mû par une manivelle horizontale. Les fils en gros étaient fixés sur des brochettes en arrière de la *Jenny*, chaque fil en gros passait à travers une bride séparée, de fil d'archal, placée à environ 50 centimètres plus haut que les broches et les brochettes, et à égale distance des unes et des autres. A chacun des coins du devant de la *Jenny* se trouvait un montant droit plus élevé de 4 mètres que les broches; ces montants avaient une rainure pratiquée à l'intérieur, à partir de leur sommet jusqu'au niveau de la broche. Deux pièces plates de bois, faites pour s'ouvrir et se fermer à peu près comme un régulateur parallèle, mais s'ouvrant et se fermant verticalement, et non latéralement, traversaient le devant de la *Jenny*; leurs extrémités étaient ajustées dans les deux rainures. Elles étaient mues perpendiculairement, à partir des broches jusqu'au sommet des montants, au moyen d'une corde qui s'enroulait sur une bobine mobile placée sur l'axe du tambour. Quand la bobine était sur la partie inférieure de l'axe, elle tournait avec lui; mais quand elle était élevée plus près de la manivelle, l'axe tournait et la bobine restait stationnaire. Quand les pièces de bois appelées la pince étaient à la hauteur convenable, la bobine était élevée au moyen d'une clenche, et la pince restait suspendue jusqu'à ce qu'elle fût abaissée par la main du fileur. Les fils en gros passaient des brides de fil d'archal aux broches, à travers les régulateurs plats ou la pince. Après avoir fermé la pince, ou, en d'autres termes, après avoir arçonné les fils en gros entre les deux bords des régulateurs, le fileur tournait le tambour qui donne le mouvement aux broches et élevait la pince en étirant la partie des fils en gros placés entre la pince et les broches. Lorsqu'elle était étirée, il élevait la bobine; la pince restait ainsi stationnaire, tandis qu'il donnait à la trame le degré de torsion convenable, au moyen de quelques tours du tambour. La pince était alors abaissée et elle rendait la trame sur les broches.

La *Jenny* n'était applicable qu'à la filature des fils de trame, et ne donnait pas des fils assez résistants pour les fils de chaîne. C'est à *Arkwright* que revient l'honneur d'y être parvenu par l'invention du *Tristle* ou métier continu, dit aussi métier hydraulique, parce que la force nécessaire pour le faire agir exigeait l'emploi d'un moteur. C'est dans ce métier dont nous donnons

plus loin la description, que se trouvent employés les cylindres-étireurs, organe tout nouveau et vraiment admirable sur lequel repose surtout la filature moderne par machines.

De l'invention de la *Jenny* et du *Throgle*, de la combinaison des deux modes d'étirage qui sont produits dans ces machines, est née la *Mull-Jenny*, inventée en 1773, par *Samuel Crompton*, de Bolton-le-Moors. Dans cette machine, la mèche passe entre des cylindres placés sur le derrière du métier et arrive aux broches qui sont placées en avant sur un chariot mobile. A mesure que les broches tournent, le chariot s'éloigne des cylindres, un peu plus vite qu'ils ne délivrent la mèche. La première paire de cylindres attire la mèche de la bobine; la seconde paire l'étend et l'allonge comme dans le métier hydraulique, et, à mesure que le chariot recule, le mouvement des broches l'étend encore en lui donnant plus de finesse. Lorsqu'une certaine quantité de mèche a passé, les cylindres s'arrêtent et la serrent fortement, comme la pince le fait dans la *Jenny*; les broches continuent encore à tourner, et le chariot à reculer, en étendant la mèche à la finesse requise, et lui donnant la torsion nécessaire; le fil en fin est ensuite renvidé sur les broches, en faisant retourner le chariot à sa première position. Par cette extension graduelle de la mèche, elle peut être étirée beaucoup plus fine que sur la *Jenny* ou sur le métier hydraulique qui l'allonge dans une seule opération, et permet d'obtenir des numéros bien plus élevés qui ont permis la fabrication des mousselines et autres étoffes légères.

Passons maintenant à la description détaillée des procédés employés aujourd'hui.

4^e ÉPURATION DU COTON. Le coton livré aux fabricants est sale et floconneux, et il est nécessaire de le nettoyer et de le démêler avec beaucoup de soin, avant de le soumettre à l'opération du cardage. On y parvient au moyen des appareils suivants :

Le *willow* a pour but d'ouvrir le coton et de faciliter sa répartition en étoupes. Avant cette machine, on employait à cet effet l'appareil, dit *panier de Normandie*. Il consistait en un cylindre incliné, à claire-voie, formé de deux disques en bois reliés par un treillage de même substance. Le coton était introduit par un orifice supérieur, et il rencontrait, en entrant dans le cylindre, des dents droites en fer dont était hérissé un arbre placé dans l'axe du cylindre, animé d'une vitesse de deux à trois cents tours par minute. Le coton se trouvait ainsi fouetté et entraîné dans la rotation des dents pendant un temps proportionnel à l'inclinaison du cylindre, par l'extrémité inférieure duquel il sortait. Cette machine avait de graves inconvénients : d'abord, elle dégageait beaucoup de poussière et de duvet, et ensuite le coton, n'éprouvant pas assez de résistance de la part du treillage pour s'y attacher, tournait avec l'arbre sans s'ouvrir d'une manière sensible.

On a donc substitué au panier de Normandie le *willow* carré, qui remplit parfaitement le but que l'on se propose. Le plus perfectionné est celui de *Lilly*, dit *panier conique*, qui est construit comme le panier de Normandie, et aussi actif que le *willow* droit. Il a en outre l'avantage de ne pas répandre de poussière dans l'atelier et de ne présenter aucun danger dans la manipulation.

C'est ce *willow*, qui est employé de préférence en Angleterre dans les factories où l'on travaille les sales et grossiers cotons de l'Inde, ainsi que l'*upland* géorgie. Cette machine consiste en une toile sans fin, animée d'une petite vitesse, sur laquelle on dépose le coton, qui rencontre immédiatement deux cylindres cannelés, en fer, entre lesquels il passe; puis il entre dans une chambre conique où il est arraché par les dents d'un tambour conique qui se meut avec une vitesse de cinq à six cents tours par minute. De ces premières

dents, le coton est entraîné par d'autres, fixées à la surface du cône intérieur, qui l'ouvrent et l'abandonnent petit à petit, eu égard à la force centrifuge qui tend à l'éloigner sans cesse des cylindres cannelés, par suite de la double conicité de la chambre et du tambour. Lorsque le coton a été ainsi bien ouvert et travaillé dans tous les sens, il finit par tomber sur une toile sans fin qui l'emporte dehors, en le faisant passer sous un tambour creux dont la surface se compose d'une toile métallique très fine, au travers de laquelle un ventilateur, communiquant avec l'intérieur, produit un appel d'air qui rejette hors de la chambre toutes les impuretés qui se trouvent dans l'espace où tombe le coton ouvert. Le *willow* de *Lilly* peut nettoyer dans un jour 3600^l ou 2 $\frac{1}{2}$ balles de coton.

2^o BATEUR-ÉPLUCHEUR ET ÉTALEUR. Lorsque les impuretés les plus grosses ont été rejetées par le *willow*, il ne reste plus, pour extraire du coton les petites parties solides qui y adhèrent encore, qu'à le soumettre à une agitation brusque et intermittente, qui communique à toutes les parties des vitesses d'autant plus grandes qu'elles sont moins élastiques. On a d'abord employé à cet effet des claies en jonc sur lesquelles on étalait le coton que des hommes armés de cannes élastiques battaient à force de bras. Cette opération, qu'on pratique encore aujourd'hui pour le crin, présentait plusieurs inconvénients, et l'on dut songer à remplacer le battage à bras par l'action des machines. Pour cela, on a imaginé de faire passer le coton entre deux cylindres cannelés devant lesquels une barre de fer à section rectangulaire se meut autour d'un axe parallèle à celui des cylindres, avec une vitesse considérable et en touchant presque chacun des cylindres. Dans cette machine, que l'on nomme *batteur-éplucheur*, à mesure qu'une petite quantité de coton sort, elle reçoit un choc qui a fort peu d'influence sur lui à cause de son élasticité, mais détache violemment toutes les parties solides qui y adhèrent.

A cet appareil et fondé sur le même principe succède le plus souvent le *batteur-étaleur* qui est spécialement destiné à convertir le coton en un ruban aussi uniforme que possible et à l'enrouler sur un rouleau de bois. Il est à présumer qu'avant peu de temps le batteur-étaleur et le batteur-éplucheur ne formeront plus qu'un seul appareil pour tout le monde, ainsi qu'il cela a déjà lieu chez un petit nombre d'industriels.

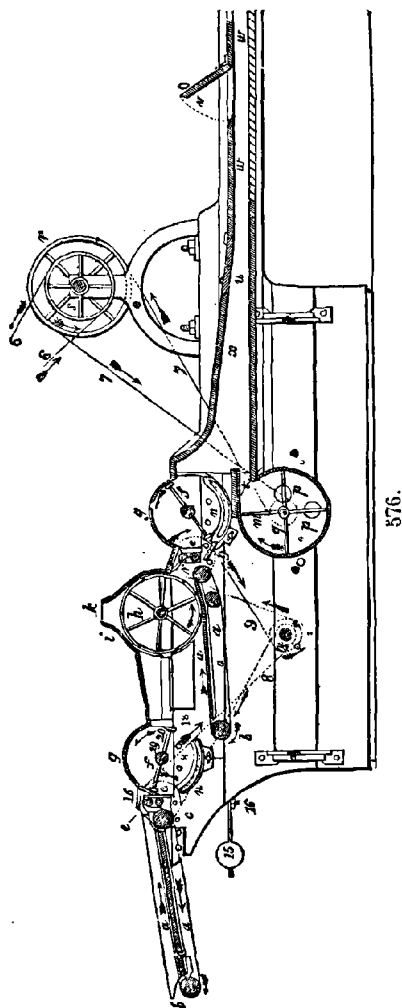
La fig. 576 représente la section longitudinale d'un batteur-éplucheur. L'appareil a environ 5 mèt. 50 cent. de long, et 0^m,945 en travers de la caisse, qui est faite en entier de fonte, doublée de planches, et forme une boîte bien close avec deux ouvertures, une pour introduire la laine de coton brute, l'autre pour reprendre la laine nettoyée. Ces portes sont fermées pendant le jeu de la machine, mais elles peuvent être ouvertes à volonté, pour en inspecter et réparer l'intérieur.

L'introduction du coton se fait au moyen d'une toile sans fin, qui se meut dans la direction des flèches *a*, *a*, jusqu'à l'extrémité de la partie gauche de la machine, en passant et roulant continuellement autour des rouleaux *b* et *c*. Les cylindres cannelés *e*, *e*, introduisant immédiatement le coton dans la machine, sont appelés cylindres nourrisseurs. Le frappeur *f* tourne dans la direction de la flèche et sépare violemment les flocons à mesure qu'ils se présentent, de même qu'il rejette en bas toutes les particules pesantes sur la grille de fer *n*.

La laine de coton, retombant sur une seconde toile sans fin, repasse devant un second frappeur et de là se rend dans les espaces *x*, *w*, *w*, qui sont garnis dans le fond d'une grille serrée, ou quelquefois il est enroulé de suite sur des rouleaux.

Un ventilateur additionnel a été placé à la partie inférieure en *m*, *oo*, pour aider l'action des frappeurs en soufflant le coton en avant dans l'auge oblongue *x*.

L'ouverture de ce van est en t , et l'air entre vers son centre q ; u et v sont les deux ouvertures au moyen desquelles on retire la laine du coton nettoyé. Le dernier van est supprimé dans quelques machines, les bras des frappeurs fournissant un courant d'air suffisant. Le premier frappeur donne environ 4280 coups de chacun de ses deux bras par minute; le second, 4300. Une machine semblable à celle que nous venons de décrire peut nettoyer facilement en un jour 272^k de coton. On ne saurait nier que l'introduction du ventilateur



576.

dans les batteurs n'ait sensiblement amélioré l'état sanitaire des ouvriers employés à ces opérations, et il est à souhaiter que tous les filateurs adjoignent bientôt un ventilateur à toutes leurs machines.

Le batteur-étaleur diffère essentiellement du batteur-épilateur ordinaire, en ce que le coton, au lieu d'être éparpillé au hasard sur la toile d'arrière, est déposé en quantité toujours égale sur des longueurs égales; en ce que la toile d'avant, au lieu d'être animée de la même vitesse que celle d'arrière, a une vitesse beaucoup

moindre, d'où il résulte que les irrégularités commises dans la répartition des étoupes sur la toile d'arrière, se font moins sentir sur celle d'avant où l'épaisseur est plus grande; enfin, en ce que le coton, sortant de la toile d'avant, passe entre deux cylindres en fer qui le compriment en un ruban que reçoit un rouleau placé à l'extrémité antérieure de la machine, ce qui permet de porter directement aux cardes le cylindre ainsi garni. La toile sans fin d'arrière se trouve divisée en trois ou quatre surfaces égales par des raies très inclinées.

Une ouvrière, nommée peseuse, forme des petits tas de coton, de poids égaux, qu'elle jette sur la toile sans fin, au fur et à mesure qu'une nouvelle ligne de division se présente. Trois autres ouvrières, placées de chaque côté de la toile sans fin, étalent le tas de coton, de manière qu'un seul occupe toute la surface comprise entre deux divisions consécutives, d'où résulte une espèce de ruban grossier dont le poids est constant pour une longueur donnée. On conçoit facilement que, si les divisions, au lieu d'être inclinées, étaient transversales, il y aurait, à chaque division, solution de continuité dans le ruban, ce qu'on a dû chercher à éviter. De la toile sans fin d'arrière le coton passe entre les cylindres cannelés qui l'abandonnent au frappeur. Une fois ouvert et aéré par celui-ci, le coton retombe sur la toile sans fin d'avant, dont la vitesse est à peu près moitié de celle de la toile d'arrière. Il passe alors sous un tambour métallique, puis il arrive entre deux rouleaux en fer posés simplement l'un sur l'autre, et dont le poids suffit pour faire conserver au ruban la forme qu'il a prise sous le tambour métallique. De là, ce ruban vient s'enrouler sur un rouleau de bois, maintenu serré contre deux cylindres par des contrepoids. J'ai dit que les rouleaux alimentaires des frappeurs étaient cannelés. Les rouleaux alimentaires font huit tours par minute; et comme leur diamètre est de 0,038, ils donnent la valeur de huit fois leur circonférence, ou 0,953 de coton étendu sur la toile sans fin dans cet espace de temps. Sur chaque 2^m de coton, trois coups environ du bras du frappeur sont donc appliqués. Le second rouleau nourrisseur fonctionne en proportion moins vite; ainsi, pour chaque 2,4 coups du frappeur, il se présente seulement 2^m de laine de coton.

Le ventilateur est renfermé dans une caisse cylindrique. Les ailes ou vanes accomplissent de 420 à 450 révolutions par minute, et tandis qu'elles chassent avec force l'air au dehors, elles l'obligent à entrer dans le centre avec une égale vélocité. Un tuyau réunit ce centre à cette espèce de cage à écureuil. Les filaments sains du coton sont retenus par la surface de la grille de la caisse cylindrique, et il n'y a que les fragments rompus et la poussière qui puissent passer au travers.

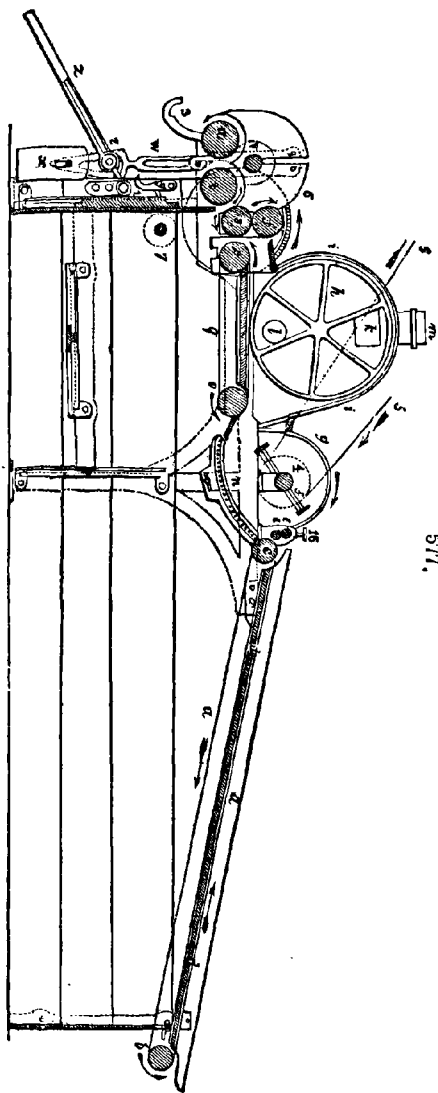
La fig. 577 représente une section du batteur-étaleur ainsi construit, machine qui peut préparer, en douze heures, jusqu'à 4300^k de coton.

La fig. 578 donne une idée de la première machine à frapper, qu'on ne trouve plus maintenant que dans les plus anciennes manufactures. AB est le drap alimentaire; GH et MN sont les deux châssis des frappeurs.

3^e CARDES. Le cardage est l'opération qui suit le battage du coton. Le cardage est le premier coup de main donné à la transformation des fils tortillés irrégulièrement en fils droits et parallèles, et le dernier accordé à la confection du ruban.

Aussi peut-on dire que le cardage est bien plutôt une liaison entre les opérations qui le précèdent et le suivent, qu'une troisième opération bien distincte. En sortant de la carder, le coton n'a plus besoin que d'être étiré et tordu pour former un fil.

La carder, considérée dans toute sa simplicité, se compose de deux peignes à dents opposés et se mouvant



577.

en sens contraire (voyez fig. 579, 580, 584), de telle façon que le fil se trouvant arrêté en son milieu par une dent du premier système, deux dents du second entraînent, de chaque côté, ses extrémités dans le sens de leur direction et les abandonnent, rendus ainsi parallèles, pour aller effectuer la même opération sur les fils qui suivent. La cardé, décrite ainsi sommairement, n'a donc pour effet que de plier en deux tous les fils du coton, et de leur donner la même direction.

Un système de cardes consiste en un tambour de bois animé d'une vitesse assez considérable, et armé de dents crochues d'autant plus fines et plus serrées que la matière à travailler est elle-même plus délicate. Tout près de ce tambour, et à une distance que l'on détermine, comme dans les batteurs, sont deux cylindres cannelés, entre lesquels est entraîné le ruban de coton sortant du batteur-étaleur.

Emporté par les dents du tambour, le coton reste accroché à ces dernières ; seulement, comme leur vitesse de rotation est assez considérable, la force centrifuge en éloigne tout ce qui n'y adhère pas immédiatement. Tangentiellement au tambour sont placées des plaques armées de dents crochues, égales à celles du tambour, mais dirigées en sens contraire. Ces plaques sont montées sur des pièces de bois, et constituent ainsi ce qu'on nomme les chapeaux de la cardé ; elles rencontrent le coton que la force centrifuge éloigne de la surface du gros tambour, et le peignent de la façon que nous venons de décrire.

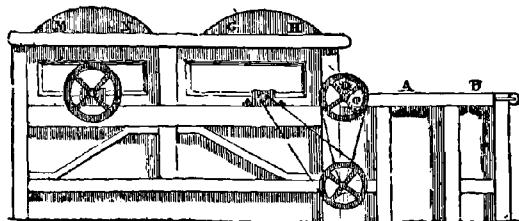
Quelques cardes sont faites entièrement de cylindres. Le gros cylindre ou tambour est entouré d'une série de plus petits nommés hérissons. Les cardes de ce genre sont seulement employées pour préparer le coton grossier, et la laine de mouton pour le fileur de laine. Les cardes à cylindres, si essentielles à la continuité et à la promptitude du travail des filatures de coton, sont l'ingénieuse invention de Lewis Paul, de Northampton ; mais c'est à sir Richard Arkwright que l'on doit les importantes améliorations qu'elles ont subies, et l'état de perfection où elles sont arrivées maintenant.

La fig. 582 représente une cardé d'une excellente construction, que l'on peut appeler *briseuse et finisseuse*, ou cardé double.

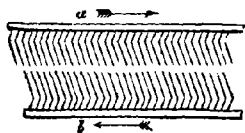
Les cardes simples, qui sont encore employées presque exclusivement dans la majeure partie des filatures, ont pour inconvénient d'exiger un second cardage de coton, parce que, afin de donner au ruban sortant une consistance suffisante pour l'étirage qu'elles doivent lui faire subir, elles traitent un peu trop de matière à la fois, pour que cette dernière soit douée en sortant de toutes les qualités qu'exigent les opérations subséquentes. Cependant, dans les bonnes filatures, il y a presque toujours deux séries de cardes, dont une grosse,

appelée cardé en gros, qui dispose le coton en une forte toison d'une grande épaisseur, laquelle vient s'enrouler autour d'un cylindre, et forme le ruban présenté à la seconde série de cardes, dont les dents sont plus fines de construction. Dans la fig. 582, les cylindres ont 420 centimètres de circonférence. *g* est un poids qui appuie sur l'axe du cylindre supérieur, et le fait appuyer sur le cylindre inférieur ; *f*, est la grosse cardé ou tambour ; *g g g*, l'axe formé par le dessus plat des cardes ; *h*, est le petit tambour du hérisson, que l'on a employé pour la première fois en France dans la filature d'Ourscamp. En *d*, il y a une porte qui permet au croc d'avoir accès dans l'intérieur de la machine, pour en retirer les ordures qui peuvent y être tombées.

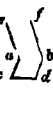
La fig. 583 fait voir comment on fixe le cuir des cardes (voir l'article CARDES pour leur fabrication) sur le tambour, et



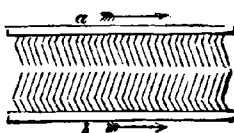
578



579



580.



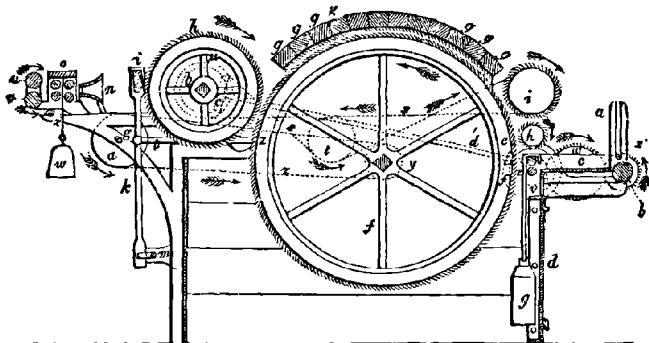
584.

pour rendre la démonstration plus claire, trois parties sont interrompues. Sur le côté de la caisse en fer du châssis, une rangée de fortes pointes de fer fixent les extrémités, et des clous à tête fixent les grands côtés des plaques de cardes, qui se fabriquent en bandes de 12 ou 13 centimètres de largeur. Le garnissage du gros tambour consiste de même en une série de plaques fixées de la même manière que celles des chapeaux, les unes à la suite des autres; d'où il résulte que la denture n'est pas continue, ce qui, d'ailleurs, n'est pas indispensable. Le placage du petit tambour s'effectue, au contraire, au moyen d'un seul ruban enroulé en spirale sur sa surface. Une fois les plaques des cardes fixées, il est très important de vérifier si elles portent bien tout entières sur le bois, car, s'il en était autrement, certaines dents ne tarderaient pas à se relever et à occasionner des *boutons* dans le coton. Ces boutons consistent en de petits amas de coton enroulé sur lui-même, qui adhèrent au ruban par des portions de filaments libres et résistent à l'action de toutes les machines des opérations suivantes. L'aiguillage des cardes se fait en mettant leurs extrémités en contact avec un cylindre garni d'émeri et ayant un mouvement alternatif dans le sens de l'axe.

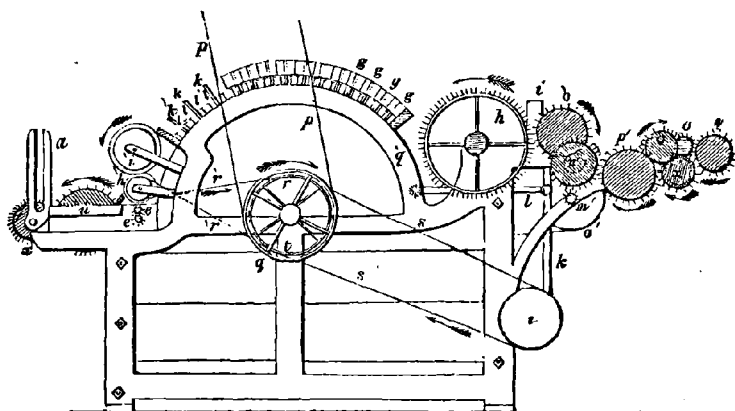
Le ruban est détaché du dernier hérisson au moyen du peigne *i*, denté en forme de scie, et qui reçoit de la tige *k* un mouvement de va-et-vient. On règle le peigne de manière à ce qu'il frise les dents du tambour sans les toucher.

On ne saurait accorder aux cardes trop de soins et de surveillance. Les rouleaux qui sortent du batteur-étaleur, et se placent derrière les cardes en gros, se déroulent rarement sur la toile sans fin d'arrière en un ruban continu; le plus souvent ils se séparent en deux parties, dont l'une continue à avancer, tandis que l'autre reste enroulée. Il s'en suit que, si l'on ne se hâte pas de rétablir la régularité, le ruban sortant diminue d'épaisseur dans la même proportion que celui entrant, d'où résulte une cause d'irrégularité pour le fil qui en sera formé. On obvie à cet inconvénient en plaçant derrière les cardes des ouvrières, spécialement chargées du renouvellement et de la surveillance des rouleaux alimentaires.

Au moment où il entre dans les cardes, le coton contient beaucoup d'impuretés, et il en laisse inévitablement une bonne partie aux chapeaux, pendant le peignage qu'il subit dans l'intérieur de la machine. Or, ces impuretés, si on les y laissait séjourner trop longtemps, pourraient s'accumuler en assez grande quantité pour être entraînées jusque dans le petit tambour, et s'en aller avec le coton cardé dans les machines à réunir. On évite cet inconvénient en nettoyant souvent les chapeaux. Pour cela, on les enlève l'un après l'autre,



582.



583.

puis on les dégarnit à la main de tout le coton qui est accroché après leurs dents. Il est aussi nécessaire de nettoyer de temps en temps les tambours. Pour effectuer cette opération, on arrête le mouvement de la cardes, en faisant passer la courroie sur la poulie folle; on enlève le ruban d'arrière, puis tous les chapeaux. On promène alors d'une main sur le gros tambour un râteau fait avec une vieille plaque de cardes montée sur un bâton, et de l'autre main on fait tourner le tambour. Le petit tambour se nettoie de la même manière.

Les mouvements des diverses parties de la cardes s'effectuent de la manière suivante. La courroie *pp* (fig. 583) qui descend de la poulie placée sur l'arbre principal, entraîne par le moyen de la poulie *q*, le tambour *f* (fig. 582) avec une vitesse de 420 à 450 révolutions par minute. Par une autre poulie *r*, placée sur l'axe du tambour, l'axe de *t* est tiré par la courroie *s* qui agit autour de la poulie. Cet arbre conduit le crochet et le levier mécanique du peigne dépeuilleur *i*. Une troisième poulie, du même diamètre que *r*, est placée en travers du châssis, à l'autre extrémité du tambour; et de là elle croise ou serre la courroie *r'* allant à une poulie placée sur le petit hérisson *h*, pour lui imprimer une rotation rapide. À l'extrémité opposée de la machine, le hérisson *h'* assure la fourniture régulière du ruban par la traction qu'il exerce sur le coton enroulé sur le rouleau; une poulie *y* sur le tambour, et une poulie *a*, reçoivent toutes deux leur mouvement de la courroie *z*. L'axe de *a*, supporté par un pignon *m'*, met en mouvement la poulie *u*; cette dernière, au moyen d'un pignon et d'une roue intermédiaire *o*, donne le mouvement à la roue *h* montée sur le cylindre dépouil-

leur, et fait tourner au moyen de la roue p' , une roue x . La roue dentée w du rouleau uni v' , et les deux roues dentées oo , agissent sur cette grosse roue. Le gros hérisson i est mis en mouvement, de la grosse poulie, par le moyen de la courroie s' et de la poulie w' ; ladite courroie s' est tendue par la poulie t' , autour de laquelle elle passe. Le mouvement des rouleaux cannelés e s'effectue au moyen d'une roue d'angle b' , qui agit sur une semblable roue c' , sur l'axe oblique d' du pignon e' . Ce pignon est placé sur l'extrémité inférieure du même axe qui met en mouvement la roue f sur le rouleau alimentaire de dessous.

Chacun des rouleaux alimentaires porte un pignon ce à une de ses extrémités, et c'est ainsi que le rouleau de dessus accomplit sa rotation avec celui de dessous. Le rouleau b est mis en mouvement par le moyen de sa roue x' , qui est mue par une roue v' , à l'autre extrémité du rouleau alimentaire de dessous, par l'intervention de la grande roue de support w' . Bien entendu que le mouvement de b doit être aussi rapide que celui des rouleaux cannelés e .

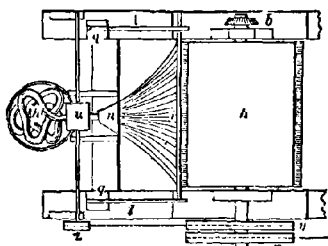
Le tableau ci-dessous donne les vitesses ordinaires des différents cylindres et rouleaux des machines à carder, vitesses pourtant qui ne sont pas invariables, et peuvent être modifiées suivant les circonstances en changeant les pignons e' , et w' , selon la qualité et la longueur du coton. La vitesse constatée dans la table s'obtient quand la poulie a' est plus grande que y , dans la proportion de 3 à 2, et lorsque les roues et les pignons ont le nombre suivant de dents : m' , 48 ; n' , 50 ; son pignon, 48 ; h , 428 ; x , 24 ; la grosse roue sur l'arbre de x , 37 dents ; la roue o du premier cylindre cannelé, 35 ; celle du second, 24 ; v' , 44 ; b' et c' , 54 ; e' , 40 ; f , 63.

NOMS DES PARTIES.	DIAMÈTRE en centim.	CIRCON- FÉRENCES en centim.	RÉVOLU- TIONS en minute	VITESSE par minute en mètres
Tambour f . . .	89	279,46	430	363,30
Dépouilleur h . . .	35,56	114,66	4,38	4,90
Coureur ou hérisson i'	45,87	49,83	5	2,50
Hérisson h'	8,9	27,94	470	434,32
Cylindres cannelés alimentaires . . .	2,96	9,30	0,696	0,07
Rouleau d'appel o . . .	2,54	7,98	68,74	5,48
Deuxième <i>dito</i> . . .	2,96	9,30	144,52	40,65
Rouleau poli de dé- charge	6,35	49,91	54,66	40,90

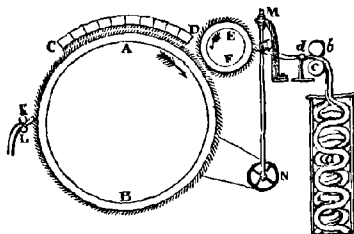
Le travail des hérissons h' et i' devient très clair, si l'on compare leurs vitesses entre elles et avec celle du gros tambour, en tenant compte de la direction des dents de la carder. Apportée des rouleaux alimentaires par le tambour, la laine de coton est saisie par les dents opposées du gros hérisson i' , dont la plus grande surface de rotation parcourt 2^m48 par minute. Le petit hérisson h' , qui parcourt 430 mètres par minute, arrache le coton des dents du gros hérisson ; puis il le repasse aux dents du tambour qui, en le portant plus loin, le transmettent aux dents des cardes de dessus. Cet échange rapide et réitéré des fils du coton, qui se fait entre les dents du tambour et celles des chapeaux, ne laisse pas que de les affaiblir d'une manière notable, et l'on peut dire qu'on détruit ainsi une partie des qualités du coton pour lui enlever ses défauts. Tel est le vice de la carder, vice qui ne disparaîtrait que par un autre système de cardage, où la chimie jouerait alors le rôle de la mécanique. Dans les

cardes simples, la vitesse du passage du coton entre les cylindres cannelés, varie entre 0^m,15 et 0^m,20 ; dans les cardes doubles, en supposant que l'on fasse deux cardages, cette vitesse varie entre 0^m,08 et 0^m,10. S'il n'y a qu'un seul cardage, elle est comprise entre 0^m,05 et 0^m,08. Cette diminution de vitesse, des cardes simples comparées aux cardes doubles, a pour but de les empêcher de se détériorer trop vite, ce qui nécessiterait des frais coûteux. Pour les cardes simples, le poids du mètre courant de coton traité par une carder pendant ce temps est comprise 0,15 et 0,20 de 425 à 450 gr., c'est-à-dire que cette quantité est de 48 gr. au moins et de 30 gr. au plus, soit 25 gr. en moyenne par minute, ou 4^h,500 par heure.

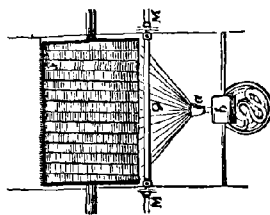
La fig. 584 est un plan de la carder et de la toison qui fait voir la manière dont est recueilli le ruban sortant de la carder ; h est le cylindre ; n , le tuyau ; u , les rouleaux de pression ; et h' , les extrémités du ruban de carder.



584.



585.

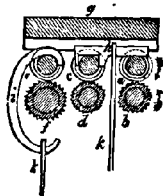


586.

Les fig. 585 et 586 représentent le bâti des anciennes cardes, de manière à faciliter l'intelligence de ces machines compliquées. La fig. 586 est un plan : F , est le tambour principal ; MM , le couteau ou peigne dépouilleur ; G , la toison cardée, introduite par le tuyau a , pressée entre les rouleaux b , et tombant ensuite en minces filets dans son pot. Dans la fig. 585, AB , le tambour de la carder ; C , D , les sommets ; EF , le tambour à dépouiller ; MN , le peigne dépouilleur ; d , b , c , ruban carder passant entre les rouleaux de pression dans le pot a .

Dans la majeure partie des filatures, on emploie encore les cardes simples; mais avec elles, on est toujours obligé de carder une seconde fois le coton, parce que afin de donner au ruban sortant une consistance suffisante pour l'étirage qu'elles doivent lui faire subir, on leur fait traiter un peu trop de matière à la fois pour que celle-ci possède en sortant toutes les qualités que réclament les opérations suivantes. Dans les numéros élevés, où le prix de vente laisse de la latitude, les frais notables de ce deuxième cardage se supportent aisément, et d'ailleurs il est impossible de s'en dispenser. Pour les gros numéros, bien des filateurs trouvent le moyen d'éviter le second cardage, et peuvent ainsi baisser les prix de leurs cotons filés et les écouler, malgré leur infériorité, avant ceux qui ont subi le double cardage. Grâce à la cardé double qui, travaillant sur une large double de coton, permet d'en diminuer de moitié la vitesse d'entrée, sans que la ténacité et l'épaisseur du ruban de sortie diminuent en rien, plusieurs filateurs peuvent lutter, sinon avec avantage, du moins sans éprouver de perte sensible, avec le mode économique de fabrication dont nous venons de parler.

4° ÉTIRAGE. L'étirage et le doublage sont les opérations qui suivent le cardage. La production des cardes étant très peu considérable, le ruban qui en sort est d'une épaisseur très petite par rapport à celui qui entre. Comme il doit servir à composer un ruban de même densité que celui dont il provient, pour passer des cardes en gros sur les cardes en fin, on est dans l'usage de placer toutes les cardes de même espèce sur une seule ligne droite et de recevoir leurs rubans dans un même canal. Marchant les uns à côté des autres dans ce canal, ces rubans n'en font plus qu'un seul qui va s'enrouler sur une machine, dite machine à réunir, où il subit un léger étirage qui contribue à donner de la cohésion aux rubans constituants. L'étirage de la machine à réunir, comme tous les étirages de la filature en général, s'effectue au moyen de deux paires de cylindres cannelés, distants de centre en centre d'une longueur un peu plus grande que celle des fibres du coton, et dont le deuxième système est animé d'une vitesse plus grande que le premier par lequel entre le coton; ensuite ce dernier passe entre deux rouleaux de pression qui rapprochent les filaments les uns des autres, et va s'enrouler sur un rouleau analogue à celui du batteur-étoileur. Supposons (fig. 587) que *a* et *b* représentent la section de deux rouleaux placés l'un sur l'autre, se touchant avec une pression réglée et tournant sur leurs axes; ces rouleaux prendront le ruban floconneux qui leur sera présenté en *a*; ils l'attireront entre eux et le rendront parfaitement compact. La longueur du ruban qui



587.

aura passé dans un temps donné sera égale à l'espace parcouru dans le même temps par un point de la circonférence du rouleau, c'est-à-dire à la circonférence d'un des rouleaux multipliée par le nombre de ses révolutions. La même chose a lieu entre les deux autres rouleaux *c* et *d*, et les troisièmes *e* et *f*. Ainsi ledit ruban sort de la troisième paire de rouleaux, tel exactement qu'il est entré en *a*, pourvu que la rapidité de rotation de tous les rouleaux soit la même; mais si la rapidité de *c* et *d* est plus grande que celle de *a* et *b*, les deux premiers rouleaux donneront plus de longueur de ruban que les derniers n'en reçoivent et n'en transmettent. La conséquence ne peut donc être autre en ces circonstances qu'un étirage ou allongement régulier du ruban dans l'intervalle qui sépare *a* et *b*, et *c* et *d*, et une condensation des filaments qui glissent les uns sur les autres, pour prendre des directions droites et parallèles. L'étirage peut de même se répéter en don-

nant aux rouleaux *e* et *f*, une rapidité plus grande que celle de *c* et *d*. Cette augmentation de vitesse peut être produite soit en agrandissant le diamètre, ou en augmentant le nombre de tours, soit enfin des deux manières à la fois. En général, la machine à étirer est faite de telle façon que l'allongement principal a lieu entre la deuxième et la troisième paire de rouleaux, tandis qu'il n'est que peu sensible et seulement préparatoire entre la première et la seconde. En outre, il est à remarquer que la rapidité des deux rouleaux du milieu ne peut exercer aucune influence sur l'extension du ruban, pourvu que la rapidité de la première et de la dernière paire reste la même. Les rouleaux *a* et *b*, *c* et *d* conservent toujours vis-à-vis les uns des autres la même position, mais ils peuvent être séparés plus ou moins, avec leur entourage, de la troisième paire *e* et *f*, selon la qualité du coton.

La distance du point central de *b* et *d*, ou sa ligne de contact avec le rouleau supérieur, est calculée de façon qu'elle excède la longueur des filaments de coton; ces filaments ne courent donc jamais le risque d'être déchirés par la seconde paire qui les tire lorsque la première les tient serrés. Entre *d* et *f*, où a lieu la plus grande extension, la distance doit être aussi petite que possible, afin que l'uniformité soit plus complète. Si les distances entre *d* et *f* sont très grandes, le ruban qui y passera devient plus mince et se cassera peut-être dans le milieu; ce qui nous prouve que plus la partie soumise à l'étirage est courte, et plus les rouleaux sont rapprochés les uns des autres, en les supposant cependant assez éloignés pour ne pas casser les fibres du coton, plus l'étirage se fait d'une manière égale.

Les rouleaux de dessous *b*, *d*, *f*, sont en fer; leurs surfaces sont formées de cannelures triangulaires parallèles à l'axe; ce qui fait qu'ils peuvent tendre et serrer davantage les filaments. Les rouleaux de dessus *a*, *c*, *e*, sont aussi de fer, mais leurs surfaces sont unies et recouvertes d'une double enveloppe, ce qui leur donne un certain degré de mollesse et d'élasticité. La première enveloppe se compose d'une toile de flanelle dont les extrémités sont cousues ou collées, et par dessus on applique une couverture de cuir. Les rouleaux de dessus sont quelquefois appelés presseurs, parce qu'ils pressent au moyen de poids ceux qui sont dessous. Ces poids sont suspendus à de minces baguettes *k*, *k'*, au moyen desquelles le premier opère sur le rouleau *e* seul, le dernier sur les deux rouleaux *c* et *a* simultanément. Pour cela, le premier poids est suspendu à une courbe *i*, dont l'extrémité crochue embrasse le rouleau *e*; le second a un coussinet de bronze *h*, qui appuie sur *a* et sur *c*. Cette pression force les cylindres presseurs à accompagner les cylindres cannelés dans leur rotation et à empêcher le coton de glisser entre eux, ce qui aurait pour conséquence de rendre l'étirage irrégulier. De plus, ces cylindres sont recouverts de chapeaux garnis intérieurement de peaux à poils courts ou de velours de laine, dont les fonctions sont d'arrêter tous les filaments de coton qui se détachent du ruban et s'enroulent sur les cylindres de pression. Afin de rendre ces chapeaux plus efficaces, on est dans l'usage de les frotter avec du blanc d'Espagne, ce qui ne laisse pas que de détériorer sensiblement la couverture des cylindres de peau. Il faut nettoyer les cylindres étireurs avec le plus grand soin. Au moins une fois par semaine, il faut les démonter pour frotter les cylindres cannelés et enlever l'huile de toutes les parties; il est aussi nécessaire de soulever, tous les jours, les chapeaux plusieurs fois, de les dégarnir de coton et de frotter les cylindres de pression.

L'étirage qui se produit ainsi par suite de l'augmentation successive de vitesse des couples de cylindres, ne peut se prolonger longtemps sans que l'épaisseur du fil ne devienne tellement faible que ce dernier

ne puisse plus résister et se rompe. Il faut donc prévenir cet inconvénient en doublant le coton, ce qui permet de recommencer l'étirage un nombre infini de fois. Le doublage se fait généralement de la manière suivante. On compose un banc d'étirage de six têtes, c'est-à-dire qu'il peut étirer six rubans à la fois. Chaque tête est formée de quatre à six couples de cylindres étireurs; ces quatre couples sont rapprochés deux par deux à la distance voulue par la longueur de la fibre du coton, c'est-à-dire le premier avec le second, le troisième avec le quatrième. La distance entre le deuxième et le troisième est d'environ 20 cent., afin que la manœuvre soit plus facile, et la vitesse du troisième ne dépasse que de très peu celle du deuxième. Chaque laminoir n'étire, pour ainsi dire, que deux fois le coton qui le traverse. Les rubans sortants passent entre deux rouleaux d'appel et descendent dans un couloir qui les conduit à une machine à réunir. Les étirages sont combinés de telle sorte que la somme des rubans sortants présente la même épaisseur de ruban que chacun des rubans placés derrière. Le nombre des passages aux laminoirs est déterminé par le numéro du fil que l'on veut obtenir, numéro toujours en rapport avec la longueur des filaments du coton que l'on traite. Le doublage a encore l'avantage d'influer puissamment sur l'homogénéité des fils; je veux parler de la compensation qu'il amène indubitablement entre les variations d'épaisseur qui se sont manifestées dans les rubans pendant le travail des cardes.

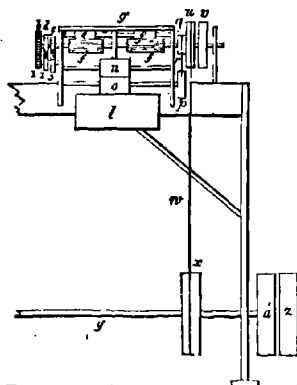
Un exemple fera facilement comprendre toute la valeur du procédé du doublage pour obtenir des fils parfaitement réguliers. Le premier laminoir réunit huit rubans de cardé en un seul qu'il étend et égalise, comme aussi il range les fibres constituantes en lignes parallèles. Le second et le troisième laminoir vont plus lentement; ils tirent du premier leur approvisionnement en rubans; et si l'on fait un quatrième, un cinquième, un sixième étirage (ce qui a quelquefois lieu pour le filage en fin), les doublages se montent ensemble au produit $8 \times 4 \times 7 \times 6 \times 6 \times 6 = 48,384$. Dans le filage du gros fil, il suffit de trois doublages successifs, ce qui donne la réunion de 324 rubans dans le ruban final. Dans le filage en fin le doublage des fils se monte quelquefois à soixante-dix mille fois pour parvenir à une parfaite uniformité dans le fil achevé. On peut se faire, d'après cela, une idée du rôle important du laminoir dans la filature du coton.

La forme du banc d'étirage, comme elle est vue en coupe dans la fig. 588, et par derrière dans la fig. 589, n'a besoin, après les détails ci-dessus, que de peu d'explications pour être comprise. *l, l*, sont les poids qui appuient sur le dessus des rouleaux, appuyant eux-mêmes sur ceux de dessous, par le moyen des baguettes *k, k'*, et du crochet *i*. Chaque rouleau cannelé est, ainsi que le représente le dessin au point *f*, pourvu à ses deux extrémités d'une partie mince et unie. La grosse poulie *u*, au moyen de laquelle toute la machine est mise en action, reçoit son mouvement par le moyen de la courroie *w*; *v* est la poulie folle. Les extrémités des rubans de cardé, au nombre de six généralement, sont introduites sur le banc d'étirage au moyen de pots d'étain, placés en *e, e*, et en *A*. L'ouvrier a le plus grand soin de réunir les extrémités des rubans qui viennent à casser, après avoir arrêté la machine en glissant la courroie de communication sur la poulie folle.

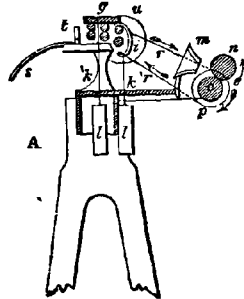
5° **TORDAGE.** La fig. 590 est une section du châssis appelé lanterne tournante, ingénieuse invention de Arkwright, et qui était encore, il y a 44 ans, la machine principale pour communiquer la torsion nécessaire au ruban fourni par le banc d'étirage. Ce châssis consiste en deux paires de rouleaux *a* et *b* entre lesquels le ruban est étendu; *c* sont les brosses pour nettoyer les rouleaux; *d* le poids qui presse la partie supérieure sur la partie inférieure.

La vitesse de rotation de la surface de la seconde paire de rouleaux est 3, 4 ou 5 fois plus grande que celle de la première

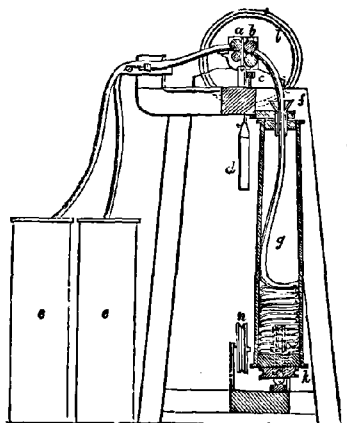
paire. Deux rubans étirés sont généralement réunis en un seul au moyen de cette machine, et ils viennent des deux pots *e, e*. Le ruban, en sortant de ces rouleaux, est conduit dans la lanterne ronde ou conique *g*, terminée au sommet par le tuyau *f*. Cette lanterne reçoit son mouvement au moyen d'une corde passant sur une poulie *k*. MM. Cocker et Higgins de Salford ont eu le grand mérite de remplacer par l'appareil suivant, dit *banc à broches*, ce mécanisme beau, mais defectueux, et qui avait tenu une place importante dans toutes les filatures de coton, dès le début de la fabri-



588.



589.



590.

cation, comme moyen de donner au fil une première torsion après le premier étirage.

La fig. 591 représente une vue de derrière de cette machine ingénieuse, et la fig. 592 une section de quelques parties peu visibles dans la première figure. Du reste, l'espace réservé à la filature dans ce Dictionnaire ne nous permettant pas de décrire dans tous ses détails une machine aussi compliquée que le banc à broches, nous nous contenterons de rendre un compte sommaire de ses principales fonctions. C'est par le derrière de la machine que le coton est introduit entre les cylindres étireurs. Les bobines remplies de coton, sont placées

COTON.

dans des rangs parallèles, ainsi que le représente la fig. 592. Le ruban de chaque pot ou les rubans réunis de deux pots contigus sont conduits en haut, le long de la planche inclinée *f*, entre les triplos paires de cylindres étireurs, employés habituellement, et dont la première paire est indiquée par *aa*. Dans la

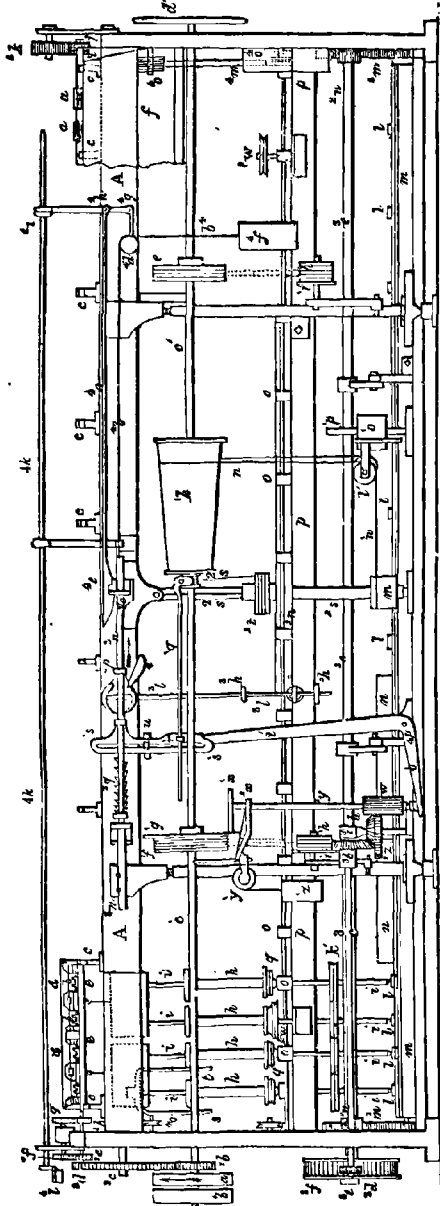
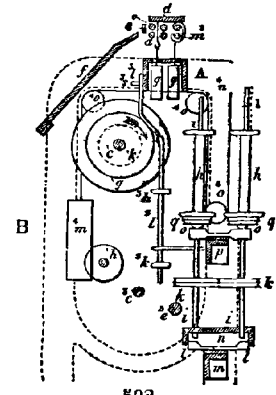


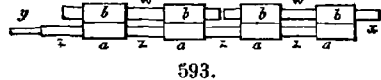
fig. 591, afin de simplifier le dessin, on a omis la plupart de ces rouleaux, ainsi que les parties qui leur sont subordonnées. Lorsque les rubans ont subi le degré d'extension nécessaire, entre les cylindres, ils se dirigent vers les broches *i, i*, où ils sont tordus convena-

COTON.

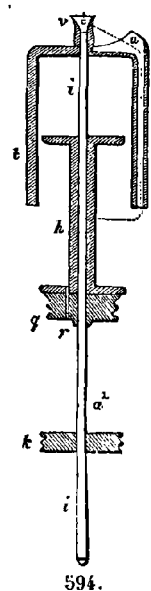
blement avant de s'enrouler sur les broches *h, h*. Les rouleaux cannelés *a, a* sont faits de quatre pièces, ainsi qu'il est représenté dans la fig. 593.



592. des broches tournent dans des crapaudines fixes de position, tandis que les bobines sont montées sur un appareil,



593. décrivant un mouvement rectiligne alternatif vertical, qui permet à ces dernières de présenter d'une façon régulière aux extrémités des ailettes des surfaces nouvelles à couvrir, au fur et à mesure que le coton s'enroule.



594. On conçoit facilement maintenant que si le nombre de tours des broches, dans un temps donné, est le même que celui des bobines, les vitesses angulaires étant égales, les mêmes points des broches restent dans les mêmes plans méridiens avec les mêmes points des bobines, et l'enroulement est nul. Il est encore évident que si, les broches restant fixes, les bobines tournent, il y aura enroulement du coton sur les bobines de toute la longueur parcourue par un point quelconque de leur circonférence. Quant au coton, il n'est pas tordu, car il n'a fait que se présenter tangentiellement à la surface cylindrique de la bobine, perpendiculairement aux génératrices. Supposons maintenant que les bobines restent fixes, les broches tournent. Il y a alors d'abord enroulement du coton sur les bobines, de toute la longueur de circonférence à la bobine correspondant à la longueur angulaire parcourue par l'extrémité de l'ailette; et ensuite, torsion du ruban en fil, parce qu'en entrant par l'axe, il a tourné sur lui-même de la même quantité que les broches. Si les broches et les bobines tournent en même temps et dans le même temps, il est facile de régler leurs vitesses de rotation, de telle sorte que la quantité de coton enroulée dans un temps donné soit constante pour une même circonférence de la bobine. Mais ce n'est plus sur une circonférence donnée qu'il faut enrouler le coton, mais bien sur des circonférences dont le diamètre augmente à chaque couche dé-

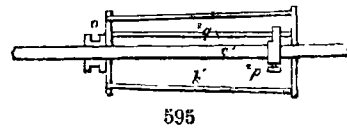
posée sur la bobine. Si donc il est une vitesse de rotation convenable des broches et des bobines, pour enrouler, d'une quantité constante sur une circonférence déterminée, il est aussi nécessaire qu'il y ait autant de vitesses de rotations différentes, pour continuer l'enroulement, que la bobine peut supporter de couches de coton.

Supposons que les rouleaux d'étirage fournissent, en 40 secondes, $1^m,14$ de ruban, et que cette longueur reçoive 30 torsions. Les broches doivent en conséquence exécuter 30 révolutions en 40 secondes, et les bobines doivent tourner avec une telle célérité, qu'elles puissent dévider les $1^m,14$ en 40 secondes. La vitesse effective des bobines, dont la partie cylindrique a une circonférence de $0^m,144$, sera ainsi de $30 \div 40 = 40$ tours en 40 secondes. Lorsque par suite de l'enroulement du coton sur les bobines, celles-ci auront acquis un diamètre double de leur diamètre primitif, elles se couvriront à chaque tour d'une longueur de coton égale à $0^m,228$, conséquemment $1^m,14$ en 5 tours. Leur vitesse sera donc réduite à $30 \div 5 = 35$ tours en 40 secondes. En général, le nombre de révolutions que les bobines doivent faire de plus que les broches, diminue à mesure que leur diamètre s'agrandit par l'effet de l'enroulement du coton. La vitesse des bobines doit rester égale durant tout le temps de la descente ou de la montée sur la broche, et elle doit diminuer au moment où l'on change la direction de l'un ou l'autre de ces mouvements.

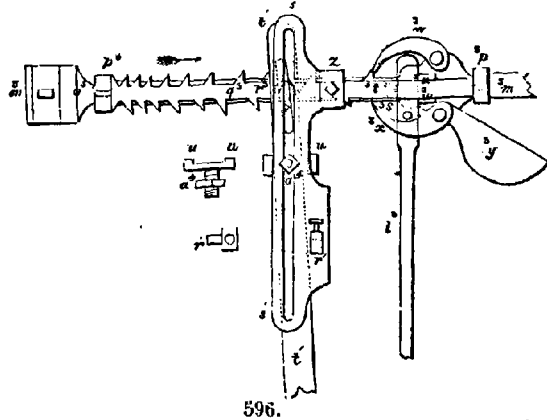
Les mouvements des cylindres étireurs, des broches et des bobines s'exécutent de la manière suivante. L'arbre c' , fig. 594 et 592, s'étend sur toute la longueur de la machine. Il est monté sur une roue indépendante d' , et mis en mouvement par une courroie de la poulie portant sur l'arbre du milieu, courroie qui fait agir la poulie a' . b' est la poulie folle sur laquelle la bande vient se placer quand le mouvement de la machine cesse. En dedans de la poulie a , mais de l'autre côté du châssis, l'arbre c' porte une roue dentée b^2 de 50 dents, laquelle au moyen de la roue c^2 intermédiaire fait agir la roue d^2 sur l'arbre prolongé à partir du cylindre cannelé le plus en arrière (fig. 594). Cette roue d^2 a habituellement 54 dents, mais elle peut être modifiée à volonté, selon que le coton doit recevoir plus ou moins de tors. Sur le même arbre, outre d^2 , est fixé un pignon e^2 de 32 dents, qui agit sur une roue f^2 de 72 dents. De l'autre côté du châssis, un pignon g^2 , qui a ordinairement de 24 à 28 dents, régularise l'étirage; il travaille sur une roue h^2 ayant 48 dents, et placée à l'extrémité du dernier cylindre cannelé a . L'autre extrémité du même rouleau porte un pignon i^2 , pourvu de 26 dents, lequel, par le moyen de la grande roue k^2 intermédiaire, met en mouvement le pignon i^2 de 22 dents monté sur le cylindre du milieu.

Quoique provenant de l'arbre c' , le mouvement de rotation des bobines est indépendant de celui des broches, et il en diffère, car il diminue sans cesse. On parvient à ce résultat au moyen du tambour conique mobile, d'une poulie et d'un plateau de friction, dont les fig. 595 et 596 peuvent donner facilement une idée. Le plateau circulaire est monté sur l'arbre des broches, et une poulie montée sur un arbre vertical roule tangentiellement à ce tambour avec la faculté de monter et de descendre suivant la position du peigne. Il en résulte que la vitesse de rotation de cette poulie est d'autant plus grande que la distance de son point de contact au centre est plus considérable. La poulie de friction sert ainsi à régler la vitesse des crémaillères au moyen desquelles le chariot des bobines monte et des-

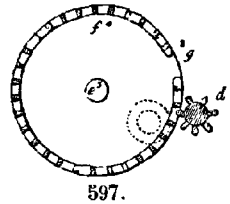
cond. Le tambour, mu aussi par le peigne, présente des diamètres convenables à la rotation des bobines comme



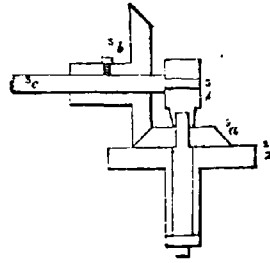
595



596.



597.



598.

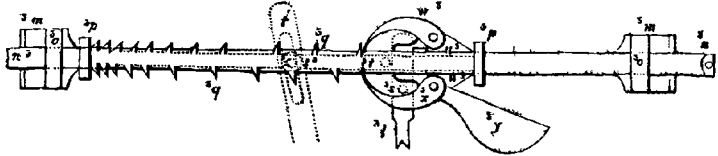
dans le banc à broches à mouvement différentiel. Comme le temps employé à déposer une couche de coton sur les bobines augmente avec le diamètre de ces dernières, il faut que la vitesse d'élevation du chariot diminue proportionnellement à ce temps. Dans la figure 597, la roue f^2 , au moyen de laquelle se transmet le mouvement rectiligne vertical alternatif, est indiquée avec son pignon d^2 qui engrène alternativement en dedans et en dehors. Ainsi, par le mouvement uniforme de d^2 et de ses dépendances, la roue f^2 , avec son arbre e^2 , tourne alternativement de droite à gauche. La fig. 598 représente le pignon conique a^2 et ses dépendances construits sur une plus grande échelle. Les fig. 599 et 600 acheveront de faire comprendre comment le tambour conique effectue son mouvement.

Quand on connaît le diamètre des bobines vides, et combien de tours elles doivent faire dans un temps donné pour dévider la tranche fournie par les cylindres cannelés et par les broches, il est facile de trouver le diamètre que le cône doit avoir pour produire ce nombre de tours. Ce diamètre est celui de la plus grande périphérie de la base. Dans la machine que nous venons de décrire, chaque broche peut dévider en 42 heures de $0^m,270$ à $0^m,370$ de coton de la finesse de $1 \frac{1}{2}$, mesure anglaise. Une personne peut surveiller deux métiers, réunir les fils cassés et remplacer les bobines pleines

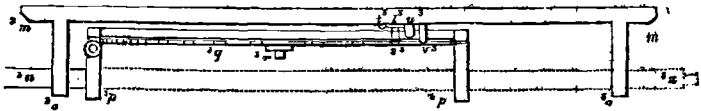
par des vides. Le déchet du coton consiste dans les parties provenant de la rupture des fils, et doit être reporté à la machine à battre.

Le banc à broches en fin ne diffère pas absolument de la machine précédente ou banc à broches en gros. Celle-ci reçoit les rubans sortant du dernier laminoir; celle-là sert pour les numéros à partir de cinquante. Le tors que l'on donne au coton dans les bancs à broches est d'autant moindre que la grosseur du fil est plus considérable. Il en résulte que, dans le banc à broches en gros, la vitesse des broches est infiniment moindre que dans le banc à broches en fin. C'est pourquoi, afin de produire la même longueur de coton dans le même temps, sur le premier comme sur le second, on est obligé d'imprimer aux bobines une vitesse plus grande que celle des broches. Quant au tors que l'on donne au coton, il est en moyenne de 4 tour par centimètre pour le banc à broches en gros; de 1,5 pour le banc à broches intermédiaire, et de 2 tours pour celui en fin. Du reste, le banc à broches en fin n'existe que depuis quelques années; et jusqu'à cette époque, on n'employait que le métier en gros de 464 broches environ. Ce métier recevait le coton du banc à broches en gros ou du banc à broches intermédiaire; et il avait sur le métier en fin plusieurs avantages: d'abord il coûtait moins cher, et ensuite il produisait davantage. Il est vrai de dire aussi qu'il exigeait plus de main-d'œuvre et donnait un coton moins régulier.

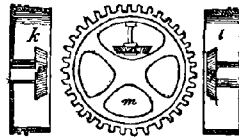
tambour cylindrique est fait de deux pièces *k* et *l* et monté sur l'arbre avec une roue dentée *m*. On comprend facilement la disposition des trois parties qui



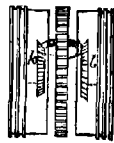
599.



600.



602.



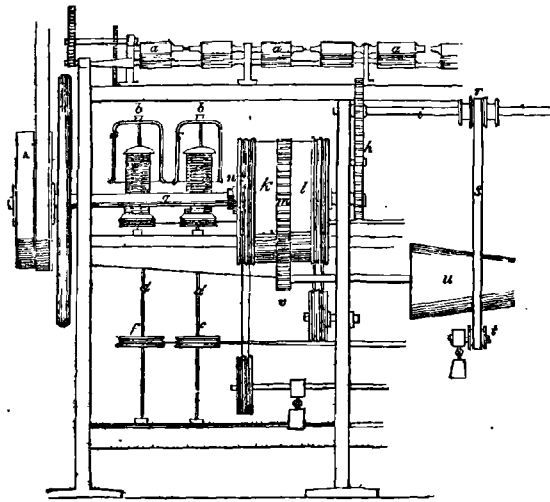
603.

composent ce tambour en jetant les yeux sur les fig. 602 et 603, où elles sont représentées séparément. Une partie du tambour est fixée avec sa poulie *l* à l'arbre *g*; mais l'autre partie avec

sa poulie *k* et la roue dentée *m* glisse librement en tournant sur l'arbre *g*; et lorsque ces deux parties sont amenées en contact et retenues par un collet fixe *n*, ainsi qu'on le voit dans la fig. 604, elles forment deux poulies distinctes destinées, l'une à mettre en mouvement les broches, l'autre à faire agir les bobines. L'arbre principal *g* étant mis en mouvement, comme il a

été dit plus haut, le système de roues *h*, qui en dépend, fait tourner l'arbre *i*, lequel est muni à son extrémité d'un pignon qu'on ne voit pas dans la figure, et qui met en mouvement toute la série des cylindres étireurs *a a a*. Sur l'arbre *i* est une poulie mobile *r*, portant une courroie *s*, qui vient s'enrouler en bas sur la poulie de tension *t*, tenue tendue par un poids. Cette courroie *s*, dans son mouvement de rotation, se trouve en contact avec le tambour conique *u*, et l'entraîne dans sa rotation; tandis que la poulie *r*, par un mécanisme qui n'est pas indiqué dans la figure, glisse le long de l'arbre *i*. Ce mouvement de la poulie *r* a pour but de faire passer progressivement la courroie *s* du plus petit diamètre du tambour au plus grand, afin que la vitesse de rotation diminue graduellement à mesure que les bobines s'empressent par le dévidage des fils.

6° MÉTIER EN FIN. La fig. 604 donne une coupe verticale du métier continu, qui fut l'invention primitive de la filature de la chaîne par procédé mécanique, appelé *throstle* en anglais, dont nous avons déjà parlé au commencement de cet article. Cette machine est double, et possède de chaque côté de son chariot un rang



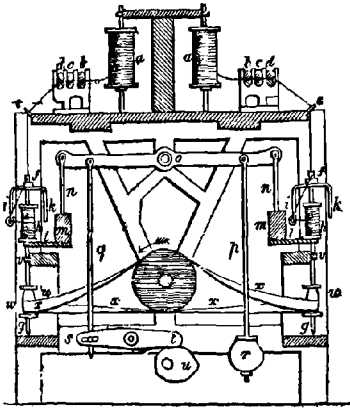
604.

de broches avec toutes leurs dépendances. Les bobines remplies de coton sont dressées en *u a*, sur deux rangs. *b, c, d*, sont les trois paires ordinaires de cylindres étireurs. Le mouvement de toute la machine provient de l'arbre d'un tambour horizontal qui fait tourner les broches, au moyen des bandes sans fin *x x*. Chaque broche est munie à son extrémité inférieure d'un barillet *w*, qui fait tourner une courroie particu-

de broches avec toutes leurs dépendances. Les bobines remplies de coton sont dressées en *u a*, sur deux rangs. *b, c, d*, sont les trois paires ordinaires de cylindres étireurs. Le mouvement de toute la machine provient de l'arbre d'un tambour horizontal qui fait tourner les broches, au moyen des bandes sans fin *x x*. Chaque broche est munie à son extrémité inférieure d'un barillet *w*, qui fait tourner une courroie particu-

COTON.

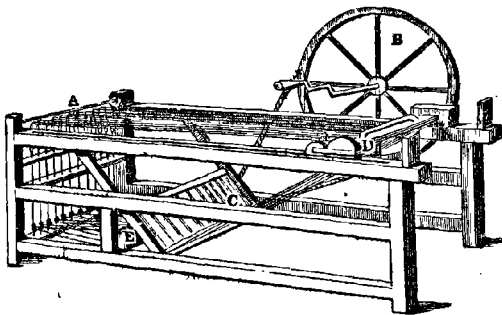
lière qui agit aussi sur le tambour *g*. Les vitesses de rotation des trois cylindres étireurs sont dans la proportion suivante : 4 : 4 1/2 : 8 ; et comme les diamètres



604.

sont les mêmes, c'est-à-dire de 25 mill., l'allongement du fil pendant le filage sera de 20 cent. Si, par exemple, le tour était de 4 1/2, le fil atteindrait le n° 36. La tension du fil, d'ailleurs, peut être modifiée en changeant les roues des cylindres étireurs. Supposons, en effet, que la roue à 48 dents des cylindres de derrière soit remplacée par une roue à 46 dents, l'allongement du fil ne s'élèvera plus dans ce cas qu'à 7 1/2 fois, et le numéro du fil sera de $32 = 7 \frac{1}{2} \times 4 \frac{1}{2}$. Une jeune fille et une aide qui rattache les fils, suffisent pour le service de 240 broches dans deux doubles *throsts*. Quant à la quantité de fil expédié dans une semaine de 69 heures, elle est d'environ 24 écheveaux pour chaque broche de torsion de 30, et ce fil est d'une qualité de filé très propre aux chatnes de futaine et autres étoffes fortes, aussi bien qu'à la manufacture de bas et au fil à coudre. On compte plusieurs modifications du système *throsts*, et nous citerons, parmi les plus vantées, celle de Dausforth, appelée *throsts* américain, ainsi que celle de Montgomery et de Gore (voir l'ouvrage d'Andrew Ure sur la fabrication du coton filé dans la Grande-Bretagne).

Le métier généralement adopté pour la filature en fin et surtout pour la filature du fil de tramé est celui à travail intermittent, connu sous le nom de *Mull-Jenny*. La fig. 605 représente la *Jenny* de Hargreaves, avec laquelle



605.

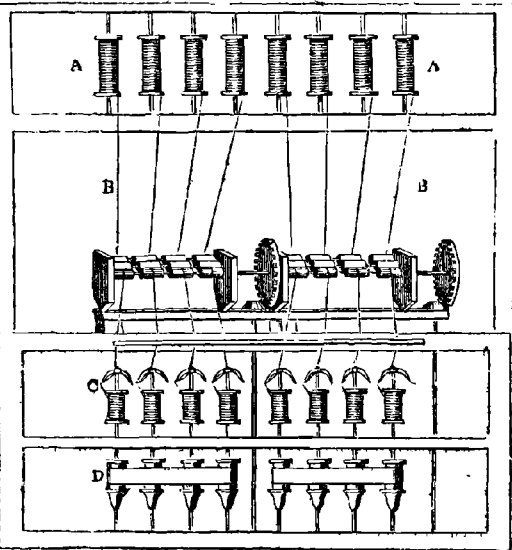
une personne était en état de filer de 16 à 40 fils à la fois. Le métier à travail continu, soit à bro-

COTON.

ches horizontales, soit à broches verticales, quoiqu'il paraissent devoir être la conséquence des perfectionnements apportés dans la filature, se trouve, au contraire, antérieur au *Mull-Jenny*, qui l'a remplacé. Rien de plus simple à expliquer, car le *Mull-Jenny*, à nombre de broches égales, coûte moins cher d'acquisition,



606.



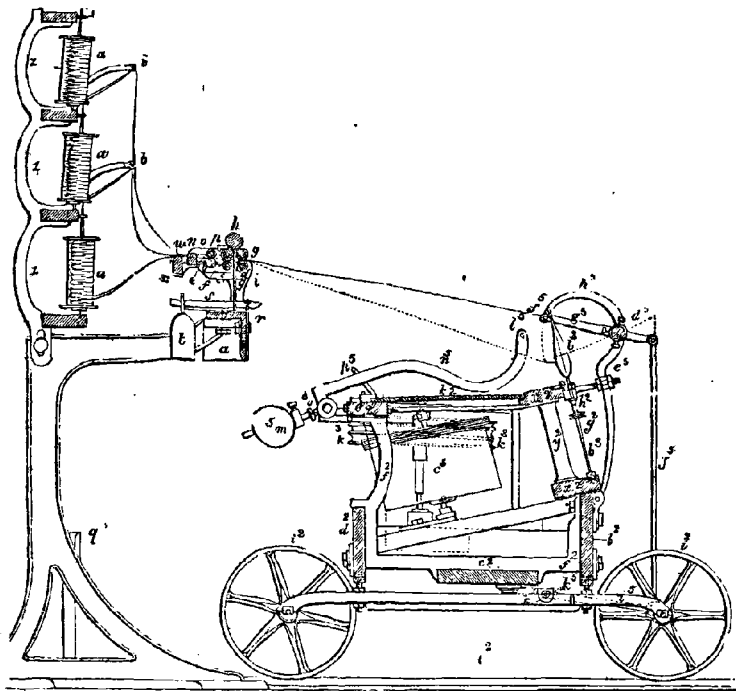
607.

donne beaucoup plus de produit et exige moins de vitesse pour le tors, parce que ce dernier s'effectue non seulement pendant la marche de la machine, mais encore quand elle est au bout de sa course. On peut voir, par la fig. 606, combien le rouet primitif à coton de l'Inde diffère de cet admirable système, dont le *waterframe* primitif d'Arkwright, représenté dans la fig. 607, est, pour ainsi dire, le complément. Avec le *mull*, un ouvrier peut filer dans un jour plus de fils et d'une plus belle qualité, que 200 des fileurs indiens les plus diligents ne pourraient le faire avec leur appareil imparfait.

La fig. 608 est une section transversale d'un *Mull-Jenny*. Cette machine consiste en deux parties principales : l'une fixe, et l'autre mobile. Le châssis de la partie fixe consiste en deux montants droits, et deux ou plusieurs supports parallèles, sur lesquels est placé le rouleau-barre hori-

zontal. *b, c, d*, sont les trois rangs de cylindres de fer cannelés; *e, f, g*, les cylindres supérieurs couverts de cuir; *h, i*, les rouleaux de bois, garnis de flanelle. Les brochettes sur lesquelles sont montées

sa course il fait partir une détente, et son mouvement cesse ainsi que celui des laminoirs. Le fileur, s'il trouve que la mèche n'est pas assez tordue, laisse faire plusieurs tours à la roue, puis renvide, c'est-à-dire ramène



608.

les bobines contenant le coton se voient en *a, a, a*, disposées sur trois rangs, dans les intervalles *x, x, x*. Les fils provenant de ces bobines, passent, avant de se diriger vers les cylindres étireurs, à travers des œillets situés aux extrémités des bras de métal *b*, puis à travers le guide *w*, et ils sont saisis par la paire de rouleaux de derrière. Le nombre de ces bobines est égal à celui des broches du *Mull-Jenny*, et deux fois aussi grand que le nombre des parties cannelées des cylindres, car deux fils sont traités à la fois par chaque partie cannelée.

Le chariot est formé de deux montants en fonte, et de plusieurs pièces semblables, telles que *f²*, qui sont toutes attachées aux plaques *b², c², d²*. Ce chariot roule, au moyen de deux roues en fonte, sur le railway en fonte *f²*, qui est fixé sur le plancher. Les broches sont debout sur le chariot dans le châssis, qui consiste en deux rails obliques *x², x²*, maintenus entre eux par les barres transversales *y²*, et qui peut être placé plus ou moins obliquement. *c²* sont des tambours montés sur un plan qui est à angle droit avec celui des broches. Ils ont en haut une double gorge pour laisser passer une corde, et ils communiquent aux broches le mouvement qu'ils reçoivent d'une grande roue qui n'est pas visible dans la figure. Un semblable tambour est affecté à chaque groupe de broches; par conséquent un *mull* de 480 broches contient 20 tambours.

Une seule courroie ou corde sans fin venant de la poulie *k²*, donne le mouvement aux tambours *c²*. Quand le chariot marche en s'éloignant des cylindres étireurs, avec une vitesse un peu plus grande que celle de la sortie du laminoir, d'où résulte un double étirage, les broches tournent et produisent le tors, sans enrouler ni dérouler le coton. Lorsque le chariot arrive au bout de

le moindre possible, parce que l'on casse beaucoup. Comme la transmission du mouvement de rotation aux broches est totalement indépendante de celle du chariot et des cylindres cannelés, il en résulte que, lorsque le chariot est arrivé à la fin de sa course, le tors peut se prolonger aussi longtemps qu'on le juge convenable.

Un fileur suffit à surveiller deux *mulls* qui sont en face l'un de l'autre; le chariot de la première machine étant en train d'avancer et de filer, tandis que celui de l'autre finit sa torsion et est arrêté par le fileur.

La quantité de fil manufacturé par un *mull* dans un temps donné dépend directement du nombre de ses broches et du temps employé pour compléter chaque portée de la machine. Plusieurs autres circonstances ont une influence directe sur cette quantité, et particulièrement le degré d'habileté du fileur ainsi que la bonne organisation de la machine. On peut encore dire qu'une température de 48° C., et une atmosphère légèrement humide conviennent également aux opérations de la filature.

On a remarqué à l'exposition des produits de l'industrie, en 1839 et 1844, des métiers à filer se rendant eux-mêmes, et n'exigeant plus, par conséquent, de la part de l'ouvrier, d'autre soin que celui de rattacher les fils cassés. Nul doute que cette disposition ne remplace un jour l'ancienne, mais il se passera encore bien du temps avant qu'elle puisse être employée généralement. Les métiers construits de cette manière sont très compliqués, se dérangent souvent et coûtent fort cher. Il est juste de dire qu'ils apportent une économie notable dans la main-d'œuvre, car ils ne nécessitent qu'un ouvrier médiocre et deux rattacheurs pour deux métiers, au

COTON.

lieu de deux bons ouvriers et de deux rattaumeurs qu'exigent les autres machines. Déjà, en 1830, MM. Sharps et Roberts, de Manchester, avaient obtenu un brevet pour un *mull* se rendant de lui-même; c'est à ce *mull* que M. Whithworth, habile ingénieur anglais, a apporté de tels perfectionnements qu'on peut aujourd'hui la considérer comme une nouvelle machine, dont l'usage est plus commode et le travail plus parfait que celui de la première. Nous ne décrirons pas ces perfectionnements; nous dirons seulement que leur caractère distinctif consiste en deux points principaux: d'abord, une disposition perfectionnée du mécanisme moteur d'un *mull* renvidant mécaniquement; et ensuite, l'application de poulies extensibles au renvidage des fils sur les bobines.

Le nombre des broches du *Mull-Jenny* est en raison inverse de la grosseur du fil, c'est-à-dire, d'autant plus considérable que le fil est plus fin. Il en résulte que la production journalière est à peu près constante. Dans les n^{os} 30 (1), un *mull* de 210 à 220 broches produit par jour 6 kilogr. de coton filé, tandis que dans les n^{os} 60, un métier de 330 à 340 broches n'en produit dans le même temps que 4 kilogr. Le premier de ces métiers fait deux levées par jour; le second n'en fait qu'une.

Nous terminerons cet exposé succinct de la filature du coton, en indiquant les quantités de coton importées pendant deux années consécutives dans la Grande-Bretagne:

	1836	1837
Des colonies anglaises en Amérique.	640 387 ^{1/2}	472 204 ^{1/2}
Des Indes orientales.	49 680 042	45 443 333
Des États-Unis de l'Amérique du nord.	430 287 256	440 147 555
Du Brésil.	42 187 689	9 444 234
D'Égypte.	2 350 840	3 385 092
D'autres localités.	3 078 506	2 540 302
	468 494 720 ^{1/2}	471 399 747 ^{1/2}

Valeur de l'exportation de la Grande-Bretagne:

Coton filé.	454 025 205 fr.	474 879 695 fr.
Coton manufacturé.	465 570 065	342 680 420
	619 595 270 fr.	517 560 115 fr.

ÉTAT DE LA FILATURE DU COTON EN FRANCE. D'après M. Kœchlin, rapporteur de l'exposition de 1839, les filatures du Haut-Rhin se composent de 683,000 broches.

On estime que le Haut-Rhin entre à peu près pour le cinquième dans le nombre des broches, et pour le sixième de la consommation de coton en France, ce qui présenterait, pour toute la France, le chiffre de 3,445,000 broches.

La consommation de coton par les filatures peut être évaluée, en moyenne, à 4 kilogr. par jour pour 24 broches (en Alsace, où on est en finesse, au-dessus de la moyenne pour toute la France, elle est de 4 kilogr. par 27 broches); soit par jour, pour les 3,445,000 broches, de 442,290 kilogr.

Où, par année, de 300 jours. 42,687,000 kilogr.

La valeur de ces 42,687,000 kilogr., cotons de toutes qualités, rendus dans les filatures au prix moyen de 2 fr. 50 c. le kilogr., est de 406,747,500 fr.

En estimant le déchet perdu à 8 pour 100, ces cotons en laine produisent, en fils, 39,272,040 kilogr., qui, au prix actuel de 4 fr. la moyenne par kilogr., représentent une valeur de. 157,088,460 fr.

De laquelle somme retranchant le coût du coton, 406,747,500

(1) Le numéro des fils représente, en France, le nombre de kilomètres contenus dans un 1/2 kil. En Angleterre, il représente le nombre d'écheveaux de fils de 840 yards de longueur, contenus dans une livre anglaise.

COUESRON.

Il reste, pour frais de fabrication, frais de commerce, intérêts des capitaux, etc. 50,370,660, dont la moitié peut être appliquée à la dépense en main-d'œuvre.

Cotons importés et restés pour la consommation

1834.	36 900 000 kilogr.
1835.	38 700 000
1836.	44 300 000
1837.	43 300 000
1838.	51 200 000

Le nombre d'ouvriers employés dans les filatures de coton est d'environ 4 ouvrier sur 49 broches; soit 70,000 pour toute la France.

La valeur des filatures peut être estimée, en moyenne, y compris l'emplacement, les bâtiments, le moteur, etc., à raison de 35 fr. la broche, 449,525,000 fr.

De nombreux perfectionnements ont encore été introduits, notamment la substitution des bancs à broches aux métiers en gros; une plus grande expérience dans le choix des cotons pour chaque série de numéros, surtout pour les numéros les plus élevés, nous permet de comparer avec avantage l'ensemble de nos productions avec celles des filatures anglaises; soit que ces rivaux se seraient négligés, tandis que les filateurs et les constructeurs français ont persévéré dans la voie de perfection; il paraît certain que, dans les numéros jusqu'à 88, la masse de nos produits offre plus de régularité, plus de qualité que la leur dans les mêmes séries.

Ce qui devrait surtout aussi favoriser nos exportations et contribuer à la prospérité de l'industrie cotonnière en France, c'est la prépondérance du goût français en articles de mode sur les marchés étrangers, et la supériorité bien reconnue de nos impressions, qui seraient en mesure de rivaliser partout, si elle avait toujours les tissus aux prix que peuvent se les procurer ses concurrents.

Les exportations de l'industrie cotonnière, d'après les comptes officiels du gouvernement, étaient en

1834 de 2,289,828 kilogr.
1835 2,578,477
1836 2,734,945
1837 2,840,745
1838 3,363,985

Ainsi les exportations restent à peu près stationnaires, tandis que les moyens de production se sont accrus prodigieusement, non seulement en rapport au nombre de broches nouvellement construites, mais surtout aussi par les perfectionnements qui en ont augmenté le rendement.

Depuis 1839, la filature de coton donnant peu de bénéfices s'est peu développée. Les capitaux se sont portés de préférence vers la filature de la laine longue et du lin qui offraient un champ nouveau à exploiter,

A. URE.

COUESRON, COIRON. Nom breton d'un chêne fossile, dont une espèce maintenant existante, identique, ou du moins paraissant telle, se rencontre encore en Bretagne, sur les lieux. Ce nom de couesron est donné à plusieurs essences de bois fossiles, telles que bouleau, frêne, aulne. Mais n'ayant été à même d'observer que du chêne, nous ne parlerons que de ce bois. Le couesron se trouve sur tout le littoral depuis le fond de la baie de Cancale jusque près de Saint-Malo, mais particulièrement à Mont-Dol, à Dol, dans les communes de Saint-Brolade, Cherweix, Du Vivier et autres. Cette matière qui n'est plus positivement du bois, mais qui en conserve cependant presque tous les caractères extérieurs, se trouve enfouie, soit dans les sables, maintenant solides, dits le *marais*, soit, en moins grande quantité, dans les lieux bas du terrain (ou nommés ainsi

le sol plus anciennement consolidé), sur et entre les bancs de granit, maintenant fort élevés au-dessus du niveau de la mer, et au pied desquels elle venait battre, dans des temps qui ne sont pas très éloignés puisque la tradition en est demeurée parmi les habitants de ces pays. Quelquefois on le rencontre presque à fleur de terre et même souvent découvert par les courants d'eau pluviale. Les arbres sont couchés les uns près des autres, entiers avec leurs branches et leurs racines; ils sont absolument noirs, jusqu'au cœur des plus gros arbres. Les habitants s'en servent avec beaucoup d'avantage pour faire des pieux, des palissades et surtout des lattes pour les couvertures.

Le couesron est très lourd, très compacte, il se coupe difficilement parce qu'il est très dur et que sa ténacité est plus forte que celle d'aucun bois de fil connu. Nous disons bois de fil, les loupes étant une exception. Sa couleur, d'un beau noir, n'est point fugace, comme celle du chêne provenant des vieux pieux extraits des pilotis des anciennes constructions de ponts ou d'aqueducs, dont la teinte noire s'efface après quelques années lorsque le bois est ouvré et absolument sec. Le couesron garde invariablement sa couleur intense, et assurément l'industrie saurait tirer un parti très avantageux de cette matière, qu'elle pourrait se procurer à bas prix et qui est assez abondante pour suffire pendant longtemps encore à ses besoins.

Les acides nitrique, sulfurique, hydrochlorique, et l'acétate de fer très concentré n'ont en aucune action sur la fibre ligneuse, seulement l'acide nitrique en jaunit un peu la couleur. Au feu cette matière brûle avec une flamme vive et brillante exhalant une odeur de tourbe tellement prononcée, que l'on s'abstient généralement de l'employer au chauffage. Le couesron n'est pas encore à l'état de houille; il paraît être à demi transformé. Le bois est encore liant, flexible, les couches ligneuses y sont très distinctes des couches médullaires. Il résiste à la hache et l'érousse promptement; cependant on en vient à bout. La scie le divise avec peine, parce qu'elle s'empâte; le rabot le plane, mais il faut souvent repasser le fer, la gouge du tourneur le broie, il ne vrillonne pas aisément, mais pourtant se coupe bien et nettement, il reçoit un poli admirable et le vernis prend dessus avec la plus grande facilité. Il se fend difficilement parce qu'il est très tenace, mais cependant il obéit à la force et se fend régulièrement en suivant la fibre ligneuse, comme le ferait le meilleur merrain.

Cette belle matière bien préférable à l'ébène qu'elle représente absolument à l'extérieur, a sur ce bois exotique un immense avantage; c'est sa ténacité, sa résistance, qui approche beaucoup de celle de la corne; on y passe de gros tarauds dans des trous assez rapprochés des extrémités, et les filets s'impriment jusqu'au fond sans occasionner aucune fente, effet qu'on est bien loin d'atteindre en employant l'ébène qui se fend avec la plus grande facilité. De plus le couesron est très flexible; employé pour filets dans la marqueterie, il ploierait comme la baleine, et l'emporterait sur elle par l'intensité de son noir de jais.

Il serait difficile de déterminer, dès à présent, tous les services que l'industrie pourrait retirer de cette matière; l'usage seul et le travail habituel les feraient surgir; par le peu d'essais que nous avons été à même d'en faire, et que nous nous proposons de poursuivre, nous pouvons affirmer que l'emploi du couesron serait une riche acquisition pour les ateliers d'ébenisterie, de tabletterie, de marqueterie et autres. PAULIN DESORMEAUX.

COULEURS MATÉRIELLES. Nous comprenons sous cette dénomination les couleurs toutes faites et propres à la peinture artistique et à plusieurs autres arts qui en dépendent (voy. IMPRIMERIE EN COULEURS. PAPIERS PEINTS, PEINTURE). Quant aux couleurs qui sont produites sur les objets eux-mêmes par l'action

immédiate des agents chimiques ou mécaniques et de la chaleur, nous les décrirons aux articles ÉMAUX, IMPRESSIONS SUR ÉTOFFES, PEINTURE SUR VERRE, PORCELAINES, TEINTURE.

Ainsi, nous examinerons les couleurs suivant leur nature optique, et le degré de solidité ou d'utilité qu'elles peuvent offrir à la peinture artistique et industrielle; nous comprendrons dans une même série les matières colorantes identiques qui sont connues et vendues sous des dénominations différentes.

1^{re} division. — Couleurs plus ou moins solides qu'on peut et doit employer pour produire le meilleur effet possible.

BLANC. Blanc de Krems ou de Kremnitz, blanc de Hollande, blanc léger, blanc d'argent, blanc de plomb pur, le plus beau et le plus propre à la peinture à l'huile et aux vernis, à la gouache, à l'imprimerie en couleurs. (1)

Blanc de céruse français, blanc de plomb mélangé de sulfate de baryte, inférieur au blanc de Krems pour la peinture artistique, et très bon pour la peinture en bâtiments, la détrempe, le blanchiment des appartements et les papiers peints.

Blanc d'Espagne proprement dit, assez bon et plus économique que la céruse pour la détrempe, le blanchiment des appartements, les papiers peints communs, et, dans certains cas, pour l'imprimerie en couleurs.

Blanc de craie et de chaux éteinte, bon pour la détrempe, le blanchiment des appartements et la peinture à la fresque.

Blanc de kaolin (argile à porcelaine), dont nous proposons l'usage pour la peinture à la détrempe et les papiers peints.

JAUNE. Gomme gutte, qui n'est bonne que pour la peinture à l'aquarelle et la gouache.

Jaune de Naples, tel qu'on le fabrique dans ce pays, est le seul jaune clair qui soit bon dans tous les genres de peinture.

Ocre jaune clair, terre jaune, terre de montagne.

Ocre jaune foncé ou obscur, ocre de rue.

ROUGE. Minium, rouge de saturne, mine-orange.

Carmin et laques de cochenille (voyez LAQUE). Ces couleurs sont habituellement en usage dans la peinture à la gouache, à l'aquarelle, dans la fabrication des papiers peints, des fleurs artificielles, etc., mais elles ne sont pas solides.

Vermillon ou cinabre français, couleur magnifique et bonne pour toutes les espèces de peintures, l'imprimerie et les papiers peints.

Ocre rouge naturel, oxyde de fer naturel.

Ocre ou terre rouge foncé, rouge d'Inde ou de l'Inde, brun-rouge, rouge d'Angleterre, de Prusse, de montagne, oxyde rouge de fer, obtenu par la calcination de l'ocre jaune.

Laque rouge de garance. Voyez LAQUE. Excellente couleur et bonne à tous les genres de peinture. Toutefois, est d'un prix élevé.

BLEU. Outremer factice, clair et foncé, excellent et très solide dans tous les genres de peintures.

Bleu de Prusse, bleu de France, bleu français, bleu in-

(1) En lieu et place du blanc d'argent et de la céruse, nous conseillerons l'emploi du blanc de neige et du blanc de zinc, dont de nombreux rapports faits par les sociétés savantes et industrielles, des commissions et des architectes, ont démontré l'innocuité, l'inaltérabilité et la supériorité sur les couleurs à base de plomb. Comme complément de ces couleurs, il est indispensable d'employer les jaunes et verts à base de plomb, de cuivre et d'arsenic. On trouve actuellement dans le commerce toutes ces couleurs dont nous donnons la préparation au mot BLANC DE ZINC.

COULEURS MATÉRIELLES.

tense ; couleur très intense, mais sujette à verdir. On l'emploie cependant avec avantage en la mélangeant avec de l'outremer et du blanc.

BRUN. Brun, noir de Prusse, bleu de Prusse français calciné, terre de Sienna calcinée. Couleurs excellentes, très solides, et nécessaires pour rehausser ou brunir les couleurs dans tous les genres de peintures, les papiers peints.

NOIR. Noir de vigne, appelé noir d'Allemagne ou de Francfort, du nom du pays où on le fabrique.

Noirs d'os ou d'ivoire. Bons pour la peinture en bâtiments, les papiers peints et la fresque.

Noir de fumée ou de résine calcinée. Habituellement en usage pour l'imprimerie. Voyez ENCRE D'IMPRIMERIE.

Noir de café, pour la peinture artistique, excellent et très solide.

VERTS. Terre verte de Vérone, verdet ou vert-de-gris distillé et cristallisé ; acétate de cuivre en usage pour la peinture à la fresque.

Vert de Schweinfurth, vert métis.

Vert de Vienne ou de Brunswick, cendre verte artificielle. Cette couleur est éclatante et peu solide ; mais elle ne peut être remplacée par un autre vert aussi séduisant dans la fabrication des papiers peints, l'imprimerie en couleurs, etc.

2^e Division. — Couleurs plus ou moins superflues.

JAUNE. Jaune de roi, jaune brillant (sulfure de cadmium).

Jaune indien, couleur végétale, très solide, mais d'un prix d'achat fort élevé.

Jaune d'antimoine.

Laque jaune de garance.

Jaune de mars, — orangé de mars, — rouge de mars, — violet de mars, qui ne sont que des oxydes de fer ou ocres artificielles, d'un prix élevé.

ROUGE. Vermillon de Chine, — vermillon de Hollande. Laque ou rouge de Venise, qui n'est que du carmin brûlé dans une cuillère d'argent.

Laque rose de cochenille.

Laque de garance, dite de Smyrne, que l'on remplace par un mélange de laque rouge de cochenille avec du blanc.

Pourpre ou rouge de Cassius, qui n'est qu'un précipité d'or, d'ailleurs fort coûteux.

BLEU. Bleu d'outremer naturel, extrait du lapis-lazuli. Bleu de cobalt, dit bleu Thénard.

Smalt, couleur anglaise tirée du cobalt. Ces couleurs sont solides, mais très coûteuses.

Indigo. Inutile. Voyez INDIGO.

Bleu minéral auquel on substitue le bleu de Prusse mélangé avec de l'outremer factice et du blanc.

BRUNS. Bruns de Van Dick, — sépia, — asphalte ou bitume de Judée, — momie qui est une espèce de bitume (voyez EMBAULEMENT), terre d'ombre, — terre de Cassel, — terre d'Italie, — terre de Cologne. Ces diverses couleurs sont remplacées par le brun de Prusse et la terre de Sienna calcinée, qui valent infiniment mieux.

VERT. Vert de chrome.

Vert de montagne, carbonate de cuivre naturel ou artificiel.

Vert de cobalt, appelé aussi vert minéral, vert de Prusse.

3^e Division. — Couleurs peu solides et habituellement en usage dans la fabrication des papiers peints, marbrés, maroquinés, des fleurs artificielles, des cartes à jouer, etc. Voyez TEINTURE.

JAUNE. Jaune de carthame.

Jaune de terra-merita ou de curcuma, appelé aussi safran des Indes.

Jaune de safran.

Stils de grains, décoctions concentrées soit de bois jaune

COULEURS MATÉRIELLES.

ou de quercitron, soit de l'écorce d'aulne ou du de noix, avec un mélange de craie ou de blanc brou de Troyes.

Stil de grain jaune d'Angleterre, extrait de la garance. On lui substitue ordinairement un composé fait avec l'oxyde de plomb et la graine de Perse ou d'Avignon ; ces stils de grains, cependant, sont plus solides que ceux faits avec de la craie. On y ajoute quelquefois des fécules colorantes, de la gaude, et d'autres décoctions jaunes qui sont très peu solides.

Pierre de fiel ou jaune doré ; la plus belle est, dit-on, extraite du fiel d'anguille.

Laque jaune, dite d'Anvers, extraite soit du bois jaune, de la graine de Perse ou d'Avignon, de la garance, du quercitron, soit de la gaude, avec mélange d'alumine et de craie. Voyez LAQUES.

ROUGE. Laque rouge ou rose, extraite du bois de Brésil, de Siam, de Nicaragua, etc. Voyez LAQUES.

BLEU. Cendres bleues naturelles, provenant des mines de cuivre.

VERT. Vert de Schéele, remplacé par le vert de Schweinfurth qui vaut mieux.

Vert de vessie, ainsi appelé parce qu'on est dans l'habitude de le mettre dans des vessies. Il est fait avec le fruit d'un arbrisseau qu'on nomme nerprun ou bourg-épine.

VIOLET. Laque violette ou violet végétal, provenant d'une décoction de bois de Fernambou ou de Sainte-Marthe. Voyez LAQUES.

4^e Division. — Couleurs nuisibles à la santé, qui changent et font changer toutes celles qu'on leur associe.

JAUNE. Jaune de chrome orangé ou chrômate orangé de plomb.

Massicot ou protoxyde de plomb.

Jaune minéral, jaune de Paris, jaune de Vérone, jaune de Turner, jaune de Kasier, (oxy-chlorure de plomb).

Jaune d'iode, ou iodure de plomb.

Jaune d'or, orpin jaune, orpiment ou sulfure d'arsenic.

ROUGE. Rouge pourpre ou chrômate de mercure. Scarlet ou deuto-iodure de mercure (couleur anglaise).

Orpin rouge ou Réalgar, combinaison de soufre et d'arsenic.

VERT. Vert anglais, vert émeraude, vert tendre, deuto-arsénite de cuivre et sulfate de chaux.

D'après ces divisions, les peintres et généralement toutes les personnes qui s'occupent de peinture et des arts qui s'y rattachent, les amateurs eux-mêmes connaîtront les propriétés des couleurs qu'ils doivent employer préférablement.

Ainsi les artistes habiles et soucieux de la durée de leurs œuvres choisiront sans doute les meilleures couleurs, comprises dans la 1^{re} division ; les artistes médiocres, peu jaloux de la conservation de leurs productions, les fabricants qui songent bien plus aux profits qu'à leur réputation et à la santé des consommateurs, ces personnes là donneront la préférence aux matières colorantes de la 3^{me} et de la 4^{me} division, parce qu'elles sont souvent plus séduisantes au premier coup d'œil et moins chères.

Quoi qu'il en soit, nous recommanderons toujours l'emploi des matières colorantes de la 1^{re} division, sans crainte d'essayer les justes attaques de la critique. Du reste, nous nous sommes convaincus par la pratique et par les témoignages des savants et des artistes célèbres qu'avec ces couleurs, qui sont plus ou moins fixes et durables, on peut produire tous les effets désirables. Voyez CONTRASTE, DESSINS COLOMÉS, PEINTURE.

Conséquemment à nos convictions, nous nous bornerons à expliquer ici les principes élémentaires de la fabrication des meilleures couleurs propres à tous les

genres de peinture, ainsi que les moyens de distinguer les bonnes d'avec les mauvaises.

Du reste, ce que nous avons dit précédemment, à l'article CONTRASTE, sur le choix et de l'emploi des couleurs, nous dispensera de rendre compte de toutes les raisons qui nous portent à rejeter une foule de couleurs que les peintres emploient journellement.

Nous ferons remarquer, toutefois, que beaucoup de peintres préfèrent avec raison certaines couleurs connues et préparées en Italie, en Angleterre et en Allemagne, parce qu'elles sont plus vives et plus brillantes.

En effet, les marchands de couleurs de ces pays ont la louable précaution de laver avec soin et de broyer parfaitement les couleurs qu'ils débitent (voy. BROYAGE); c'est là tout le secret pour augmenter l'éclat et la transparence des couleurs. Que les marchands français imitent donc cet exemple, et leurs couleurs seront aussi belles et aussi durables que celles qui viennent de l'étranger!

BLANC. Le blanc de Kremnitz, ou de Kremnitz, que l'on appelle aussi blanc d'argent, blanc d'écaillés, blanc léger, est un carbonate de plomb pur (voyez CÉRUSE), désigné communément sous le nom de blanc de Hollande purifié, 4^{me} qualité. Il est vendu sous la forme de petits cubes. Après lui on distingue le blanc de Venise, qui est formé d'un mélange, à parties égales, de carbonate de plomb et de sulfate de baryte bien blanc et pulvérisé très finement.

Le blanc que l'on fabrique en Allemagne, principalement près de Hambourg, est un carbonate de plomb de 3^{me} qualité. Il est composé d'une partie de carbonate de plomb et de 2 p. de sulfate de baryte. On le vend aussi sous la forme de petits cubes.

Enfin la 4^{me} et dernière qualité est le produit d'un mélange de 3 p. de sulfate de baryte et d'une partie de carbonate de plomb.

Le blanc de Hollande pur est doux au toucher, sans saveur, à cassure franche; il doit en outre happer un peu la langue.

Le blanc de céruse, que l'on fabrique en France par petits pains coniques, est un carbonate de plomb (voyez CÉRUSE) préparé par des procédés peu différents de ceux pratiqués en Hollande et en Allemagne. Il contient ordinairement une certaine quantité de sulfate de baryte, produit fort innocent du reste, et qui est nécessaire pour lui donner de l'opacité; quelquefois on le falsifie avec du sulfate de plomb ou de la craie.

« On reconnaît la craie, dit M. Dumas, par l'acide nitrique ou acétique qui dissout la craie et le carbonate de plomb. On précipite de la dissolution tout le plomb au moyen d'un sulfure alcalin, et enfin on précipite la chaux par un oxalate. Le sulfate de plomb et celui de baryte ne se dissolvant pas dans les acides, il est donc facile d'en reconnaître la présence et d'en constater la quantité. »

La *céruse commune* pour la détrempe est toujours mélangée d'une certaine quantité d'argile blanche, soit de terre de pipe, soit de blanc d'Espagne; on la vend aussi par petits pains coniques; on lui ajoute encore une petite quantité de charbon léger ou d'indigo pour lui ôter un reflet jaunâtre désagréable à la vue. Certains marchands peu scrupuleux font le mélange avec des craies lavées et sans corps ou avec du blanc de Troyes; ils en outre même la quantité, ce qui rend les pains plus cassants; du reste, on peut facilement reconnaître cette sophistication en versant dans la céruse mêlée de craie un acide tel que le vinaigre. Il se fait alors une effervescence, qui n'a pas lieu, lorsque le mélange est fait avec de l'argile pure.

Le blanc d'Espagne, proprement dit, est une argile blanche pure, qu'il ne faut pas confondre avec le blanc de craie, connu vulgairement sous les noms de blanc de Troyes ou de Mendon, qui est un carbonate de chaux.

On le trouve sous la forme de gros pains carrés de 5 à 10 kil. et sous celle de rouleaux de 250 à 350 gr.

Blanc de Bougiat, terre marneuse très fine, inférieure aux blancs d'Espagne, que l'on vend sous la forme de pains carrés pour la peinture en bâtiment. On lui substitue souvent la craie lavée, mais l'emploi le fait reconnaître.

Voici, d'après Watin, comment on le prépare :

« Quand la marne est tirée, pour la purifier et lui ôter son gravier, on la fait délayer dans l'eau claire, mise dans un vaisseau net, et on la laisse rasseoir, ce qui se fait aisément sans aucune manipulation. On jette cette première eau ordinairement jaune et sale; on lave cette marne de nouveau jusqu'à ce que l'eau devienne blanche comme du lait, alors on la transvase, et encore mieux, on la passe à grande eau par un tamis de soie; là elle dépose. On vide l'eau sans agiter le fond, et on pétrit ce dépôt; lorsqu'il est en consistance de pâte, il sèche et durcit à l'air; le plus fin se durcit en petits bâtons, et les dernières portions du lavage, toujours plus grossières, se moulent à grosses masses de 500 à 625 grammes, qu'on laisse sécher et durcir à l'air et qui servent à la peinture. C'est ainsi qu'on peut nettoyer et laver toutes les terres nécessaires à la peinture. »

Moyen indiqué par Bouvier pour purifier le blanc de plomb ou de céruse : « Prenez, je suppose, 500 gr. plus ou moins de beau blanc de Krems, faites-le subir, en petites parties, un premier broyage à l'eau, sans vous attacher à ce qu'il soit très fin; vous le relèverez de dessus la pierre en bouillie de l'épaisseur d'une forte crème, et vous aurez soin que les premières broyées ne sèchent point, mais qu'elles se conservent un peu liquides, pour cela vous mettez chaque relevée de couleur dans un pot neuf bien vernissé ou dans un bol de faïence ou de terre de pipe.

« Quand tout votre blanc est broyé et qu'il est en bouillie assez épaisse, versez dessus cette bouillie la valeur d'un gobelet à boire de très bon vinaigre blanc distillé, vous remuerez et brouillerez le tout toutes les heures, et cela durant une journée; vous prendrez, pour le remuer, un tuyau de pipe neuf que l'acide du vinaigre n'attaquera pas. Si votre vinaigre est bon et bien distillé, il nettoiera toutes les petites particules étrangères qui peuvent se trouver dans le blanc, en sorte qu'il ne restera plus rien qui puisse le ternir. Cette couleur, ainsi préparée, donne un blanc très parfait, mais il faut avoir soin d'en extraire tout le vinaigre par des lavages réitérés jusqu'à ce que l'eau qui surnage sur le blanc (quand on la laisse reposer) n'ait plus aucune saveur d'acidité en la portant sur la langue. Le blanc ainsi rebroyé à l'eau pure, au moins trois fois, est d'une qualité supérieure; employé aussi à l'eau de gomme pour peindre la gouache, il est léger, très subtil, et ne reluit point sur le papier comme il arrive au blanc de Krems qui n'a pas subi cette opération.

« Pour l'usage de la peinture à l'eau, il ne faut prendre que l'écume et la crème qui se forment dessus, après qu'on les a bien fouettées avec un petit balai de bois blanc pelé et sans écorce, comme pour battre les œufs à la neige. Ce blanc est encore excellent pour peindre la miniature; mais, pour ce dernier genre de peinture, on y mêle moitié d'alumine ou terre d'alun, ce qui le rend très léger. »

JAUNE. — *Gomme-gutte* ou *cambogium*. Gomme résineuse qui découle en suc laiteux du camboge (*cambogia gutta*, Lin.), arbre des Indes; ce suc s'épaissit au soleil, et nous vient en masses opaques, solides, très dures, d'un jaune-orangé, fragiles, brillantes dans leurs cassures. M. Bouvier dit (dans son *Manuel de peinture*, 2^e édit., p. 8) « que l'on peut dépouiller la gomme-gutte de sa gomme naturelle et en tirer un jaune très pur et très vif qui se réduit en poudre, et dont plusieurs peintres de paysages font usage en Suisse, soit par l'aqua-

reille, soit pour la gouache et pour la miniature. Il se pourrait que ce résidu, ainsi dépouillé de sa gomme, fut un beau jaune-jonquille, propre à être employé à l'huile; je l'ignore, ne l'ayant éprouvé qu'à l'eau. C'est un essai à faire, mais je suppose que ce ne peut être qu'une couleur propre à glacer, car elle n'a point de corps. »

« L'on met quelques grammes de gomme-gutte bien choisie dans un pot vernissé qui soit neuf et n'ait pas servi; l'on jette de l'eau filtrée dessus, et on la laisse fondre; chaque jour on rejette l'eau, en s'arrêtant lorsqu'on voit le sédiment jaune près de s'écouler avec l'eau jaune qu'on veut rejeter; on ajoute la nouvelle eau à la place de celle qu'on a enlevée, et assez pour qu'il y ait 40 à 42 centimètres au-dessus du jaune, on fait cette opération pendant au moins six semaines, après quoi l'on recueille le jaune qu'on fait sécher, et qui peut servir à rehausser, comme le jaune de Naples, tant il est gommé. »

La composition du véritable *jaune de Naples* n'est pas bien déterminée (voy. Mérimée, *Traité de la peinture à l'huile*, p. 440; MM. Pelouze, *Art de fabriquer les couleurs*; *Encyclopédie populaire*, 48 8; Montabert, *Histoire de la peinture*, vol. IX). Selon M. Bouvier, ce jaune est le seul jaune clair qui soit bon; il est indispensable surtout aux peintres de paysages et de fleurs, et l'on en tire aussi un bon parti pour tous les autres genres de peinture; mais il ne faut jamais s'en servir pour le mélanger dans les parties éclaircies des chairs, l'ocre jaune vaut infiniment mieux; d'ailleurs, outre que le jaune de Naples verdit un peu, il attaque plusieurs autres couleurs par l'effet de l'arsenic qu'il renferme, il dénature surtout le blanc et les cinabres. Il faut le broyer avec beaucoup de propreté et surtout ne jamais le relever ni le triturer avec une spatule de fer, d'acier ou de tout autre métal, ce qui le ferait verdir sur-le-champ.

Les ocres jaunes, oxydes de fer naturels, terres naturelles, friables, colorées en jaune plus ou moins foncé qui tire sur l'orangé. Les ocres ne doivent pas être obscures parce qu'alors elles contiendraient des terres bitumineuses qui les feraient noircir. Ce sont des argiles colorées par de l'oxyde de fer, et que l'on purifie au moyen de lavages réitérés, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Le broiement des résidus sableux donne toujours ou presque toujours deux espèces de jaune: on les sépare si l'on peut.

On peut encore obtenir des ocres artificielles connues sous les noms de jaune de mars, orangé-mars, rouge-mars, violet-mars, soit en faisant rouiller du fer, soit en précipitant par des alcalis des dissolutions de ce métal, par exemple, par le sous-carbonate de soude ou de potasse, par du muriate, du nitrate, de l'acétate de fer, etc.; mais, comme le dit fort bien M. Mérimée dans son *Traité de la peinture à l'huile*, « la nature nous offre des ocres si belles, qui n'exigent qu'un lavage à exécuter, que ce n'est pas guère la peine d'en faire d'artificielles. »

Le *jaune de chrome* (chromate de plomb) d'un jaune éclatant et duré qui couvre bien, et s'emploie facilement et sans danger pour la miniature et la gouache. Il ne change pas sensiblement quand il est bien délayé dans l'eau gommée, mais c'est une couleur qui ne peut servir dans la peinture à l'huile, car elle change alors, et fait changer toutes celles qu'on lui associe. Cependant M. Bouvier dit que l'on peut s'en servir pour les rehauts de certaines étoffes jaunes et les brillants des dorures, pourvu qu'on l'emploie par et à sec, c'est-à-dire sur un-dessous tout à fait sec, en touchant son ouvrage franchement; il change alors beaucoup moins. M. Mérimée ajoute que lorsque cette couleur est mélangée avec l'alumine elle reste brillante beaucoup plus longtemps.

On peut, aussi l'employer avec succès dans l'impres-

sion des images en couleurs, pour obtenir des orangés et des verts brillants, par des teintes superposées ou mélangées, avec le vermillon, le bleu de Prusse et l'outremer.

D'après M. Dumas, le jaune de chrome est une couleur belle, solide, douée de toutes les qualités que le peintre peut désirer, et ce savant chimiste a raison si on a la précaution de broyer préalablement le *jaune de chrome* avec un vernis résineux fixe ou avec une dissolution de cire vierge.

ROUGE. Le *minium* ou *rouge de saturne*, appelé à tort *mine-orange*, est un composé de peroxyde et de protoxyde de plomb. Il est d'un rouge assez éclatant, que l'on ravive encore chimiquement en faisant digérer à plusieurs reprises le minium brut avec de l'acétate de plomb.

La *mine-orange*, au contraire, se prépare en faisant calciner de la belle céruse: elle offre une teinte plus claire et plus brillante que le *minium*.

Ces deux couleurs sont souvent mélangées avec du colcothar (oxyde rouge de fer), ou de la brique pilée; mais on s'en aperçoit facilement en chauffant ces couleurs au rouge dans une cuiller de fer. Le minium devient d'un jaune homogène s'il est pur, et la brique ou le colcothar conservent leur couleur primitive. On analyse au besoin le minium par l'acide hydrochlorique concentré, le plomb et le fer se dissolvent, et la brique reste. On évapore la dissolution à siccité, et on reprend par l'alcool, qui ne dissout que le chlorure de fer. Cette couleur ne vaut rien pour la peinture à l'huile, car elle noircit beaucoup, et fait également noircir les cinabres.

Cinabre ou vermillon français (deuto-sulfure de mercure, voyez CINABRE) d'une couleur rouge-violet très vive. Il se vend en poudre très fine et produit des teintes lumineuses en le mêlant de blanc et d'ocre jaune clair, etc.

Le cinabre est souvent falsifié par du minium, du colcothar, de la brique pilée, du sang-dragon, de l'orpin rouge ou réalgar (sulfure d'arsenic). M. Dumas dit qu'on peut reconnaître la présence des trois premières substances par la distillation. Cependant le minium réagit sur le sulfure de mercure et en décompose une partie. Le sang-dragon étant soluble dans l'alcool, on peut le séparer en faisant bouillir le cinabre avec de l'alcool. Le réalgar est plus difficile à reconnaître. On s'assure de la présence de ce corps par l'odeur de la vapeur arsenicale qui se dégage en grillant le cinabre. Pour le doser, il faut traiter le mélange au creuset par du carbonate de soude et un excès de nitre.

Le *carmin* de cochenille est un précipité obtenu de la teinture de cochenille par l'alun, et le nitro-muriate d'étain. (Voyez CARMIN). C'est une couleur d'un rouge-violet éclatant, mais peu solide: elle est cependant d'un usage habituel dans la peinture à l'aquarelle, à la gouache, et le lavis des plans; on s'en sert même dans les manufactures de papiers peints, de fleurs artificielles, etc.

La *laque rouge de cochenille* est formée avec le résidu du carmin précipité, par l'alumine ou terre d'alun pure ou mélangée de craie (voyez CARMIN). Cette couleur d'un cramoisi plus ou moins foncé est moins opaque que le carmin; elle se vend dans le commerce en poudre et sous la forme de tablettes ou de petits trochisques.

On falsifie ordinairement le carmin avec de la craie et du vermillon, mais on aperçoit cette falsification en dissolvant le carmin dans l'harmoniaque liquide qui a peu d'action sur le vermillon.

La *belle laque rouge de yarrow*, telle qu'on la fabrique à Berlin, à Munich et à Florence, est d'une couleur rouge-cramoisi foncé, et elle est d'une solidité bien éprouvée dans tous les genres de peinture artistique;

mais elle coûte fort cher, ce qui fait qu'on l'emploie peu ou point dans la peinture industrielle.

Cependant madame Gobert est parvenue à fabriquer en France une laque rouge de garance semblable à la plus belle laque de Florence ou de Berlin, et à un prix plus bas quoique encore très élevé; mais la manière d'obtenir cette belle et solide couleur n'a pas été encore rendue publique.

Toutefois, les fabricants connaissant la juste préférence des artistes pour cette couleur, en profitent pour vendre sous son nom des laques d'une qualité inférieure dont l'éclat est dû seulement à la teinture de cochenille. Voici, selon M. Bourgeois, les moyens de constater si les rouges de la garance, vendus sous ce nom dans le commerce, sont véritablement extraits de cette substance.

« L'on porphyrise à sec une quantité quelconque de rouge de garance, et pour reconnaître d'abord si cette couleur est falsifiée avec une laque du Brésil, on en jette une pincée dans un demi-verre d'eau claire et chaude; il arrive alors que l'eau reste teinte de la couleur de cette laque. Si l'on soupçonne, dans ces garances, un mélange de carmin ou de laque carminée, il suffit encore de jeter une pincée de ces rouges dans une petite quantité d'ammoniaque liquide ou de potasse caustique, auquel cas le principe colorant de la cochenille reste en dissolution dans ces alcalis. Enfin, pour constater l'état des rouges de garance et la quantité relative du principe colorant qu'ils contiennent, l'on prépare d'abord une eau acidulée, en mêlant ensemble quinze à vingt parties d'eau filtrée et une d'acide sulfurique, puis l'on prend une quantité fixe de garance porphyrisée que l'on jette dans l'eau acidulée; un verre de cette eau suffit pour 45 grammes de rouge. Dans cette expérience, l'acide se colore de la petite quantité du principe fauve qu'avait retenu le principe rouge, qui dans ce cas change lui-même de nuance en offrant celle de la garance naturelle; mais au moyen de plusieurs lavages successifs, destinés à enlever l'acide, il reprend une partie de sa couleur, que l'on achève de développer par quelques gouttes d'ammoniac. Puis enfin on lave encore, et l'on met sécher le résidu qui est le principe colorant pur de la garance, alors insoluble dans les acides, et dont la quantité, par rapport à celle de la couleur mise en expérience, peut ainsi se déterminer, de même que celle d'autres laques de garance soumises à la même vérification. »

BLEU. *L'outremer factice*, inventé par Guimet il y a quelques années, est la seule couleur bleue qui réunisse toutes les qualités que les peintres recherchent, c'est-à-dire la beauté, l'intensité, la solidité, et le bon marché. Ce bleu ne s'altère jamais et n'attaque aucune autre couleur, seulement il prend une grande intensité. On fabrique aussi à Nuremberg, à Cologne, Düsseldorf, les outremer factices, qui égalent ceux de M. Guimet et que les fabricants français préfèrent même souvent pour peinture à l'huile parce qu'ils sont d'un prix d'achat moins élevé. En effet, on vend en Allemagne des outremer factices depuis 2 fr. jusqu'à 400 fr. et plus le kilogr. Cependant deux chimistes français, MM. Féran et Courrial, ont trouvé depuis longtemps la manière de faire des outremer factices propres à la fabrication des papiers peints, de l'imprimerie en couleurs, etc., mais ils n'ont point publié leurs procédés. Nous donnerons, à l'article **OUTREMER**, les procédés employés à Nuremberg pour la préparation de l'outremer factice, procédés qui viennent d'être publiés par M. Prückner.

Le bleu de Prusse, quoique inférieur au bleu d'outremer sous le rapport de la fixité, ne laisse pas que d'avoir sur lui, à volume égal, l'avantage d'une bien plus grande quantité de principes colorants. Malheureusement tous les alcalis attaquent et font dispa-

raître le bleu de Prusse; c'est pourquoi il faut éviter de le combiner avec des couleurs qui en contiennent. Quoi qu'il en soit, le bleu de Prusse mêlé de blanc et d'outremer, et auquel on ajoute un peu de vermillon ou de laque, pour éviter qu'il ne pousse au vert, ce qui est son principal défaut; ce bleu de Prusse ainsi modifié est une couleur très précieuse pour la peinture à la gouache, les papiers peints, l'imprimerie en couleurs, voire même pour la peinture, parce qu'il fait des verts charmants, lorsqu'il est mêlé soit avec l'ocre jaune, soit avec le jaune de chrome ou le jaune de Naples, etc. (VOYEZ DESSINS EN COULEURS, PEINTURE).

BRUN. *Le brun de Prusse, couleur de bistre*, a été inventé par M. Toeffler, peintre. Il a tous les avantages réunis de l'asphalte, de la momie, de la terre de Sienna non calcinée, sans en avoir les inconvénients. On peut le faire soi-même en calcinant du bon bleu de Prusse français médiocrement obscur, mais de toute autre fabrique que de celle d'Angleterre, car avec ce dernier on ne peut y réussir.

Nous donnons le procédé tel qu'il est décrit et pratiqué par Bouvier (*Manuel de la peinture*, 2^e édition, page 490) :

Mettez sur un feu assez vif une cuillère de fer, faites-la rougir, jetez-y quelques morceaux de bleu de Prusse, de la grosseur d'une noisette à peu près; bientôt chaque morceau éclatera de lui-même, et se dégradera par écailles à mesure qu'il s'échauffera, jusqu'à devenir rouge lui-même. Retirez la cuillère du feu et faites-la refroidir; si vous la laissez plus longtemps sur le feu vous n'auriez pas la teinte désirée. Quand vous concasserez la couleur, il s'y trouvera des parties noirâtres et d'autres brun-jaunâtre; c'est précisément ce qu'il faut. Broyez le tout ensemble, il en résultera un brun couleur de bistre ou d'asphalte fort transparent. Il est parfait pour faire une multitude de glacés ou de préparations, soit qu'on l'emploie seul, soit qu'on y mélange d'autres couleurs transparentes pour approcher davantage du ton que l'on veut obtenir.

Ce brun se marie et s'étend avec une merveilleuse facilité. Il ne couvre pas plus que l'asphalte; il est d'une solidité et d'une fixité à toute épreuve; il a le grand avantage de sécher plus promptement que toutes les autres couleurs transparentes et légères.

L'opération de brûler ne réussit pas toujours également; cela dépend des différentes qualités de bleu, et aussi du degré de chaleur qu'on donne et même de l'état actuel de l'atmosphère. Il ne faut pas pour cela se rebuter, quoique les diverses teintes qu'on obtient soient plus rousses, plus verdâtres ou plus noirâtres qu'on ne le voudrait; ces essais ne sont pas perdus, l'on peut toujours en faire usage dans beaucoup de cas; mais comme la teinte la plus désirable est celle de l'asphalte, il n'y a qu'à recommencer, avec différents bleus et en différents temps, jusqu'à ce qu'on obtienne ce qu'on désire.

On aura attention de brûler cette couleur à feu découvert, sans quoi l'on n'obtiendrait que du noir.

Terre de Sienna naturelle (espèce d'ocre assez dure). Couleur jaune-brun foncé, mais en la calcinant elle prend une couleur rouge-brun orangé. Or, c'est dans ce dernier état seulement qu'on peut et doit l'employer dans la peinture à l'huile, l'imprimerie en couleurs; encore il ne faut pas s'en servir avec le blanc, parce qu'elle tend à noircir, et que, d'ailleurs, elle ne couvre pas du tout; elle foisonne tellement aussi que, pour peu qu'on en mette dans un mélange, elle absorbe par sa couleur toutes celles qu'on lui associe.

Voici comment on la calcine;

Mettez de la terre de Sienna naturelle dans une cuillère de fer, après l'avoir rompue en morceaux dont les plus gros ne doivent guère dépasser la grosseur d'un gros pois; faites rougir le tout sur un feu vif jusqu'à ce que

la couleur elle-même soit devenue rouge vif comme la cillière; versez-la dans une assiette propre, et l'opération sera faite.

La terre de Sienne, comme nous l'avons déjà dit (voyez CONTRASTE), sert essentiellement à monter ou brunir les couleurs.

VERT. Le vert de Schweinfurth est une combinaison d'arsenic et d'acétate de cuivre. Aussi, quand on pense que cette couleur est un poison violent et qu'on peut compromettre sa santé en la préparant et en l'employant, on ne devrait pas sans doute l'adopter; cependant nous ne possédons aucune couleur verte aussi vive et aussi brillante; cette couleur, d'ailleurs, est nécessaire pour composer une table chromatique, et voilà pourquoi nous décrivons sa fabrication, tout en gémissant que la chimie moderne n'ait point encore découvert une couleur aussi séduisante, plus solide et surtout moins dangereuse. « Prenez 9 à 40 kilog. d'arsenic blanc en poudre, 14 seaux d'eau de rivière que vous faites bouillir dans un vase de cuivre. Lorsque l'eau bouillonne, jetez-y l'arsenic et faites bouillir fortement pendant trois quarts d'heure jusqu'à ce que l'arsenic soit bien fondu, versez bien vite dans le liquide environ 40 kilog. de verdet raffiné; ôtez promptement la chaudière de dessus le feu, et versez le liquide dans un tonneau en bois, puis ajoutez au mélange environ 500 grammes de potasse. Couvrez ensuite le tonneau, et au bout d'une heure ou de deux heures, versez le produit sur une toile et laissez sécher.

Pour composer un autre vert de Schweinfurth, il ne faut pas employer de potasse; seulement, enlevez promptement le mélange de dessus le feu, remuez et mettez sur toile, en ajoutant après le verdet la quantité de spath en poudre que vous voudrez. » (*Extrait d'une note remise par M. Wingens, fabricant de couleurs.*)

On peut encore employer les procédés dus à MM. Braconnot et Liebig, et qui sont publiés dans le Traité de la peinture, par Mérimée, page 497. Mais le procédé donné par M. Wingens nous paraît le plus simple et le plus expéditif.

ROUGET DE LISLE.

COUPEROSES. Voyez SULFATES.

COURROIE (mécanique). Dès que dans une machine quelconque la transmission de la force du moteur aux divers agents passe une certaine limite, il convient d'employer les courroies plates, sur roues et poulies à jantes plates, légèrement convexes. Cette limite peut être ainsi déterminée. Toutes les fois qu'il s'agit d'une force inférieure à celle de deux hommes, les cordes engagées dans des poulies à gorge ronde ou angulaire doivent être préférées. Passé cette force la courroie plate paraît devoir être employée, jusqu'à ce que, arrivée à certaines limites de force et de vitesse, qui ne sont pas encore bien exactement déterminées, elle doit, elle-même, faire place aux engrenages.

On voit souvent, pour les petites machines, employer des courroies plates au lieu de cordes en chanvre ou en boyau; mais comme leur emploi est moins facile, moins usuel que celui des cordes, l'usage n'en a pas prévalu. L'épissure d'une corde sans fin est une opération promptement faite; il n'en est pas ainsi de la suture et du raccord des petites courroies; cependant elles ont l'avantage d'être plus élastiques que les cordes et moins hygrométriques. Quand la résistance à surmonter n'est pas considérable, il faut préférer les cordes engagées dans des poulies à rainures angulaires; la corde qui ne touche pas au fond est pressée dans l'angle, et est bien moins sujette à glisser sous une pression égale. Or, il est important de ne tendre les cordes et courroies que le moins possible; on dépense alors beaucoup moins de force motrice pour produire le même résultat. En général, dans le travail, le défaut dominant dans presque tous les ateliers, est l'emploi de trop grosses cordes ou de trop fortes courroies, relative-

ment à l'effet à produire, et aussi de donner une trop grande tension à ces cordes ou courroies.

Nous n'en dirons pas davantage sur cet objet, qui sera traité en détail dans un autre article (Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE); notre intention est seulement de populariser et de répandre l'emploi des courroies mortes sur les poulies folles, parce qu'il y a sécurité et économie à employer ce mode.

Dans tous les ateliers où un moteur commun à plusieurs fonctions mécaniques, fait mouvoir, au moyen d'un arbre de couche isolé, ou commandant d'autres arbres, un nombre plus ou moins grand de tours, d'alézoirs, de meules; ou même lorsque le moteur, bien que consacré à un seul travail, ne peut être suspendu sur-le-champ à volonté, il faut que l'ouvrier puisse arrêter le mouvement de rotation lorsque cela lui convient, ou lorsque les besoins de la fabrication le commandent, ainsi que cela a lieu pour les tours, pour les meules d'aiguiserie, pour les cardes, etc. Plusieurs moyens de suspendre ce mouvement de rotation, et de lui rendre son action à volonté, sont depuis longtemps employés. Le plus généralement adopté est celui de la poulie folle, placée ordinairement à la gauche de la poulie vive. Lorsqu'il s'agit de suspendre le travail on fait passer la courroie de la poulie vive sur la poulie folle, qui n'engrenant point sur l'arbre du tour, ou de tout autre appareil, roule librement, sans rien entraîner dans son mouvement. Pendant ce temps, le tour arrêté, on peut le réparer, y monter des pièces, faire les changements qui sont à faire, et lorsque tout est préparé et qu'il s'agit de remettre la machine en mouvement, on ramène la courroie sur la poulie vive; la poulie folle, livrée à elle-même, s'arrête, et le tour recommence à marcher.

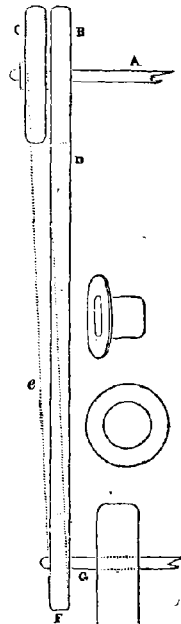
Durant tout le temps que le mouvement du tour est suspendu, la courroie tourne toujours sur le tambour de l'arbre de couche et sur la poulie folle, ce qui n'est pas sans inconvénient, d'abord parce qu'elle s'use inutile-

ment pendant tout le temps que dure la réparation à faire à la machine, ou l'opération quelconque qui a nécessité la suspension du mouvement, et ensuite parce qu'il est dangereux pour l'ouvrier qui fait les réparations ou changements, d'avoir toujours près de lui cette courroie en mouvement, qui peut s'emparer d'une partie du vêtement, ou même d'une main ou d'un doigt,

609.

610.

614.



ment cesse aussitôt, la courroie ne marche plus et le tour s'arrête, comme dans le premier cas; mais cette courroie morte ne présente plus aucun danger, et la

courroie ne s'usera plus vainement, quelle que soit la longueur du temps donné à la réparation du tour ou aux changements qu'on doit faire.

Les fig. 609, 640 et 644, feront de suite comprendre cette explication: fig. 609, A, l'arbre de couche; —B, la roue vive; —C, la roue folle; —D, la courroie; —E, lignes ponctuées indiquant la courroie lorsqu'elle est passée sur la roue folle; —F, la poulie; —G, l'arbre du tour. — Fig. 640, le mandrin en fer sur lequel tourne la roue folle. — Fig. 644, disque en fer ou en cuivre placé entre les deux roues B, C, afin qu'elles ne puissent frotter l'une sur l'autre; ce disque est enfilé sur la douille du mandrin, fig. 609. Ce moyen est si simple que nous nous croyons dispensé d'entrer dans de plus amples détails.

P. D.

COURS D'EAU. L'importance des cours d'eau en tant que voies de transport n'a pas besoin d'être énoncée; tout ce que nous avons dit à l'article *canal* s'applique également aux cours d'eau naturels, avec cette différence toutefois que le courant doit être compté comme une résistance à la remonte et une impulsion à la descente; que dans ce cas, comme dit Pascal, les rivières sont des chemins qui marchent.

L'utilisation des cours d'eau pour les irrigations, d'une si grande importance pour la création des pâturages, surtout dans les pays méridionaux doit principalement être étudiée au point de vue de l'agriculture; et les travaux de dérivation, les manœuvres d'eau ont la plus grande analogie avec ceux des canaux de navigation et n'en diffèrent le plus souvent qu'en ce que la condition à remplir n'étant plus de laisser passer des bateaux, mais bien de fournir un passage à un volume d'eau voulu, les sections des canaux d'irrigation sont en général bien moindres que celles des canaux de navigation.

Au point de vue mécanique, les cours d'eau ont un autre genre d'utilité d'une extrême importance, celui d'être d'immenses réservoirs de force motrice. Quant à la manière de les utiliser, nous prendrons pour exemple une des dispositions prises par le grand Vauban, dans une de nos places de guerre (et il a fait des travaux analogues dans la plupart des places fortes qu'il a fortifiées), non seulement pour augmenter la valeur des fortifications qu'il élevait en rendant possibles des inondations artificielles, mais encore pour assurer la mouture des grains en temps de siège, et la prospérité de l'industrie des habitants en temps de paix.

Nous empruntons des éléments de cet exemple à M. Poncelet.

La Moselle, à Metz, fournit même dans les plus grandes sécheresses, au moins $40^{\text{m}} \text{ par seconde}$, pesant $40,000 \text{ kilogr.}$ La vitesse de ce fleuve est moyennement de $0^{\text{m}},80 \text{ par seconde}$; le travail de cette masse d'eau représenté (comme on sait) par $\frac{MV^2}{2}$ serait donc

$$\frac{40,000}{2} \times 0,8^2 = 326 \text{ kilogrammètres } (g = 9,81), \text{ ou}$$

en divisant par $75, 4 \frac{1}{2}$ chevaux-vapeur environ; travail théorique peu important dont on pourrait tirer parti, au moins en grande partie au moyen d'organes convenables, de roues de moulin par exemple.

Mais si on force les eaux à s'élever au-dessus de leur niveau naturel, comme on l'a fait à Metz, on pourra les utiliser en profitant de la chute mesurée à partir du niveau supérieur de ce barrage, pour les faire agir par leur poids ou de toute autre manière. A Metz, le barrage fait élever ce niveau de $2^{\text{m}},50$, le travail disponible correspondant aux 40^{m} , celui qu'ils pourront fournir par leur descente de cette hauteur sera égal au poids multiplié par la hauteur $40,000^{\text{m}} \times 2^{\text{m}},5 = 25,000^{\text{m}} = 333 \frac{1}{2}$ chevaux-vapeur, quantité près de soixante-dix-sept fois plus grande que celle qu'on obtiendrait en utilisant seulement la vitesse de l'eau.

Cet exemple fait clairement comprendre la nécessité des barrages pour utiliser les cours d'eau.

La hauteur de ces barrages est limitée : 1^o par les niveaux entre lesquels est limitée la concession dont on dispose et qui ne permet pas de passer la limite du niveau inférieur de l'usine située en amont; 2^o la difficulté de construire et d'entretenir des berges artificielles qui ne rendent pas marécageux les terrains voisins du cours d'eau, par suite des infiltrations; 3^o la diminution qui pourrait résulter de la production des sources qui alimentent le cours d'eau, si les eaux ne pouvaient s'écouler avec une pente suffisante.

Les barrages s'appliquent avec le plus grand avantage aux petits cours d'eau, et également bien, comme nous venons de le voir, aux grands cours d'eau, qui, n'ayant pas une vitesse trop considérable, permettent sans de trop grandes dépenses l'établissement de barrages et constructions diverses en lit de rivière. Il est inconcevable sous ce rapport qu'on n'ait songé que dans ces dernières années à utiliser l'immense force motrice fournie par les eaux de la Seine (qui n'a que $0,60$ à $0,65$ de vitesse moyenne), passant à travers une ville si importante, comme ville de fabrique, que Paris, et où la force motrice, par suite de l'éloignement des mines de houille, a tant de valeur.

Utilisation de la force motrice des eaux de la Seine. Pour employer la force motrice des eaux de la Seine, il faudrait par un barrage les forcer à remonter à un niveau supérieur à leur hauteur naturelle. La position de ce barrage est clairement indiquée à la fin de la longue ligne de quais qui bordent la rivière des deux côtés pendant son passage à travers la ville, et dont elle ne peut atteindre le niveau dans les plus grandes crues. On peut admettre qu'un barrage de 2^{m} , qui ne fera pas gonfler les eaux dans la partie supérieure à la ville de 4^{m} , est largement admissible. Le conseil des ponts et chaussées, chargé de la réception des études faites pour le projet d'établissement d'un canal de Rouen à Paris, avait adopté divers barrages proposés en lit de rivière de 2^{m} de hauteur au-dessus de l'étiage comme ne pouvant présenter d'inconvénients; il admettait (voir l'ouvrage de M. Flachet), qu'avec des crues de 4^{m} le regonflement à l'amont ne serait que $0,44$ réduits à $0,25$ dans les crues de 6 à 8^{m} . Disons de suite que l'écoulement qui aura lieu par les canaux latéraux dont nous allons parler, rendrait encore moindre cette différence de niveau.

A l'étiage, la Seine débite environ $450^{\text{m}} \text{ par seconde}$ (la moyenne des basses eaux est 444^{m}); à la hauteur moyenne donnée par M. Arago (Annuaire de 1834) le débit est de 246^{m} . Le travail correspondant à ce volume d'eau élevé de 2^{m} est donc $450,000 \times 2 = 300,000 \text{ kilogrammètres} = 4000 \text{ chevaux-vapeur}$. Il serait de 6370 chevaux pour le débit moyen de 246^{m} .

Avec des appareils perfectionnés utilisant $75 \text{ p. } 400$ de la force théorique, la force utilisée serait de 3000 chevaux-vapeur, c'est-à-dire au prix de $500 \text{ fr. par force de cheval}$, prix bien inférieur à celui auquel elle revient quand on l'obtient au moyen d'une machine à vapeur à Paris, cette force perdue vaudrait donc $4,500,000 \text{ fr. de loyer annuel}$.

Nous ne pouvons prétendre donner dans cet aperçu une étude complète de cette intéressante question, nous avons seulement voulu prouver son importance et établir les conditions auxquelles il paraît facile de satisfaire. Ajoutons seulement qu'à l'extrémité de Paris, à l'endroit où devait être établi le barrage, s'étend la vaste plaine de Grenelle, dans laquelle se trouvent déjà beaucoup de fabriques; qu'il serait facile d'y creuser un lit artificiel dans lequel reflueraient les eaux de la Seine qui rejoindraient le bras principal en aval du barrage par des canaux transversaux recevant les roues hydrauliques ou turbines destinées à utiliser la force motrice. Ces organes devraient être disposés de telle sorte qu'ils

dussent, lors des crues de la Seine, utiliser toute la force motrice fournie par l'augmentation du volume d'eau pour compenser la diminution de la chute; enfin, dans les crues extraordinaires des canaux transversaux devraient être disposés pour compenser amplement la réduction de section résultant du barrage.

L'important résultat de rendre disponible à Paris une force motrice considérable, à un prix modéré, en quantité presque égale au travail des machines à vapeur actuellement existantes est un de ces immenses progrès qu'une administration municipale éclairée ne doit pas tarder longtemps à réaliser. Les exemples abondent de toutes parts pour prouver les avantages et la possibilité de l'exécution d'un pareil travail.

Disons encore ce qui est presque évident en soi, qu'une semblable disposition ne change rien à la navigation puisque les mêmes quantités d'eau passent toujours en lit de rivière, et qu'il suffit qu'un sas d'écluse soit placé dans le barrage, pour faire passer les bateaux d'un côté à l'autre.

Projet de M. Arago. M. Arago, auquel revient l'honneur d'avoir appelé le premier l'attention sur cette question, a proposé au conseil municipal d'organiser une abondante distribution d'eau dans Paris, au moyen de pompes mises en mouvement par des turbines placées au Pont-Neuf. C'est à la suite de cette étude qu'on a fait du petit bras de la Seine un sas de navigation.

Il nous semble que le savant secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences avait pris, contre son habitude, la question d'un point de vue trop spécial. Certes, c'est quelque chose que de doter la ville de Paris d'une abondante distribution d'eau et de compléter ainsi les beaux travaux que M. Girard et la municipalité de Paris, sous l'administration de M. de Chabrol, ont accompli en amenant à Paris pour cet emploi les eaux de l'Ouëre; mais est-il besoin pour cela d'une force motrice de 3000 chevaux? N'y a-t-il pas là de quoi faire plus que de distribuer de l'eau plus abondamment dans quelques quartiers; ne peut-on encore singulièrement aider au développement de la production industrielle de la capitale.

Ne connaissant pas les projets rédigés pour l'établissement des turbines au Pont-Neuf, nous ne ferons pas d'observation à ce sujet; nous ne doutons pas que la science de MM. Arago et Fourneryon n'eût triomphé des difficultés de la question, mais à première vue elles paraissent énormes. Dans un endroit où le lit de la rivière est rétréci par de nombreuses piles, disposer des turbines, des pompes, des barrages de diverses natures, etc., paraît une entreprise bien audacieuse, quand on pense aux crues énormes de la Seine et à la rapidité que prennent alors ses eaux. CH. LABOULAYE.

COUSSINETS. Ce sont dans les machines les pièces sur lesquelles s'appuient les tourillons d'arbres animés d'un mouvement circulaire continu, ou circulaire alternatif, pièces qui doivent être disposées de manière à embrasser exactement ces tourillons, et à pouvoir se rapprocher les unes des autres, pour remédier au jeu que produit nécessairement l'usé qui résulte des frottements. Ce sont donc des boîtes à frottement, d'ordinaire en deux pièces, quelquefois composées de trois, quatre, ou d'un plus grand nombre de parties, et que l'on graisse continuellement pour diminuer la résistance et pour empêcher le grippement, juxta-position intime du tourillon et du coussinet, dont l'effet infaillible est d'amener la prompte destruction des surfaces en contact.

Les coussinets sont toujours par paire; il ne faut donc pas les confondre avec les bagues, pièces de métal continues qui entourent un tourillon cylindrique et qui ne permettent pas de remédier à l'usé, avec les collets qui sont coniques intérieurement, où tourne un tourillon conique et à l'usé desquels on remédie en faisant

marcher ce collet ou l'arbre parallèlement à l'axe de rotation; enfin avec les *crapaudines*, espèces de gobelets dans le fond desquels on place un grain ou disque d'acier, et qui sont destinés à soutenir par son extrémité un arbre vertical, dont la partie inférieure porte alors le nom de pivot.

Les tourillons sont toujours en fer ou en fonte. On a essayé différentes matières pour les coussinets. D'ordinaire ils sont moins durs que les tourillons, et ce sont eux par conséquent qui supportent tout l'usé résultant du frottement. On les remplace facilement quand ils sont diminués par l'usage, et comme l'arbre se conserve de diamètre, on peut faire d'avance les coussinets de rechange pour lesquels on prévoit un usé rapide.

On emploie souvent pour les coussinets un métal fusible composé d'étain, de plomb, d'antimoine ou de zinc. En général, les compositions dans lesquelles entre le plomb font avec l'huile beaucoup de cambouis; le métal à coussinets des marchands fait beaucoup de boue pour les grandes pressions, il corrode sans que le rond souffre, mais quand l'arbre avance en même temps qu'il tourne, il s'use avec beaucoup plus de rapidité.

Le métal le plus généralement employé pour les coussinets est le bronze, alliage composé en moyenne de 20 p. 400 d'étain et de 80 p. 400 de cuivre; il contient quelquefois un peu de zinc; c'est un métal dur et cassant qui résiste bien au frottement, mais qu'on doit avoir soin de graisser continuellement. Sans cette précaution, il s'échauffe rapidement et grippe. C'est l'intermédiaire entre le métal des canons, qui contient 40 p. 400 d'étain, et le métal des cloches qui en contient 25, et qui peut aussi fournir de forts bons coussinets. La composition du bronze à coussinets varie suivant les divers ateliers, mais ne s'éloigne pas beaucoup des proportions que nous avons indiquées; il se fond facilement, se travaille mieux que le fer au burin, mais moins bien à la lime, qui glisse dessus et ne l'attaque que quand elle est neuve et qu'elle n'a pas encore limé du fer.

On fait aussi d'excellents coussinets en fonte grise; cette matière conserve bien l'huile, coûte beaucoup moins cher que le bronze, ne s'échauffe pas aussi facilement et s'use à peine, elle convient également pour les tourillons en fer et les tourillons en fonte.

Les coussinets en *gayac*, en *amandier* sont d'un prix peu élevé, conservent très bien les corps lubrifiants, ne grippent pas, mais chose remarquable, ils attaquent sensiblement le fer, aussi ne doit-on les employer que pour des mouvements continus de rotation; si on les employait pour des mouvements alternatifs, on ovaliserait les tourillons. On les emploie souvent pour supporter les arbres de roues hydrauliques. Le cormier, bois très dur, d'un tissu serré et uniforme, est aussi très bon pour coussinets.

Quelquefois on emploie une composition d'étain, d'antimoine et de zinc qu'on foud autour de l'arbre une fois qu'on l'a mis en place, on est alors dispensé d'un grand travail d'ajustage, et on obtient des coussinets très durs, s'attaquant peu, que l'on a pas besoin d'aléser; ils ne sont pas disposés d'ordinaire de manière à pouvoir être resserrés, et on les remplace quand ils prennent trop de jeu.

On peut aussi employer pour coussinets des matières plus dures que les tourillons eux-mêmes. Ces coussinets sont de très longue durée, conservent bien les graisses et usent peu les arbres; ils sont d'ordinaire en acier ou en *fonte blanche*. Le principal obstacle à leur emploi est la difficulté de leur construction; l'acier surtout se dérange à la trempe, et il est difficile de faire coïncider exactement le coussinet avec le tourillon. On doit rejeter un coussinet d'acier lorsqu'après la trempe il présente la moindre fissure, la moindre

COUSSINETS.

erique, parce que ce serait pour l'arbre une cause de détérioration très rapide.

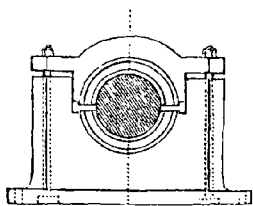
Les coussinets en fonte blanche ne présentent pas cet inconvénient, mais leur dureté les rend très difficiles à travailler, ils sont inattaquables à la lime; une fois mis en place, on ne peut pas les retoucher, si le tourillon ne coïncide pas exactement avec eux. Quand la machine marche, le tourillon s'use jusqu'à ce qu'il se soit incrusté dans le coussinet, tandis que lorsque l'on emploie le bronze l'arbre reste intact, et c'est le coussinet qui s'use et prend la forme convenable.

Ces diverses considérations font rejeter l'acier et la fonte blanche de la fabrication des coussinets. On devra cependant les employer toutes les fois que cela sera possible, l'usé produit par le frottement des tourillons sur les coussinets étant d'ordinaire fort peu de chose, quand les diverses pièces sont bien ajustées et que les coussinets sont graissés avec soin. Du reste, nous avons vu souvent le graissage être opéré par la machine elle-même, au moyen d'un petit système très simple qui, tous les 5 ou 6 tours de l'arbre, faisait tomber d'un réservoir supérieur une ou deux gouttes d'huile dans le coussinet.

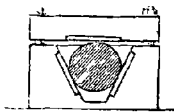
Quand le tourillon exerce successivement une pression sur tous les points du coussinet, ce qui arrive toutes les fois que les forces appliquées à l'arbre ne sont pas continuellement appliquées dans le même sens (cas qui se présente dans les mouvements alternatifs, et même dans beaucoup de mouvements circulaires continus), le coussinet s'use sur toute la circonférence et ne tend plus à s'ovaliser, mais alors à devenir un cercle d'un diamètre plus grand. Le mode de serrage indiqué dans la fig. 642 n'est plus suffisant, puisque, comme nous l'avons dit, il ne remédie à l'usé que dans un sens. On est obligé alors d'avoir recours à trois coussinets qui sont placés autour de l'arbre, dont on peut les rapprocher par des vis de rappel; la disposition devient compliquée et exige beaucoup plus d'ajustage. Il est cependant des cas où il faut y avoir recours. On emploie aussi quelquefois soit des tourillons et des collets coniques, ce qui n'est applicable que pour des arbres de faible diamètre, soit des coussinets formés de plaques d'acier trempé (fig. 643), disposition vicieuse parce qu'elle ne conserve pas la graisse.

On pratique d'ordinaire, pour le graissage des coussinets, un trou dans le chapeau à la suite d'un petit godet venu de fonte avec ce chapeau; ce trou se prolonge dans le coussinet, et de sa partie inférieure partent deux ou quatre *patte d'araignée*, espèces de rigoles en diagonale, pratiquées au burin dans la partie intérieure du coussinet et qui, constamment remplies de l'huile qui arrive du petit godet, la distribuent également sur toute la surface du tourillon. On remplit le petit godet d'huile une ou deux fois par jour.

Les coussinets doivent être ajustés très exactement sur le chapeau et sur le corps du support; ils ne doivent éprouver aucun ballonnement. On fait souvent leur partie extérieure en prisme à base carrée, et on pratique dans le corps du support une partie creuse exactement pareille; mais quand les coussinets sont



642.



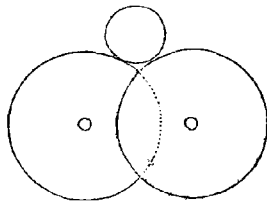
643.

gros, on perd beaucoup de bronze dans les angles. On les fait alors hexagonaux ou octogonaux, mais toutes ces formes sont difficiles et longues à exécuter, surtout quand on ne possède pas de machines à raboter pour abrégier le travail et qu'il faut faire tout au burin et à la lime.

Il est beaucoup plus simple de faire les coussinets cylindriques à l'extérieur, on alèse alors le trou du support. Le coussinet se fond d'une seule pièce, on l'alèse intérieurement, puis on place à ses deux extrémités des pièces de bois sur lesquelles on détermine exactement le centre du trou, qu'on marque avec un coup de pointe; on place alors la pièce sur le tour en faisant entrer les pointes dans les centres ainsi déterminés, et on tourne la partie extérieure au milieu de laquelle on a eu soin de ménager, en la fondant, une partie circulaire rentrante, qu'il n'est pas nécessaire de tourner et dans laquelle sont placés deux petits pitons cylindriques saillants, venus de fonte avec le coussinet, et qu'on arrondit à la lime; on perce ensuite à la main dans le corps et dans le chapeau du support deux trous du diamètre des petits pitons situés, ainsi que ces derniers, bien vis-à-vis l'un de l'autre, et dans lesquels ces pitons s'ajustent quand le coussinet est en place. De cette manière, le coussinet ne peut pas tourner dans la partie alésée du support; on le sépare alors en deux soit à la scie, soit au béane, on lime les surfaces coupées et on met en place les deux parties en intercalant entre elles des cales en bois. Ce procédé est de tous ceux qu'on emploie pour ajuster un coussinet dans un support, le plus simple et le plus expéditif.

On a employé quelquefois des coussinets à galets; le tourillon, au lieu de porter directement sur une partie alésée sur laquelle il éprouve un frottement de glissement ou frottement direct, est supporté par deux ou trois galets sur lesquels il ne glisse pas, mais qu'il fait tourner sur eux-mêmes. Le frottement de glissement n'a lieu que sur les axes des galets, au pourtour du tourillon, il n'y a qu'un frottement de roulement; les galets sont d'ordinaire beaucoup plus gros que le tourillon, en sorte que le chemin parcouru par les surfaces qui frottent directement les unes sur les autres est considérablement réduit; il y a donc moins de travail absorbé en pure perte par le frottement, moins d'usé, puisqu'on réduit la vitesse des surfaces frottantes et en outre une consommation moins considérable du corps gras lubrifiant.

D'ordinaire on n'emploie ces coussinets à galets que quand l'arbre pèse toujours dans le même sens, on met alors deux galets en dessous, rapprochés le plus possible afin que la pesanteur de l'arbre ne tende pas à les écarter et à fatiguer les essieux (fig. 644). D'autres



644.

fois, on ne met qu'un seul galet en-dessous et deux petits au-dessus (fig. 645); le grand galet, qui supporte la pression, tourne lentement, tandis que les petits, qui ne servent qu'à maintenir l'arbre, ont sans inconvénient un mouvement plus rapide; enfin, dans une application des coussinets à galets faite depuis peu, dans

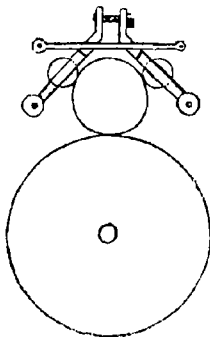
quelques voitures, on n'a employé qu'un seul galet, l'arbre étant maintenu par deux brides fixes dans les points où il ne porte pas.

On a fait une heureuse application de la disposition indiquée fig. 614, pour supporter les cloches; on n'a employé pour soutenir leurs tourillons, qui, comme on le sait, ont un mouvement circulaire alternatif, que deux secteurs des cercles, la circonférence entière devenant inutile; on est parvenu à réduire ainsi de beaucoup l'effort nécessaire pour maintenir leur mouvement oscillatoire. La même disposition a été aussi employée pour supporter des tourillons de roues hydrauliques.

On se demande pourquoi cette disposition économique sous le point de vue de la force motrice dépeignée n'est pas employée plus généralement. C'est qu'en industrie il ne faut se servir que de dispositions simples, d'une construction et d'un ajustage facile, et qui, surtout, ne puissent jamais se déranger. Or, ce n'est pas le cas des coussinets à galets, leur disposition est compliquée, il faut trouver deux ou trois points d'appui, faire coïncider très exactement le tourillon avec les galets et soigner l'entretien de trois ou quatre coussinets au lieu d'un seul. D'un autre côté, si on se rend compte des frottements et du travail absorbé par les coussinets ordinaires, on verra qu'ils ne consomment qu'une fraction extrêmement faible de la puissance de la machine, et que, bien entretenus, ils peuvent avoir une durée indéfinie. Il ne faut donc pas sacrifier des avantages aussi réels, aussi positifs à une économie que rend illusoire le moindre dérangement d'un coussinet à galets.

COUPELLERIE (*angl.* cutlery, *all.* messerschmied-arbeit). Les différents articles de couellerie se fabriquent soit avec de l'acier corroyé, soit avec de l'acier fondu. L'acier raffiné s'emploie pour les objets qui, comme les couteaux de table, les faux, etc., n'exigent pas une dureté très grande, et réclament une certaine ténacité. L'acier fondu est de toutes les espèces d'acier celle qui prend le poli le plus beau et le plus uniforme, qui est susceptible de recevoir par la trempe la dureté la plus grande et la plus égale, et qui, par suite, sert à la confection des articles de couellerie fine, tels que, les rasoirs, les canifs, les instruments de chirurgie, etc.; mais il est d'un prix plus élevé que l'acier raffiné et beaucoup moins tenace, de sorte que les instruments qui en sont confectionnés sont beaucoup plus fragiles; il est en outre plus difficile à travailler, parce qu'il doit être forgé à une température bien plus basse.

La fabrication des couteaux de table exige deux ouvriers: un maître et son aide. On commence par forger la lame en acier, on la décape, puis on la brase avec une tige en petit fer carré de 4 à 4 1/2 millimètres de côté, que l'on coupe ensuite de manière à ce qu'il en reste un bout de longueur suffisante pour former l'embase et la soie du couteau. L'embase commencée sur l'enclume est ensuite terminée au moyen d'une estampe formée de deux parties en fer acier à la surface. On reporte alors le couteau au feu, puis on achève de forger la lame au marteau, autant que faire se peut. On trempe ensuite la lame, en la chauffant au rouge et la plon-



615.

geant verticalement, la pointe en avant, dans de l'eau froide. On décape alors à blanc sur un point de la lame, et on la recuit en la chauffant jusqu'à ce que l'acier prenne une teinte bleue ou violette. Les couteaux sont alors livrés au repasseur.

Dans les couteaux ordinaires, on fait en fer non seulement la soie, mais encore le dos de la lame, et le tranchant seul est en acier.

Les soies des couteaux sont plates ou carrées. Les soies plates sont placées dans des manches formés de deux parties et y sont fixées au moyen de plusieurs rivets qui les traversent. Les soies carrées pénètrent dans un trou percé dans le manche qui est alors d'une seule pièce et y sont consolidées, soit en coulant dans l'intervalle du plomb fondu, soit au moyen d'un mastic fait avec un mélange de poix noire et de brique pilée. On donne quelquefois à la soie une longueur telle qu'elle traverse tout le manche, à l'extrémité duquel on la soude à une garniture en argent ou en cuivre doré que l'on fixe sur le manche.

Thomason, en Angleterre, a imaginé de souder des tranchants d'acier à des couteaux d'or et d'argent, on les lime ensuite, on les affûte, on les trempe, on les affine et on les polit; enfin on termine en gravant et ciselant l'or et l'argent.

Smith de Sheffield a imaginé, en 1827, de fabriquer au laminoin des couteaux entièrement en acier. Pour faire concevoir son procédé, supposons que l'on développe les deux cylindres et qu'on les grave de telle sorte qu'ils présentent chacun sur leur pourtour, dans un plan normal à leur axe, les deux parties d'un moule de couteau y compris la lame, l'embase et la soie. Si on présente entre ces cylindres une vergette d'acier chauffée au rouge, on obtiendra après le passage une suite de couteaux placés les uns au bout des autres. On peut également graver sur les cylindres une série de moules de couteaux parallèles à leur axe, et y passer une large barre méplate d'acier que l'on y présenterait de côté; les couteaux se trouveraient alors accolés suivant leur longueur. Dans tous les cas, on sépare chaque couteau à la cisaille, et on les termine comme à l'ordinaire.

Les fourchettes d'acier se fabriquent avec des baguettes carrées de 9 millimètres de côté. On forge d'abord la soie en laissant à l'une des extrémités un bout de la tige carrée de 25 millimètres de longueur, que l'on réchauffe et que l'on bat sur l'enclume en une partie méplate ayant un peu plus de l'épaisseur et de la longueur que doivent avoir les dents, ainsi qu'une largeur convenable. On termine alors la soie et le manche des fourchettes dans une matrice, puis on découpe les dents d'un seul coup au moyen d'un mouton emporte-pièce; on porte ensuite les fourchettes au rouge sombre, et on les laisse refroidir très lentement, afin de rendre plus facile le travail ultérieur, qui consiste à les terminer à la lime et à donner aux dents la courbure convenable. Cela fait, on les trempe et on les fait revenir au bleu.

Les lames de canif sont forgées par un seul ouvrier, qui se sert d'un marteau dont la panne n'a que 2 centimètres 1/2 de large et qui ne pèse que 4 kil. 1/2. Son enclume a une panne de 0m,26 de long sur 0m,13 de large et porte sur un creux en forme de coin, dans laquelle on peut placer une autre enclume plus petite dont la panne qui est carrée à 0m,05 de côté. On prend une vergette d'acier à l'extrémité de laquelle on forge, dans une première chaude, la lame et la soie qui presse contre le ressort et que l'on sépare ensuite au moyen d'un trancheur. On saisit alors la lame avec des tenailles, et, dans une seconde chaude, on achève la soie et on la perce; enfin, on reporte au feu, on termine la lame, et on y pratique à l'aide d'un poinçon, pendant qu'elle est encore rouge, l'entaille qui sert à l'ouvrir. On trempe ensuite la lame au rouge dans l'eau froide, et on recuit au rouge-pourpre.

CRAIE.

Les lames des couteaux de poche se fabriquent comme celles des canifs.

Le forgeage des lames de rasoirs exige deux ouvriers. On se sert d'acier fondu étiré en barres méplates, de 43 millimètres de large sur une épaisseur égale à celle que doit avoir le dos des rasoirs. L'enclume que l'on emploie est légèrement arrondie sur les bords, ce qui permet à l'ouvrier de donner à la lame, dans le sens de sa longueur, une légère concavité qui facilite et abrège beaucoup le travail du rémouleur. On trempe au rouge, puis on fait seulement revenir au jaunepaille.

Les ciseaux, quelle que soit leur grandeur, se forgent par un seul ouvrier. Son enclume, qui pèse environ 70 kil., a une panne de 0^m,28 de long sur 0^m,10 de large, sur laquelle on peut fixer diverses matrices qui servent à donner la dernière forme à certaines parties des branches des ciseaux; les anneaux qui les terminent se font avec des becs-de-canne de forme appropriée. On recuit les branches forgées, on les lime, on fore les trous qui servent à laisser passer le rivet qui les réunit, on en trempe la partie antérieure et on les fait revenir au bleu ou au rouge-pourpre. Les grands ciseaux sont ordinairement tout en fer, à l'exception des tranchants qui se font en acier.

Les articles de coutellerie sont ensuite dégrossis ou affûtés, effilés, puis polis.

L'affûtage (*angl.* grinding, *all.* vorschleifen) s'opère sur des meules de grandeur variable, suivant la nature des objets à affûter. On emploie des meules d'un grand diamètre pour les pièces composées de faces planes, tandis qu'elles doivent être d'un très faible diamètre pour les lames de rasoirs dont les faces sont concaves. La meule est ordinairement placée dans une cuve en tôle renfermant assez d'eau pour être toujours mouillée à sa circonférence, afin d'empêcher l'acier de s'échauffer au point de se détremper en partie.

L'affilage (*angl.* glazing, *all.* feinschleifen) se fait au moyen de meules en bois, quelquefois garnies à leur circonférence de cuir ou d'un anneau métallique formé d'un alliage d'étain et de plomb, et que l'on recouvre d'un mélange de suif et d'émeri de plus en plus fin.

Enfin, on donne le poli avec du rouge d'Angleterre ou colcothar, très fin et fortement calciné, sur des meules en bois recouvertes de peau de buffle. La vitesse de ces meules est beaucoup moindre que celle des meules qui servent à l'affûtage et à l'affilage.

CRAIE (*angl.* chalk, *all.* kreide). Chaux carbonatée blanche, terreuse, très friable, dont la densité varie de 2, 4 à 2, 6. Elle se trouve en couches dans le terrain crétacé et renferme souvent des lits de silex en rognons. Elle renferme aussi quelquefois un peu de silice et d'oxyde de fer. Purifiée par une ou plusieurs lévignations successives, elle porte le nom de *blanc de Troyes*, *blanc de Meudon*. Ses nombreux emplois, sur lesquels nous reviendrons dans le courant de cet ouvrage, sont trop connus pour nous y arrêter ici.

CRAYONS (*angl.* pencils, *all.* bleistifte). On donne ce nom à de petites baguettes de plombagine ou graphite, que l'on renferme ordinairement dans des cylindres en bois, et qui servent à écrire et à dessiner.

Les meilleurs crayons de plombagine anglais se préparent, en débitant à la scie, en parallépipèdes très minces, des masses de graphite très pur, préalablement chauffé en vases clos à une forte chaleur rouge. Ces crayons sont habituellement enchâssés dans des baguettes en bois de cèdre; depuis quelque temps on en taille beaucoup en petits cylindres assez courts qui se fixent dans des porte-crayons métalliques. Ces porte-crayons se composent d'un fil métallique dont l'extrémité repousse le crayon, retenu par le bout refendu du tube dont nous allons parler, qui fait ressort. Ce fil est soudé à une vis qui se termine par

CRAYONS.

une baguette glissant dans un diaphragme placé dans l'intérieur du cylindre qui forme le corps du porte-crayon. Le crayon lui-même est recouvert sur la plus grande partie de sa longueur par un tube creux s'assemblant à vis sur un autre tube cylindrique qui pénètre à frottement dans le corps du porte-crayon et se termine par un écrou qui embrasse la vis dont nous avons parlé. Lorsqu'on veut écrire, on fait tourner l'une des parties du porte-crayon, l'autre restant fixe, et on fait ainsi avancer dans l'écrou la vis qui porte le fil métallique jusqu'à ce que la pointe du crayon vienne légèrement dépasser le tube qui l'enveloppe.

En 1795, notre compatriote *Conté* inventa un procédé très ingénieux pour fabriquer artificiellement des crayons de mine de plomb d'excellente qualité, lequel fut encore perfectionné par son gendre, *M. Humblot-Conté*.

Ce procédé consiste à mélanger le graphite pulvérisé, ou toute autre matière colorante convenable, avec de l'argile très pure complètement exempte de chaux et de sable; puis à chauffer le tout en vases clos à une chaleur rouge. L'argile a la propriété de se durcir, par l'action de la chaleur, en acquérant plus ou moins de compacité suivant que la température a été poussée plus ou moins loin, ce qui permet d'obtenir des crayons offrant tous les degrés de dureté et de mollesse désirables. L'argile est préparée par lévigation, puis séchée. On réduit le graphite en poudre ténue, dans un mortier en fonte, puis on le tasse dans un creuset que l'on recouvre de son couvercle et que l'on porte à une forte chaleur rouge-cerise. Cette calcination a pour but de donner au graphite beaucoup de brillant et une grande mollesse. Le mélange de l'argile et du graphite se fait ordinairement à sec. La calcination du mélange doit s'opérer à une température d'autant plus basse, qu'il y a plus d'argile et que l'on veut obtenir des crayons plus mous. Les proportions les plus employées pour les crayons communs, sont de 2 ou 3 parties de graphite pour 4 partie d'argile; en les faisant varier, on peut obtenir des crayons présentant tous les degrés de dureté et toutes les nuances de couleurs désirables, avantage immense qu'offre ce mode de fabrication sur celui des crayons anglais, pour lesquels on doit se contenter d'employer le graphite tel que nous l'offre la nature. Les crayons de mine de plomb fabriqués par le procédé *Conté* ont en outre l'avantage pour le dessin, tout en étant aussi noirs, de présenter à un bien plus faible degré ce reflet métalloïde qui produit un effet si désagréable à l'œil. Néanmoins on peut leur donner ce brillant, en diminuant la proportion d'argile, et en donnant une dureté suffisante aux crayons par une forte calcination.

On s'assure que le graphite est assez finement pulvérisé, en y incorporant un peu d'argile, en prenant une faible quantité que l'on sèche et que l'on calcine, puis que l'on coupe avec un couteau, et examinant si la tranche présente un aspect parfaitement uniforme sans aucun point brillant; si l'on apercevait de petites paillettes de graphite, il faudrait encore continuer longtemps le broyage. Lorsque le graphite a enfin acquis un degré de ténuité suffisant, on y ajoute le reste de l'argile, et l'on incorpore le tout sur une table à molette en y ajoutant un peu d'eau, jusqu'à ce qu'on ait obtenu une bouillie claire parfaitement homogène, que l'on coule dans des moules ou rainures parallèles pratiquées dans des planches, préalablement bouillies dans de l'huile afin de détruire leur propriété hygrométrique, et que l'on recouvre ensuite avec d'autres planches en bois également bouillies dans de l'huile, que l'on serre contre les premières au moyen de machines à vis. L'air pénétrant peu à peu par les extrémités des rainures dessèche graduellement les crayons, qui se détachent à mesure des rainures par suite du retrait qu'ils éprouvent; on achève la dessicca-

tion à l'étuve, puis on sépare les planches, et on secoue les crayons sur une toile tendue sur un châssis.

Quelquefois on plante verticalement, sur le fond d'une caisse en tôle, une série de petites tiges en fer poli, de dimensions un peu plus fortes que celles des crayons que l'on veut obtenir, et on coule dans l'intervalle qu'elles laissent entre elles un alliage de plomb, étain, bismuth et antimoine, assez fusible. On retire ensuite les tiges de fer et on obtient ainsi une série de moules métalliques que l'on remplit avec la bouillie de graphite, puis que l'on fait sécher comme ci-dessus. Le retrait qu'éprouvent les crayons par la dessiccation permet de les retirer aisément; on les sèche ensuite à l'étuve.

Les crayons desséchés à l'étuve sont placés verticalement dans des creusets, dont on remplit ensuite les vides, en y saupoudrant du charbon pulvérisé, du sable fin ou des cendres de bois tamisées; on recouvre les creusets de leurs couvercles que l'on lute, et on les chauffe dans un fourneau, à une température déterminée par le degré de dureté que l'on veut obtenir, et que l'on règle à l'aide d'un pyromètre de Wedgwood. Cette température atteinte, on laisse les creusets se refroidir très lentement avant d'en retirer les mines.

Avant de renfermer dans des baguettes de bois, les mines destinées au tracé linéaire, on les chauffe légèrement et on les trempe dans de la cire fondue, opération qui leur donne une certaine douceur, et tend à diminuer l'usure de la pointe.

En ajoutant au mélange d'argile et de graphite, une certaine proportion de noir de fumée, on peut obtenir des crayons aussi noirs qu'on peut le désirer et qui sont surtout employés pour le dessin d'après nature.

Conté et Humblot ont découvert qu'on peut augmenter la dureté des crayons sans altérer leur qualité, en trempant les mines desséchées dans des dissolutions salines à divers degrés de concentration, puis les calcinant comme à l'ordinaire; ils recommandent de préférence le sulfate de soude.

On prépare, d'après Conté, les crayons les plus durs employés pour le dessin linéaire, avec un alliage composé de plomb, d'un peu d'antimoine et d'une très faible quantité de mercure.

Le travail de l'insertion de la mine de plomb dans un cylindre de bois est trop simple pour qu'il soit nécessaire d'en parler longuement. Il consiste à former ce cylindre de deux parties que l'on colle ensemble; dans la plus épaisse de ces parties se loge la mine de plomb, dans une rainure pratiquée en son milieu. Ce travail très simple se fait le plus souvent dans les campagnes, à un prix de revient extrêmement modique. Les laborieuses populations de la Bohême, qui produisent cette immense quantité de jouets d'enfants en bois, connus sous le nom de jouets de Nuremberg, fabriquent des quantités énormes de crayons communs.

On s'est proposé dans ces derniers temps d'obtenir ce travail par procédé mécanique. Une machine montée par M. Roger, mécanicien, pour M. Desprez-Guyot, a résolu le problème complètement, et la production est si rapide et si économique, que c'est le débouché qui en pose la limite.

Donnons-en une idée en quelques mots.

Les planches de cèdre sont refendues par des scies à l'épaisseur voulue, et d'une longueur correspondante à celle de six crayons. Des fraises de forme convenable enlèvent le bois sur toute la largeur de la planche, de manière à former des surfaces cylindriques. Une fraise placée de l'autre côté enlève sur les 2 planches la place

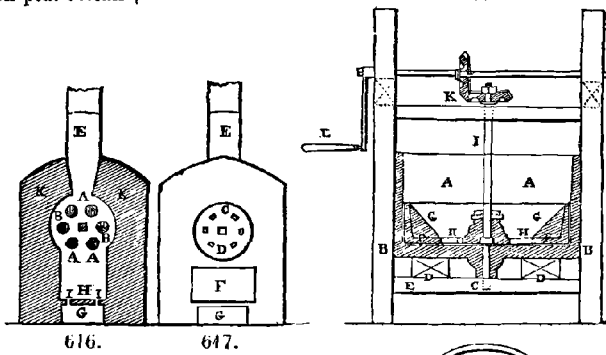
que doivent occuper les mines; celles-ci, de forme circulaire, fabriquées de la longueur d'un crayon, sont répandues sur la planche au moyen d'une trénaie et viennent se ranger dans les entailles. Auparavant les planches sont enduites de colle-forte destinée à les assembler, puis passent à travers une filière-pressé qui les comprime. Au sortir de cette presse, les planches réunies rencontrent des couteaux qui divisent les crayons, en refendant les petites épaisseurs de bois qui les réunissent; enfin une scie n'opérant qu'à intervalles réguliers vient couper transversalement les crayons terminés à la longueur voulue.

Il est aisé de comprendre qu'en répétant cette machine élémentaire un certain nombre de fois, il est facile d'obtenir à très bas prix, et par un procédé presque entièrement automatique, une production réellement illimitée.

Crayons à dessin, crayons au pastel (angl. crayons. all. pastellstifte). On donne ce nom à des crayons cylindriques ou carrés, courts et tendres, diversement colorés, dont on se sert pour dessiner.

Les crayons noirs se font en mélangeant du noir de fumée très fin avec deux tiers environ d'argile, puis passant la pâte à la filière ou la comprimant dans des moules ayant la forme d'une pyramide quadrangulaire trouquée; on les cuit ensuite en vase clos, sans aucune préparation préliminaire, dans ce dernier cas, et après les avoir roulés sur un drap pour les lisser, dans le premier cas.

Le fourneau dans lequel s'opère la cuisson est représenté en coupe et en élévation dans les fig. 646 et 647.



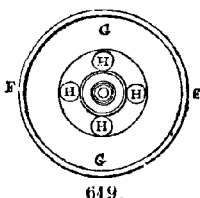
646.

647.

senté en coupe et en élévation dans les fig. 646 et 647. La partie essentielle de ce fourneau consiste en six tubes A, A, dont le diamètre dépend du degré de conductibilité pour la chaleur du mélange dont les crayons sont composés, et dans lesquels on introduit les crayons à cuire.

On place en même temps dans ces tubes des tiges de fer carrées, qui les dépassent et servent à fixer à leurs extrémités deux plaques circulaires C D, percées de trous correspondants, et traversées en outre par un axe central suspendu sur des coussinets, de telle sorte que l'on puisse faire tourner tout l'ensemble du système, comme dans les tourne-broches usités dans nos cuisines, de manière à produire une cuisson aussi égale que possible.

Les crayons rouges, dits de sanguine, se préparent en débitant à la scie la sanguine (fer oxydé rouge compacte), si la dimension des morceaux le permet, ce qui est souvent difficile, ou en mêlant cette substance broyée à l'eau avec une certaine quantité de mucilage de gomme arabique, auquel on ajoute quelquefois un peu d'eau de savon.



649.

Les crayons blancs s'obtiennent par le sciage de morceaux de craie blanche et de bonne qualité.

Les crayons ou pastel sont ordinairement cylindriques ; on les fabrique avec un mélange de terre de pipe bien fine et de matières colorantes convenables, que l'on moule et que l'on fait ensuite sécher. Les frères *Jost*, à Paris, qui sont renommés pour leurs pastels, les préparent avec un mélange de : 42 parties de terre de pipe, 42 p. de matière colorante (comme le bleu de Prusse, l'orpiment, la céruse, le vermillon, etc.) en poudre, 6 p. de gomme laque, 4 p. d'esprit-de-vin et 2 p. de térébenthine. L'argile, préalablement purifiée par lévigation et séchée, est réduite en poudre impalpable, puis mélangée avec la gomme-laque dissoute dans l'esprit-de-vin, la térébenthine et enfin la matière colorante. On remplit de ce mélange un cylindre creux en cuivre, de 5 centimètres de long sur 4 de diamètre, et fermé à l'un des bouts par une plaque percée de trous circulaires, dont le diamètre dépend de celui des crayons que l'on veut fabriquer. On chasse ensuite la pâte à travers les trous avec un piston, que l'on force à entrer dans le cylindre au moyen d'une forte presse, et on obtient ainsi des crayons passés à la filière, qu'il ne reste plus qu'à couper de longueur convenable et à sécher à une douce chaleur. Comme la qualité des crayons dépend entièrement de la finesse de leur pâte, il est très avantageux de broyer mécaniquement les couleurs et l'argile, ce qui se fait souvent au moyen du moulin représenté fig. 618 et 619 : la meule est en fonte et percée de trous H, par lesquels la couleur que l'on verse à l'état de bouillie liquide dans la cuve conique G, s'introduit au centre de la meule et sort, par l'effet de la force centrifuge, à la circonférence pour repasser de nouveau par les mêmes trous, jusqu'à ce qu'elle soit suffisamment broyée. L'axe I de la meule est mis en mouvement par la manivelle L, au moyen d'un système de roues d'angles K.

CREOSOTE. C'est le plus important des cinq composés découverts par Reichenbach dans le goudron, et il doit son nom à la propriété anti-septique extrêmement développée qu'il possède. Les quatre autres composés, savoir : la *paraffine*, l'*eupione*, le *picamar* et le *pittacall*, n'offrent d'intérêt que sous le rapport scientifique. On peut extraire la créosote soit du goudron végétal, soit de l'acide pyro-ligneux brut. Voici comment on opère pour la retirer du goudron végétal.

On distille le goudron en commençant seulement à recueillir le produit qui passe à la distillation, lorsqu'il a atteint une réaction fortement acide, et s'arrêtant dès que le goudron a pris la consistance de la poix et qu'il commence à se former dans l'allonge des nuages blanchâtres de paraffine. Le produit recueilli se sépare en trois couches de densités différentes ; la première et la dernière sont huileuses, et la couche intermédiaire est aqueuse. On décante les deux couches supérieures avec un siphon, et la dernière sert seule à la préparation de la créosote.

On sature cette liqueur huileuse avec du carbonate de potasse, on laisse déposer, puis après avoir décanté la masse huileuse qui surnage, on la soumet à la distillation. On rejette les premiers produits qui passent à la distillation et qui sont plus légers que l'eau : ils contiennent peu de créosote ; on recueille l'huile pesante qui passe ensuite, on l'agite à plusieurs reprises avec de l'acide phosphorique étendu, pour séparer une petite quantité d'ammoniaque qu'elle renferme, puis on décante et on agite à plusieurs reprises avec de l'eau pure, en laissant reposer et décantant chaque fois, jusqu'à ce que la liqueur n'ait plus aucune réaction acide, enfin on la distille avec de l'eau et un peu d'acide sulfurique. Le produit ainsi obtenu est tout à fait incolore, et se compose de créosote renfermant encore un peu d'eupione. Pour le purifier, on y ajoute une dissolution

de potasse d'une densité de 1,42, qui dissout la créosote tandis que l'eupione vient surnager à la surface, et peut être alors séparée par décantation ; on laisse ensuite reposer pendant quelque temps au contact de l'air la dissolution alcaline de créosote, qui se noircit alors par la décomposition de quelques matières étrangères qu'elle renfermait encore, puis, on sature l'alcali par de l'acide sulfurique ; on décante la créosote qui s'est séparée du sulfate de potasse et on la distille de nouveau. On répète à plusieurs reprises ce traitement successif par la potasse et l'acide sulfurique, jusqu'à ce que la créosote ne brunisse plus au contact de l'air.

Pour retirer la créosote de l'acide pyro-ligneux, on sature ce dernier à la température de 75° avec du sulfate de soude effleuri ; il se forme à la surface de l'acide une couche huileuse que l'on décante et qu'on laisse reposer quelques jours, pendant lesquels il se sépare encore un peu d'acide pyro-ligneux ; on la sature ensuite à chaud avec du carbonate de potasse, puis on la distille avec de l'eau, et on purifie la créosote impure qui passe à la distillation, comme nous l'avons dit ci-dessus, avec de l'acide phosphorique, etc..

La créosote ainsi obtenue est un liquide oléagineux, d'une saveur brûlante et amère, qui possède une odeur particulière qui se rapproche de celle de la viande fortement fumée ; sa pesanteur spécifique à 20° est de 1,037 ; elle n'a aucune réaction alcaline ou acide. Un froid de 27° au-dessous de zéro ne la congèle pas ; elle est assez volatile et bout sous la pression atmosphérique à la température de 203° ; enflammée au moyen d'une mèche de lampe, elle brûle avec une flamme fuligineuse.

En agitant à 45° de la créosote avec de l'eau, on obtient deux combinaisons de densité différente renfermant pour 4 partie de créosote, 10 et 400 p. d'eau. Elle se mélange en toutes proportions avec l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone et les huiles volatiles. Elle dissout facilement l'iode et le phosphore, ainsi que le soufre à chaud, mais par le refroidissement ce dernier se sépare à l'état cristallin. Elle forme avec les alcalis et plusieurs autres bases des combinaisons que l'on ne peut guère regarder comme de véritables sels. Elle dissout nombre de résines, toutes les huiles et beaucoup de matières colorantes, même l'indigo. Elle coagule l'albumine ; mêlée à de l'oxyde rouge de mercure, elle se convertit en une masse résineuse, tandis que le mercure est réduit à l'état métallique. Les acides sulfurique et nitrique concentrés la décomposent. Sa composition est représentée par la formule atomique C²⁰ H¹⁶ O², qui correspond à deux volumes de vapeur.

La créosote est surtout remarquable par la propriété qu'elle possède de préserver complètement de la putréfaction les substances organiques. On plonge, pendant un quart d'heure environ, les substances à conserver dans une dissolution aqueuse de créosote très étendue, puis on les laisse égoutter et on les fait sécher à l'air libre. C'est sans contredit à la créosote qu'elle contient qu'on doit attribuer les propriétés anti-septiques de la fumée. On ne peut expliquer cette propriété par la coagulation de l'albumine, car celle-ci seule, et coagulée sans créosote, éprouve assez rapidement la fermentation putride. La créosote agit aussi très énergiquement sur l'économie vitale, et prise à l'intérieur elle joue le rôle d'un poison très violent. Placée sur la peau elle cause un picotement douloureux, et peut même l'altérer profondément lorsqu'elle est pure.

La créosote est très employée en médecine, surtout contre les maux de dents ; il faut avoir soin, dans ce dernier cas, de ne pas l'appliquer sur les gencives qu'elle dépouillerait au vif. Quoique ce soit un médicament précieux dans beaucoup de circonstances, ses propriétés médicales ont généralement été beaucoup trop exaltées.

CRÈPE (*angl.* crape, *all.* krepp, flor). Le crêpe est un tissu particulier qui se fait avec de la soie brute non décreusée. Teint en noir il est principalement employé pour toilettes de deuil. Le crêpe blanc sert à faire des voiles. Le crêpe a été inventé à Bologne. Actuellement il se fabrique surtout à Lyon en France, et à Norwich en Angleterre.

CREUSET (*angl.* crucibles, *all.* schmelztiegel). Les creusets sont des vases généralement destinés à contenir les corps auxquels on veut faire supporter une température élevée. On fait souvent des creusets métalliques, mais ici nous ne parlerons que des creusets argileux. Les creusets se divisent, suivant l'usage auquel on les destine, en des classes assez variées. La plus distincte est celle des creusets dits de plombagine, dont la pâte contient du graphite; ils sont très bons, en ce sens, qu'ils supportent de très hautes températures sans se fondre, qu'ils ne cassent pas au feu, et enfin qu'ils résistent à l'action de beaucoup de corps. Comme le prix de revient de ces creusets est encore assez élevé, on remplace souvent le graphite par du coke grossièrement pulvérisé (voyez **ACIER**).

Parmi les creusets purement argileux, il en est qu'on peut rendre imperméables, tels sont ceux de porcelaine. Ces creusets cassent facilement au feu. Il en est d'autres, et c'est le plus grand nombre, pour lesquels on ne recherche pas cette qualité; ceux-ci sont poreux, à pâte grossière, et résistent fort bien en général au changement de température.

Les creusets poreux se laissent pénétrer par l'air, ce qui importe peu, mais ils ont le grand inconvénient de se laisser aisément traverser par tous les sels en fusion. Ainsi le nitre et le sel marin en fusion passent au travers, mais il n'en est pas de même des métaux ou des produits qui ne fondent pas au feu. Dans ces derniers cas on emploie de préférence ces creusets, puisque ce sont ceux qui supportent les plus grands coups de feu et les changements de température les plus brusques, sans être fondus ou cassés. Les célèbres *creusets de Hesse* offrent le type des creusets poreux. D'après M. Berthier ils se composent de :

Silice.	0,709
Alumine.	0,248
Oxyde de fer.	0,033
Magnésie.	traces
	<hr/>
	0,995

On les obtient au moyen d'une argile très alumineuse que l'on trouve aux environs d'Almsrode, et à laquelle on mêle beaucoup de sable quarzeux. Ils sont très réfractaires et supportent bien des changements brusques de température; mais la forte proportion de silice qu'ils renferment, fait qu'ils s'attaquent aisément par la litharge et les autres oxydes métalliques très fusibles. D'un autre côté, leur grain très grossier rend leur emploi peu commode dans beaucoup d'opérations où l'on tient à recueillir exactement les produits. Ils sont sonores, peu épais, évasés sous la forme triangulaire par le haut, et assez solides pour supporter facilement le transport. Les petits creusets de Hesse, chauffés au rouge, peuvent être jetés dans l'eau froide sans casser.

Les creusets de Beaufay, à Paris, contiennent, d'après M. Berthier :

Silice.	0,646
Alumine.	0,344
Oxyde de fer.	0,040
	<hr/>
	4,000

Ils sont fabriqués avec un mélange d'argile crue d'Andennes, près Namur, simplement mélangée de ciment de la même argile sans addition de sable. On les enduit avant la cuisson d'une couche mince d'argile, pure et crue, qui rend leur surface plus lisse et plus

unie. Ces creusets sont surtout remarquables, en ce que leur pâte étant très dense, ils peuvent néanmoins supporter des changements brusques de température. Leur composition indique, au reste, qu'ils sont très réfractaires, et l'expérience montre qu'ils le sont même plus que ceux de Hesse. Moins riches en silice que ces derniers, ils résistent mieux à l'action corrosive de la litharge en fusion.

La pâte des creusets est toujours formée d'un mélange d'argile crue et de ciment. Quelquefois le ciment est du coke grossièrement pulvérisé ou du sable; mais le plus ordinairement il se compose d'argile cuite au rouge, puis pulvérisée. Le mélange se fait habituellement dans les proportions de 4 partie d'argile crue pour 3 p. d'argile calcinée, et s'opère soit à l'aide d'un moulin, soit le plus souvent en le faisant marcher. Le ciment a pour but de diminuer le retrait de la pâte, et de l'empêcher de se fendre tant pendant la dessiccation et la cuisson que lorsque les creusets éprouvent des changements brusques de température, ce qui est une des propriétés des pâtes poreuses.

Les petits creusets se fabriquent par moulage, de la même manière que ceux employés à la fabrication de l'**ACIER fondu** (voyez ce mot); les grands creusets, au contraire, tels que ceux de *terrerie* (voyez **VERRE**) se fabriquent à la main avec un sans moule. Enfin on peut aussi couler les creusets dans des moules en plâtre par le procédé indiqué par M. Cameron. Pour cela on délaie de l'argile crue dans de l'eau, de manière à former une bouillie claire qu'on passe au travers d'un tamis de soie; on laisse déposer pendant quelques heures, on décante l'eau surnageante, on ajoute alors au résidu 7 parties de sable ou de ciment fin pour 47 d'argile. La bouillie argileuse étant ainsi préparée, on en remplit les moules de plâtre, préalablement parfaitement desséchés; au bout d'une demi-heure on décante la portion liquide; on laisse un peu sécher la couche qui s'est attachée au moule, puis on emplit et on décante une seconde fois, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait obtenu une épaisseur convenable. Si les moules sont faits de deux pièces, on les sépare pour enlever les creusets dès que ceux-ci ont pris une consistance suffisante. On fait ensuite sécher complètement les moules avant de s'en servir de nouveau. Enfin on forme quelquefois avec la pâte argileuse des cylindres pleins, qu'on fore ensuite, lorsqu'ils ont pris assez de consistance, à l'aide d'une mèche ou d'une cuillère de forme convenable.

Lorsque les creusets ont été séchés autant que possible par l'exposition à l'air, on les fait cuire dans un four à poteries; on évite en général de les chauffer au point de vitrifier un peu leur surface, parce qu'ils deviennent alors plus cassants; il suffit qu'ils aient pris assez de consistance pour supporter les transports quand on ne les emploie pas sur les lieux. Ils achèvent de se cuire dans l'opération même à laquelle ils sont destinés.

Les creusets compactes peuvent être réfractaires et imperméables, mais ils sont toujours sujets à se casser lorsqu'on les laisse refroidir. On les prépare soit au moyen d'un ciment très fin d'argile apyre, quand on veut qu'ils soient réfractaires, soit en se servant d'une argile un peu fusible et poussant la cuisson jusqu'au point où la terre éprouve un commencement de vitrification.

Creusets brasqués. Comme toutes les substances oxydées agissent chimiquement sur les creusets, et qu'en outre un grand nombre de métaux et de leurs composés adhèrent fortement à leurs parois et sont même susceptibles de les traverser par voie de capillarité, on a imaginé depuis longtemps de remplacer ces creusets, dans la plupart des essais docimastiques, par des creusets formés en forant une cavité dans des morceaux de

CREUSET.

charbon bien saisi qu'on plaçait dans des creusets en terre, et qui ne présentaient pas les mêmes inconvénients. La difficulté de se procurer des morceaux de charbon entièrement exempts de fissures a fait ensuite remplacer les creusets de charbon par des *creusets brasqués*; ce sont des creusets de terre dont les parois intérieures sont garnies d'une couche de charbon. On peut les considérer comme des creusets de charbon munis extérieurement d'une enveloppe d'argile réfractaire; ils sont solides, toujours exempts de gerçures, faciles à préparer, et ils jouissent des mêmes propriétés que les creusets de charbon massif sans en avoir les inconvénients.

Pour brasquer les creusets, on se sert de charbon de bois trié, on le pile, on le passe au tamis de soie, et l'on humecte la poussière avec de l'eau, en l'agitant avec une spatule et la pétrissant entre les doigts jusqu'à ce qu'elle ait acquis assez de consistance pour se pelotonner, sans cependant être assez humide pour adhérer à la main. On mouille le creuset à brasquer en le plongeant dans l'eau et le retirant presque aussitôt; on y met l'épaisseur de 1 à 2 centimètres de brasque, puis on tasse très fortement cette brasque, en tenant le creuset de la main gauche, appuyé sur un sol résistant, et frappant la brasque de la main droite avec un pilon en bois, d'abord à petits coups, puis à coups redoublés, jusqu'à ce que la poudre de charbon ait acquis toute la consistance qu'elle est susceptible de prendre. Sur cette couche ainsi tassée on en met une autre, que l'on tasse de la même manière, et ainsi de suite jusqu'à ce que le creuset soit entièrement rempli, en ayant grand soin de rendre la brasque aussi dure que possible, surtout près des parois du creuset. Pour que les différentes couches de brasque adhèrent entre elles, et ne forment qu'une masse homogène, il est nécessaire de rayer en divers sens la surface de chaque couche tassée, avec la pointe d'un couteau, avant de mettre par dessus une nouvelle couche de charbon. Quand le creuset est entièrement rempli, on creuse dans la masse de brasque une cavité conique, de même forme à peu près que le creuset, avec un couteau pointu à lame mince, en commençant par le centre, puis élargissant et approfondissant successivement et symétriquement la cavité. Celle-ci étant achevée, on en polit les parois en les frottant fortement avec un tube de verre arrondi, que l'on tient bien serré dans la main droite. Cette précaution est nécessaire, pour que les grenailles métalliques qui se produisent dans les essais ne soient pas retenues par les aspérités de la brasque, et puissent se réunir en un seul culot, en obéissant librement à l'action de la pesanteur. Lorsqu'un creuset brasqué est bien préparé, les parois de la cavité sont lisses et luisantes comme si elles avaient été dressées au tour. Ordinairement, on laisse au fond des creusets 40^{mm} environ d'épaisseur de brasque et 3 à 4^{mm} sur les parois; mais dans certains cas, comme par exemple lorsque la matière que l'on a à fondre est susceptible de s'infiltrer dans le charbon et d'agir sur les creusets de terre comme fondant, on donne à la brasque une beaucoup plus grande épaisseur, surtout sur les parois.

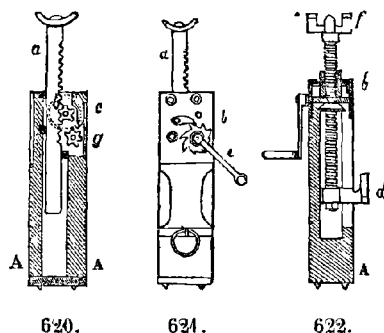
Lorsque les creusets brasqués sont préparés avec soin, on peut les conserver pendant longtemps avant de s'en servir, surtout si on les place dans un lieu humide et si on a soin de les couvrir.

CRIC (*angl.* jack, *all.* wagenwinde). Le cric est une machine dont on se sert pour élever des poids considérables.

Les fig. 620 et 621 représentent le cric simple ordinaire, le plus répandu; il consiste en une pièce de bois d'environ 75 centimètres de long, sur 25 centimètres de largeur et 45 cent. d'épaisseur; il présente dans sa longueur une entaille carrée dans laquelle est adaptée une barre de fer *a*, dentelée en forme de cré-

CRIC.

maillère, terminée par une double griffe ou croissant à son extrémité supérieure; un petit pignon s'engage dans les dents de cette barre de fer, et est supporté par des bandes de fer qui sont solidement fixées par des vis à chaque côté de la pièce de bois. Une extrémité de l'axe du pignon sort à travers la pièce de bois, et porte une manivelle qui fait tourner le pignon, et par suite, monter et descendre la crémaillère *a*. La griffe placée au bout de la crémaillère soulève alors le poids sous lequel on l'a placée. Afin d'empêcher le poids du fardeau de faire retomber le pignon, la manivelle est retenue par un rochet adapté sur la partie extérieure du bloc de bois dans lequel est la crémaillère.



Quand on a besoin d'une plus grande puissance que celle que peut produire ce cric ordinaire, on fait usage d'une combinaison de roues dentées, comme on le voit dans la fig. 620: A A, est le bloc en bois, que l'on fait dans ce cas assez large pour recevoir la roue dentée *c*, qui est fixée au pignon *b*, lequel engrène dans les dents de la crémaillère.

g est un second pignon composé de 6 dents qui agissent sur la roue *b*, et l'axe de ce pignon sort par le côté du bloc de manière à ce que la manivelle puisse y être fixée. Le bloc A A, est partagé en deux; et l'entaille pour placer la roue *g*, ainsi que le pignon *c*, est pratiquée dans une des moitiés du bloc; l'autre moitié est unie et supporte les autres pivots de la roue et des pignons. Ces deux moitiés sont jointes ensemble par de forts liens ou frettes, attachées à l'extérieur. La crémaillère porte souvent à sa partie inférieure une griffe recourbée, qui se projette de côté par une ouverture ou une entaille pratiquée dans la moitié de la face du bloc. Cette griffe peut être placée sous une pierre posée presque à la surface du terrain, et qui, par conséquent, ne peut recevoir d'action de la part de la griffe, placée en haut de la crémaillère. Pour empêcher le fer de descendre quand il est chargé d'un poids, le petit rochet *o* s'engage dans ses dents, mais s'en dégage en montant; quand il ne faut plus retenir le poids on peut le faire tourner à la main.

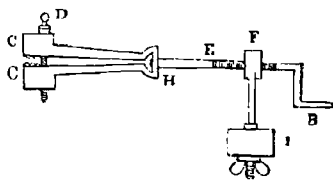
La fig. 622 représente un cric à vis. Le bloc de bois A A est percé dans presque toute sa hauteur, et dans une assez grande largeur pour permettre à la vis de se mouvoir en haut et en bas sans toucher. La vis passe au travers d'un écrou *b* qui est fixé dans le haut du bloc A; en faisant tourner la vis, on la fait monter dans l'écrou, et on élève la griffe *f*. Cette griffe est fixée au haut de la vis par un collet arrondi qui permet à la vis de tourner sans faire tourner la griffe *f*. La griffe inférieure *d* est adaptée comme dans le cric précédent au bas de la vis. Quatre pointes courtes, mais solides, fixées au bas de la pièce de bois AA, servent à l'empêcher de glisser lorsqu'elle s'appuie sur un sol résistant. La vis est terminée en bas par une tige carrée sur

laquelle est montée une roue dentée qui engrène avec une vis sans fin, mue par une manivelle qui met tout le système en mouvement; la roue dentée n'étant pas calée sur l'axe carré de la vis n'en suit pas le mouvement ascendant ou descendant.

On donne aussi le nom de *crie à vis* à un appareil destiné à assujettir fortement, au moyen d'une chaîne qui les entoure, les ballots chargés sur une voiture. Deux forts écrous sont adaptés au moyen de crochets, aux chaînes extrêmes, qu'il s'agit de réunir pour serrer convenablement la chaîne sur les ballots. On fait entrer dans ces deux écrous les extrémités de deux vis, réunies par une pièce de fer carrée, qui forme ainsi le milieu de l'appareil. L'une de ces vis a son pas à droite, l'autre l'a à gauche. En faisant tourner la pièce de fer carrée, au moyen d'un petit levier dont le bout s'insère dans des trous qui y sont pratiqués, on rapproche les deux écrous l'un de l'autre, et l'on serre d'autant la chaîne qui enveloppe les ballots.

CRIN (*angl. hair, all. haar*). Les crins que l'on trouve dans le commerce sont plats ou frisés; ces derniers, qui sont très courts, sont tordus de manière à former une corde que l'on fait bouillir dans de l'eau, pour leur donner une forme tortillée et une certaine élasticité; on s'en sert pour bourrer des matelas, etc. Les crins longs sont tissés et servent à la fabrication des tamis, de la crinoline, à recouvrir des meubles, etc. Dans ce dernier cas on teint souvent le crin de la manière suivante: on prend 20^l de crin de la queue d'un cheval, de 0^m,60 à 0^m,70 de longueur, et on les laisse macérer pendant 42 heures dans de l'eau de chaux. On prépare une teinture de 4^l de bois de campêche, par une ébullition de 3 heures de temps; on retire le feu, on ajoute au bain 625 grammes de sulfato de fer, et après avoir agité pour effectuer le mélange, on y plonge le crin préalablement bien lavé à l'eau courante au sortir du lait de chaux. Au bout de 24 heures, l'opération est terminée.

Le métier à tisser le crin diffère des métiers ordinaires par le temple et la navette. Au lieu de temple on se sert de deux pinces à vis en fer pour tenir l'étoffe également et légèrement tendue. Ces pinces dont l'une est représentée fig. 623, consistent en deux mâchoires C, C,



623.

garnies de dents sur leur surface intérieure, que l'on serre au moyen d'une vis D. La pince est montée en H sur une vis E, qui se termine par une manivelle B et passe dans un écrou F placé à l'extrémité d'un boulon à vis qui traverse le montant latéral I du métier. Au moyen de ces deux mouvements rectangulaires, il est facile de donner aux pinces telle position que l'on désire. La chaîne du tissu se fait en fil noir, la trame seule est en crin. Pour introduire le crin entre les fils de la chaîne, on se sert d'une navette particulière, qui se compose d'une longue règle en bois de buis ou tout autre bois dur, dont la longueur est de près de 4^m, la largeur 20 à 30^{mm} et l'épaisseur 4^{mm}, et qui se termine à l'une de ses extrémités par un fuseau en acier et un crochet. L'ouvrier passe d'abord la navette entre les fils et en la retirant y laisse un crin qu'un enfant accroché à l'extrémité de la navette. Les crins sont placés en botte près de l'enfant, dans un baquet plein d'eau, ce qui leur donne la flexibilité nécessaire. Chaque fois

que l'on a passé un crin, on frappe deux fois de suite le battant. La chaîne est enduite comme à l'ordinaire avec un parement d'amidon. Enfin on donne à l'étoffe de crin le lustre nécessaire par le calandrage.

CRISTAL. Voyez VERRE.

CRISTALLISATION. Quand un liquide est saturé de substances solubles, si l'on diminue la quantité du liquide soit par évaporation au moyen de la chaleur, soit par évaporation spontanée, à l'air libre comme dans les marais salants, le corps dissous se dépose, en proportion de l'eau évaporée au-delà du point de saturation, l'eau seule disparaissant à l'état de vapeur (bien entendu que nous ne parlons ici que des corps solides dissous dans l'eau).

Pendant cette action d'évaporation et surtout quand on laisse refroidir le liquide dont le point de saturation s'est élevé par l'effet de la chaleur, les corps dissous se déposent lentement et cristallisent.

C'est sur ce procédé que reposent les épurations de tous les produits chimiques de la nature des sels. Si la dissolution contient plusieurs substances inégalement solubles, celles-ci se déposant à des époques différentes seront ainsi séparées. Toutefois, les cristaux obtenus par une première cristallisation, sont toujours imprégnés des eaux-mères tant à la surface qu'entre les lamelles cristallines, indépendamment de quelques cristaux de substances plus solubles qui ont pu se déposer. En redissolvant ces cristaux dans une faible proportion d'eau pure, pour obtenir une nouvelle cristallisation, l'eau-mère très soluble et répartie dans une plus grande masse, ne pourra plus avoir d'effet sensible, et les substances plus solubles resteront dans les nouvelles eaux-mères. Par plusieurs cristallisations successives, on peut obtenir des produits parfaitement purs, bien que provenant de matériaux dans lesquels ils étaient mélangés avec un grand nombre d'autres substances.

CROISEMENT DES RACES ET DES ESPÈCES (amélioration des animaux domestiques). On appelle *croisement* l'accouplement de deux individus appartenant à des espèces ou à des races différentes. Le premier de ces croisements ne peut avoir lieu qu'entre des espèces ayant entre elles de très grandes ressemblances; ainsi on fait reproduire ensemble l'âne avec la jument, le canard avec la cane ordinaire, etc. Ce croisement donne naissance à des produits inféconds appelés *mulets*.

Nous nous occuperons surtout du *croisement* des races ou du *métissage*, car ces mots sont considérés comme synonymes, bien que quelques auteurs aient cru devoir réserver le mot *métissage* pour désigner le croisement des races ovines.

Des deux races que l'on croise, l'une est appelée *race croissante*, c'est la race *régénératrice*, celle qu'on introduit dans le pays; et l'autre, *race croisée*, race à *régénérer*, c'est celle que l'on veut améliorer. Chacune de ces deux races est dite *pur sang*, *race pure*, *animaux de pure race*, par opposition aux produits qui résultent de leur mélange et qui reçoivent les noms de *demi-sang*, de *trois quarts de sang*, selon le nombre de fois que les types sont entrés dans le croisement. Le *demi-sang* provient de deux reproducteurs pur sang: le poulain issu d'une jument normande et d'un cheval de course est un demi-sang; le *trois quarts de sang* est le fruit d'un individu pur sang et d'un demi-sang: une pouliche anglo-normande demi-sang, saillie par un étalon pur sang, donnerait un trois quarts de sang. En suivant toujours le croisement dans le même sens, on obtiendrait des *sept huitièmes*, des *quinze seizièmes de sang*, etc. Les mots *croisés*, *métis* sont souvent employés pour désigner les produits d'un croisement, d'un métissage. Quand on veut indiquer le degré de sang que contiennent les produits, on dit *premier croisé*, ou *premier métis*, *deuxième croisé*, ou *deuxième métis*, etc.: le

deuxième métis ou deuxième croisé correspond au trois quarts de sang. Ces dénominations ne font connaître que le degré de croisement. On ajoute les noms des races pour indiquer la nature des produits : le demi-sang *Dishley mérinos* est le produit du croisement de la race *Dishley* avec la race mérine.

Dans les croisements plus avancés, on répète le nom de la race qui est entrée le plus souvent dans la génération. Ainsi on dirait *métis anglo-normand trois quarts de sang anglais* pour désigner un poulain issu d'une jument anglo-normande demi-sang et d'un cheval pur sang anglais. De même, un *trois quarts de sang*, ou *deuxième croisé*, ou *deuxième métis mérinos*, est un produit qui a un quart de sang de la race indigène et trois quarts de la race mérine. Le trois quarts de sang correspond au *quarteron* mulâtre, qui n'a qu'un quart de sang de la race nègre.

Quand on a obtenu les modifications que l'on désire dans le croisement des races, il arrive qu'on fait reproduire les métis par eux-mêmes. Il faut bien distinguer les produits ainsi obtenus par l'accouplement des métis entre eux, et portés à la deuxième, à la troisième génération des produits du deuxième, du troisième croisement. On néglige trop souvent de faire cette distinction. On néglige très difficile d'apprécier, d'après les narrations publiées, les résultats obtenus par les innombrables croisements qui s'opèrent en France et d'en déduire des règles capables de guider le praticien.

UTILITÉ, AVANTAGES DES CROISEMENTS. Etant admis, et bien reconnu du reste, que les qualités comme les défauts se transmettent par la génération, on comprend aisément que le croisement des races doit être d'un grand secours pour l'amélioration des animaux. Beaucoup de personnes croient même que ce moyen seul peut communiquer à nos bœufs, à nos chevaux, toutes les qualités qui distinguent les races bovines, chevalines étrangères les plus perfectionnées : on a essayé de l'appliquer dans toutes nos provinces, et pour produire toutes les améliorations qu'on aurait voulu réaliser.

D'un autre côté, rien ne paraît d'une application plus aisée que ce moyen d'amélioration, puisqu'il suffit, pour le pratiquer, de rechercher quelques bons reproducteurs et d'en croiser les animaux du pays. Sans aucune étude préparatoire, chacun a cru pouvoir y avoir recours. Souvent on a échoué; c'était inévitable.

Le croisement des races peut rendre de grands services, et son emploi n'exige pas ces connaissances variées et profondes sur les sciences naturelles que nécessite l'amélioration d'une race par le régime, par les appareillages, le dressage, etc.; mais encore est-il nécessaire de savoir dans quels cas il peut être utile et d'après quelles règles il faut le pratiquer.

Le croisement sera utile pour modifier les caractères qui ne dépendent pas directement de la nourriture ni du climat, et pour produire des améliorations qui tiennent aux formes de certaines régions ou à quelques qualités particulières : ainsi il suffit de bien diriger un croisement pendant deux, trois, quatre générations, pour relever la croupe avalée de nos chevaux communs, pour corriger le chanfrein busqué de notre race normande, pour élargir la poitrine de nos bœufs et de nos porcs, pour communiquer au chien ordinaire l'appétit à chasser, pour adoucir la laine de nos anciennes races ovines, pour accroître les qualités lactifères de nos vaches, pour changer la couleur des cocons du ver à soie, etc.; tandis que, en ne cherchant à produire ces modifications que par le régime, par le dressage et les appareillages entre mâles et femelles de la même race, on n'obtiendrait des résultats sensibles que par des travaux séculaires et des combinaisons souvent difficiles. Et encore combien d'essais reste-

raient infructueux! et, dans tous les cas, combien faudrait-il de connaissances et d'active persévérance pour les mener à bonne fin!

Mais ce serait en vain qu'on compterait sur le croisement pour élever la taille, augmenter le poids des animaux. En croisant une petite race avec une race plus forte, on n'a jamais obtenu que des produits inférieurs à la race indigène pure. Les races sont toujours, par leur taille, en rapport avec les ressources alimentaires des contrées où elles se trouvent; on ne saurait les agrandir sans augmenter ces ressources. Et d'ailleurs, les produits d'un mâle de forte race avec une femelle plus petite sont souvent mal conformés, et toujours d'un entretien plus dispendieux : ils ne trouvent pas, pendant le jeune âge, un lait assez abondant dans le pis de la mère, ni plus tard, assez d'herbe dans les pâturages.

Sans un régime meilleur, il n'est donc pas possible de développer la taille des animaux. Et ce moyen seul a produit des résultats avantageux sur les chevaux comme sur les bœufs, dans le Bourbonnais et la Bretagne, comme dans la Lorraine et le Nivernais; partout enfin où on a pu le mettre en usage, soit à cause de la fécondité naturelle du sol, soit par suite de l'emploi de la chaux ou de la pratique du marnage.

Cependant la distribution d'une nourriture plus copieuse ne saurait produire de grands résultats qu'après un temps assez long, car les races anciennes ont des caractères fixes, sont difficiles à changer. Le croisement peut alors être utile pour hâter le développement du corps; mais il ne saurait être qu'un moyen secondaire : c'est quand, par des améliorations, on s'est mis à même de mieux nourrir le cheptel, qu'on peut croiser, avec avantage, une petite race par une plus grande, en ayant soin toutefois d'éviter les fortes proportions de taille entre les deux races, ainsi que nous le recommanderons en parlant des règles du croisement.

Le croisement peut encore être utile pour détruire certaines dispositions aux maladies fort anciennes sur les animaux du pays, et quelquefois incurables par les moyens ordinaires de la médecine. Ces dispositions tiennent à la constitution, à la forme des organes, et l'influence d'un sang étranger peut seule les faire cesser.

Les éleveurs de la Normandie ont fait disparaître le cornage, jadis si commun sur leurs chevaux, en donnant à leurs juments l'étalon anglais; par des croisements bien entendus, nous pouvons combattre la fluxion périodique des yeux, si nuisible à quelques éleveurs de chevaux; détruire, dans les bêtes à cornes, la disposition à contracter des maladies graves de la poitrine; faire disparaître le tournis et les affections nerveuses qui attaquent plus particulièrement le mérinos, etc. Il suffit souvent de donner aux femelles d'une ferme des mâles de la même race, mais tirés d'une ferme placée dans d'autres conditions hygiéniques, pour prévenir le retour d'enzooties ruineuses.

Buffon, Bourgelat ont cru même que le croisement est nécessaire pour entretenir les espèces domestiques dans la plénitude de leurs qualités et même de leur santé. « On a pensé avec raison, disent-ils, que le bon et le beau « de tous les êtres animés était répandu par parcelles « sur la surface du globe, et l'on a vu que la portion « de beauté, dans chaque climat, dégénérait toujours, « à moins qu'on ne la réunit avec une autre portion « prise au loin. De là on a reconnu, chez tous les « peuples de la terre, la nécessité absolue de mêler les « races et de les renouveler souvent par des races « étrangères. » Faisant l'application de leur système au cheval, ils ajoutent : « Il faut venir de toute

CROISEMENT.

« nécessité au secours de la nature qui se dégraderait à l'infini, et donner à nos cavales des étalons étrangers et à nos chevaux, s'il est possible, des juments étrangères. »

En faveur de cette opinion, on invoque la dégénération des belles races domestiques qu'on importe pour améliorer les races indigènes; on invoque également l'abâtardissement de l'espèce humaine dans les contrées pauvres et isolées, où les familles peu nombreuses se reproduisent sans alliances étrangères, et l'état florissant des populations dans les localités où le commerce entretient un mélange continuels entre différents peuples.

Nous ferons d'abord remarquer que le crétinisme des populations isolées peut très bien s'expliquer par l'influence de la misère, de la consanguinité et de la disposition géologique des lieux; et ensuite que beaucoup de races domestiques s'entretiennent et s'améliorent même sans croisements, quand on leur donne les soins convenables. La conclusion pratique qui découle des faits observés, ce n'est donc pas la nécessité de croiser sans cesse les races pour les maintenir en santé, c'est de mélanger soigneusement les familles pour éviter les conséquences de la consanguinité, et de n'entreprendre des croisements que lorsqu'on est convaincu que les produits trouveront dans le pays les conditions nécessaires à leur conservation.

Pour démontrer que les espèces organisées, abandonnées à elles-mêmes, tendent toujours à dégénérer, on a rappelé aussi la nécessité où l'on est de renouveler sans cesse les semences pour certaines récoltes. C'est vrai; mais notons que les plantes dont la dégénérescence est plus rapide que celle des animaux, parce que, fixées au sol, elles sont complètement soumises aux influences climatiques, ne perdent cependant leurs qualités que si elles sont cultivées dans des circonstances différentes de celles dans lesquelles ont pris naissance les variétés auxquelles elles appartiennent; ce qui confirme encore nos conclusions sur l'importance de choisir des races qui trouvent dans le pays des conditions favorables à leur conservation et à leur complet développement.

Nous n'avons pas besoin d'insister sur les avantages des croisements: améliorer rapidement les animaux, importer les qualités des races étrangères sans faire des dépenses considérables, créer des races nouvelles plus parfaites même que les races améliorantes, en réunissant aux qualités des animaux indigènes celles des races étrangères, l'aptitude au travail de nos bœufs aux formes de la race Durham, la laine fine de nos moutons à la précocité des moutons anglais, l'ampleur de nos chevaux à la vigueur du cheval de course, la taille de nos porcs à l'épaisseur des races porcines perfectionnées; enfin obtenir des métis, si l'on pousse assez loin les croisements, qui réunissent à toutes les qualités du type améliorateur la faculté de résister au climat.

Ajoutons: par le croisement des espèces seulement on peut produire le *mulet*, si précieux comme bête de somme pour les pays chauds, et des *oiseaux*, des *poissons*, des *huîtres*, etc., aussi remarquables par la quantité que par les qualités de la viande.

RÈGLES DU CROISEMENT DES RACES. Nous ne parlerons pas ici de l'importance de bien déterminer les améliorations que les animaux du pays sont susceptibles d'acquies, ni de la nécessité de choisir une race régénératrice dont les qualités soient compatibles avec les conditions hygiéniques, avec les ressources du pays. Vouloir introduire, même pour les croiser, de forts moutons précoces sur les landes de la Sologne ou du Berry, des chevaux carrossiers sur les pelouses du Cantal ou les landes des Basses-Pyrénées, des chevaux légers dans les marais de la Vendée ou dans les fermes de la Flandre pour les nourrir avec le foin du pays,

CROISEMENT.

c'est s'exposer à des mécomptes à peu près certains.

1° Nous donnons comme première condition de succès, la nécessité de bien appareiller les deux races croisées.

On ne devra jamais, quand on tiendra à avoir des animaux à formes régulières, bien proportionnées, chercher à réunir deux races qui diffèrent beaucoup l'une de l'autre par l'ensemble de la conformation: on ne croquera pas le cheval arabe ou le cheval de course avec la grosse jument cauchoise, ou flamande, ou bretonne, propre au gros trait. C'est à tort qu'on a dit: Le cheval noble, anglais ou arabe, donne d'excellents produits avec toutes nos poulinières, avec les plus massives. Les fauteurs de cette doctrine, professée depuis longues années, ont fait beaucoup de mal à nos éleveurs; ils sont cause qu'on a rempli quelques-unes de nos provinces d'animaux décausés, sans valeur, à jambes grêles, à tête lourde, à croupe charnue.

Toutefois l'accomplissement d'un cheval fin avec une grosse jument serait moins irrationnel que celui d'un fort cheval avec une jument légère. Ce croisement, contraire aux règles de l'appareillement des individus comme à celles du croisement des races, donnerait des produits mal conformés, à côte resserrée, à poitrine étroite, à flanc long; il arriverait même souvent que les mères mettraient bas avec difficulté et qu'elles ne pourraient pas ensuite allaiter convenablement leurs produits.

Ce serait en vain que, pour transformer nos fortes races chevalines en races légères, nous essayerions de les allier à des races sveltes; que nous voudrions donner du corps et de la taille à nos petites races par l'emploi de types améliorateurs de forte stature; nous n'obtiendrions dans les deux cas, et surtout dans le dernier, que des produits manqués.

Mais on pourra réunir les contrastes lorsque les différences, quoique considérables, seront locales. Il ne peut y avoir qu'avantage à obtenir alors des produits intermédiaires. Un étalon à encolure trop courte ne peut qu'améliorer les produits d'une jument qui a la même région trop longue. Il ne saurait y avoir aucun inconvénient, quant à la conformation des produits, à donner à nos vaches flamandes, dont la poitrine est étroite, le taureau Durham, dont la côte est ronde et le poitrail bien ouvert; le cheval arabe ou anglais, à tête carrée, à chanfrein épais, ne peut que produire un excellent effet sur la race normande, à tête longue et à chanfrein busqué. En un mot, toutes les fois que l'on voudra corriger les formes d'une région du corps, il faut chercher à croiser des individus qui contrastent par la conformation de cette région.

On ne craindra pas non plus d'allier des races différant beaucoup par la constitution et le tempérament. A des juments molles, sans énergie, il ne peut qu'être avantageux de donner des étalons vifs, pleins d'ardeur; un taureau ne saurait trop avoir les caractères des races laitières, si du reste il réunissait les autres qualités qu'on désire dans la race qu'on veut améliorer.

Il ne pourrait y avoir des inconvénients à pratiquer ces croisements, que si le tempérament, la constitution, les qualités de la race améliorée ne convenaient pas au pays. Il serait irrationnel de donner une race précoce, molle, d'un engraissement prompt, à des vaches dont les produits devraient être entretenus sous des climats rigoureux, prendre leur nourriture sur des terres peu fertiles et être utilisés pendant longtemps comme animaux de travail.

Dans l'espèce chevaline, où l'on tient surtout à la régularité des formes, il faut opérer graduellement la transformation des races communes. C'est le seul moyen de tenter l'amélioration de ces races sans s'exposer à des pertes plus ou moins considérables.

Ainsi pour nos forts chevaux de la Vendée, de la

Bretagne, de la Flandre, de la Franche-Comté, cherchons d'abord par de bons appareillages et par des soins judicieux à créer des individus plus légers, moins communs que la race du pays. Il se trouve dans toutes nos races des sujets un peu plus parfaits qui peuvent être utilement employés pour imprimer un commencement d'amélioration. Quand nous aurons rendu les formes plus dégagées, créé des juments moins massives, nous aurons recours aux étalons des bons herbages de la Normandie, de la plaine de Chartres ou des herbages du Perche.

Après avoir obtenu, par ces moyens préliminaires, des juments à épaules longues et obliques, à croupe horizontale, on pourrait utiliser avec sécurité les bons étalons carrossiers quart de sang ou demi-sang anglais, en donnant la préférence à ceux qui ressembleraient assez aux femelles, pour qu'on n'ait pas à craindre des produits décausés.

Cette marche lente, la plus convenable pour l'espèce chevaline, a rarement été suivie. En voulant arriver au but du premier coup, on a trop souvent créé des chevaux sans valeur, tantôt restés à la charge des producteurs, tantôt admis dans la cavalerie, où ils ont été signalés pour leur conformation défectueuse et leur mauvais service.

Une fois que des essais d'amélioration par croisement ont été commencés, il est de l'intérêt des éleveurs de les continuer, lors même que les premiers résultats laisseraient à désirer, si le croisement est rationnel, si l'on a lieu d'espérer que les métis seront d'un entretien facile et se vendront plus avantageusement que les individus de la race indigène. Nous voudrions prémunir contre les conséquences d'un premier essai peu avantageux. Nous avons souvent vu renoncer, dans les croisements, à la race régénératrice que l'on avait choisie, au moment où l'emploi en aurait été avantageux, pour revenir aux animaux pur sang du pays, ou pour prendre une autre race étrangère.

Des métisses, quoique défectueuses, couvertes par des mâles de la race améliorante, donnent des produits qui leur sont supérieurs, d'abord parce qu'il y a moins de différence entre les reproducteurs, qu'ils sont mieux appareillés, puisque les mâles et les femelles ont du même sang; ensuite parce que les individus métis, n'ayant pas en général une grande aptitude à transmettre leurs caractères aux descendants, influent peu sur les produits de la conception. Les qualités de la race régénératrice se gravent mieux dans les produits au deuxième, au troisième croisement qu'au premier.

Dans tous les croisements, on ne doit pas cependant revenir à chaque génération à la race croissante. Il peut être préférable de faire reproduire les métis du deuxième, du troisième degré, rarement du premier, par eux-mêmes, pendant une ou deux générations. On fixe ainsi les caractères de la race, qui se forme tout en la surveillant et en lui imprimant la faculté de résister aux influences du climat; car il y a trois choses à craindre dans les opérations par métrissage: le retour vers les défauts de la race indigène, l'inaptitude des métis à supporter le climat, et quelquefois la ressemblance trop grande de ces métis avec le type améliorateur.

Dans certains cas, il ne suffit pas d'arrêter le croisement en faisant reproduire les métis sur eux-mêmes; il peut être utile de leur imprimer une marche rétrograde vers la race qu'on améliore. C'est ainsi que dans le croisement de nos chevaux avec les chevaux de race, il est quelquefois nécessaire de donner à des juments métisses, dans lesquelles certains caractères du cheval de course, la légèreté par exemple, sont trop marqués, des mâles de la race commune ou d'un degré de métrissage moins avancé qu'elles-mêmes.

Ces croisements alternatifs de tout temps pratiqués, mais bien souvent sans méthode, peuvent être utilement mis en usage, car presque toujours on désire s'approprier certains caractères des reproducteurs qu'on importe et en éviter d'autres. C'est en alternant et en choisissant bien les reproducteurs, qu'on peut arriver à s'approprier les qualités d'une race et à éviter ses défauts.

Ainsi, en croisant les brebis mérinos et le bélier Dishley, nous pouvons arriver à une race intermédiaire qui se rapprocherait de la souche maternelle par la finesse de son lainage et sa toison fermée, et de la race paternelle par les formes, la précocité, l'aptitude à prendre la graisse et la longueur de la laine. Mais il serait difficile d'arriver directement au but: il faut bien étudier, suivre les croisés, et empêcher la race de prendre d'une manière trop prononcée le caractère de l'un des types primitifs, en employant soit un Dishley, soit un mérinos ou un métis, qui se rapprocherait beaucoup de l'une ou de l'autre de ces races, selon que les nouveaux produits tendraient à se rapprocher trop fortement du type à laine longue ou du type à laine courte. De même, dans la race chevaline, on peut s'approprier l'énergie, la force, certaines formes du cheval de course, sans perdre le corsage qui distingue nos races; dans l'espèce bovine, on peut emprunter à la race Durham ses formes, sa précocité, sans perdre l'agilité, l'aptitude au travail, ou l'activité des mamelles que possèdent quelques races françaises.

La nécessité de bien appareiller les reproducteurs est moins rigoureuse dans le croisement des espèces. Quand on veut produire des mulets, on recherche même les juments qui diffèrent le plus des ânes par leur conformation. La jument à corps massif, à croupe charnue, à cuisses épaisses, à garrot élevé, à pieds amples, est celle qui convient le mieux. Ses formes neutralisent, dans le produit, celles de l'âne, dont le corps est léger, la croupe étroite, la cuisse mince, le pied resserré et le garrot bas. Mais il arrive constamment que le mulet, si remarquable par ses qualités, sa force, sa sobriété, présente, dans sa conformation, des déficiences que nous ne souffririons pas dans le cheval.

2^o Comme deuxième règle du croisement des races, nous plaçons l'importation des mâles préférablement aux femelles. Dans l'espèce chevaline, par exemple, un étalon peut donner par an de vingt-cinq à quarante poulains, tandis qu'il faudrait de quarante à soixante juments pour produire le même résultat; car parmi les femelles livrées au mâle, plusieurs ne sont pas fécondées, d'autres avortent ou donnent naissance à des poulains morts, ou mal conformés, ou trop faibles pour être élevés. Ces accidents sont même plus fréquents sur les femelles nouvellement importées que sur celles du pays.

A l'économie produite par l'achat d'un étalon, au lieu de cinquante ou de soixante juments, il faut ajouter celle qui résulte du voyage, qui est d'une grande importance si les reproducteurs sont tirés d'un pays éloigné.

Il faut noter aussi que les femelles herbivores employées à la reproduction sont plus difficiles à acclimater que les mâles. Pendant la gestation et l'allaitement, elles réclament le pâturage et sont plus fortement influencées par le climat, que les étalons tenus à l'écurie et soumis à un régime convenable. En outre, l'état de plénitude, la mise bas, l'allaitement, le sevrage, occasionnent des indispositions plus ou moins graves qui rendent les femelles plus sensibles à l'influence des agents atmosphériques.

Mais c'est en nous fondant surtout sur des considérations économiques que nous disons: Il ne convient pas d'importer des femelles pour croiser les races du pays. Car nous sommes loin de contester l'influence exercée par les mères sur le produit de la conception,

sur l'amélioration des races. Cette influence peut varier et varie beaucoup sans doute; mais elle n'en est pas moins très puissante : c'est parce que nous la croyons telle, que nous avons si fortement recommandé d'améliorer les juments des races communes avant de les livrer à des étalons de race distinguée.

Nous n'avons pas à rechercher ici dans quel cas il y aurait avantage à importer une race nouvelle, c'est-à-dire des mâles et des femelles pour les faire reproduire ensemble. Nous traitons la question du croisement et nous disons : Même dans l'espèce chevaline, malgré les défauts de nos juments, qui opposent un grand obstacle à l'amélioration de nos races, il faut s'en tenir à l'introduction des mâles. Du reste, des essais se font, et depuis longtemps, dans différents départements : des juments percheronnes sont importées dans l'Alsace, la Lorraine, la Franche-Comté, où quelques-unes, bien placées, ont donné de bons produits; mais il n'en est pas moins vrai que, proportionnellement aux sommes qu'on y a consacrées, elles sont bien loin d'avoir exercé, sur l'amélioration des races indigènes, l'influence qu'ont eue les mâles importés en même temps.

3° Est-il nécessaire de tirer les types reproducteurs du Midi plutôt que du Nord? Beaucoup d'hippiâtres l'ont conseillé, et à l'appui de leur opinion ils ont rappelé que des étalons danois, anglais, m.cklombourgeois, introduits en France, n'avaient donné que de mauvais résultats. A ces faits nous pourrions en ajouter d'autres, et rapporter qu'on a employé sans succès des étalons de la Normandie, de l'Angleterre, dans le Limousin, la Navarre, l'Auvergne, etc. Mais avant de dédaigner de ces faits une règle générale, nous devons voir s'il ne serait pas possible de leur opposer des faits d'un autre genre. Nous trouverions que si le mérinos, venu d'Espagne, a parfaitement réussi en France, si des étalons importés des pays chauds ont donné quelquefois de bons produits avec nos juments, d'autres fois leur emploi a complètement échoué. Et les faits de ce genre que nous pourrions citer sont nombreux, car bien souvent la France a demandé des types améliorateurs à l'Espagne, à la Barbarie, à l'Arabie, à l'Égypte, sans avoir pu cependant former race. Et d'un autre côté, les importations du Nord n'ont pas toujours été sans résultats utiles : de nos jours, les produits remarquables issus de mâles tirés de l'Angleterre ne sont pas rares en France pour l'espèce chevaline comme pour celle du porc, du bœuf et du mouton.

On ne saurait cependant méconnaître que les hommes et les animaux domestiques souffrent plus de se rapprocher des zones torrides que de s'avancer vers le Nord. Cela peut provenir de ce qu'il est plus facile de se préserver du froid que de la chaleur. Mais pour les animaux herbivores, cela tient aussi à une autre cause, à la différence de fertilité des herbages, à l'abondance relative des fourrages, si l'on compare les contrées tempérées aux contrées chaudes. Il est très naturel que le cheval navarrais ou auvergnat réussisse mieux dans la Normandie que l'étalon de la plaine de Caen dans les bruyères des Basses-Pyrénées ou sur les pelouses du Cantal; que le cheval africain, petit et sobre, réussisse mieux dans le midi de la France que le cheval anglais, grand et habitué à un régime succulent.

Cette considération mérite une grande attention, soit qu'on veuille importer des mâles et des femelles pour les croiser avec les femelles et les mâles du pays, soit qu'on les importe pour les faire reproduire ensemble et multiplier la race étrangère à l'état de purté.

C'est de la nourriture surtout que dépend le succès de l'introduction des herbivores et la possibilité de les acclimater. S'il importe peu quand on achète des animaux de savoir s'ils viennent du Nord ou du Midi, il

est d'un grand intérêt, au contraire, de savoir s'ils ont été habitués à une nourriture meilleure et plus abondante que celle qui est destinée à leurs descendants. Nous formulerons donc la troisième règle du croisement des races, en disant qu'on ne doit pas tirer les types améliorateurs d'une contrée où on nourrit mieux les animaux que là où on veut les introduire.

4° La quatrième règle du croisement se rapporte à la fixité de la race qu'on importe. Les types améliorateurs doivent autant que possible appartenir à une race ancienne, bien formée, dont les individus se reproduisent depuis plusieurs générations sans éprouver des changements.

La ressemblance n'est jamais parfaite entre les reproducteurs et leurs descendants. Les caractères d'une race se montrent, disparaissent selon des circonstances qu'il est quelquefois fort difficile d'expliquer et de prévoir; mais les dissemblances entre le père et les enfants sont rarement considérables dans les races anciennes, fixes, bien constituées. Dans ces races, les diverses parties du corps, bien disposées les unes par rapport aux autres, sont dans une dépendance réciproque, se soutiennent, se nécessitent et passent, sans grandes modifications, des générateurs aux produits engendrés.

Il n'en est pas de même dans une race qui se forme. Les dissemblances entre les pères et les enfants sont fréquentes et souvent considérables. Même en se reproduisant entre eux et dans les pays où ils sont nés, les métis jouent ordinairement beaucoup, donnent des produits qui, souvent, leur ressemblent peu. Comment transmettraient-ils leurs caractères, leurs formes, leur tempérament, leurs qualités, quand ils se reproduisent sous un climat étranger et avec des individus d'une race ancienne et acclimatée? Car presque constamment, les races indigènes qu'on veut améliorer, formées lentement et d'une manière spontanée par l'influence persévérante du climat, sont anciennes, fixes, invariables.

Quand on croise des races, deux causes tendent à détruire les caractères particuliers de la race importée : 1° le sol, les fourrages, l'air, auxquels les individus étrangers ne sont pas habitués; 2° la race indigène par la puissance qu'elle a de se perpétuer sous le climat où elle s'est formée.

Dans un croisement, on ne saurait donc trop rechercher les types améliorateurs parmi les races anciennes bien fixées, tandis que l'on donnera au contraire la préférence aux produits de la race indigène qui sont les moins fixes, qui appartiennent aux variétés de la plus récente formation.

5° Ne pas chercher à corriger deux défauts à la fois est encore une condition indispensable pour arriver avec certitude à un résultat utile. Si dans l'amélioration du mouton, par exemple, on veut en même temps rendre les toisons tassées, la laine fine et les formes du corps carrées, on trouvera difficilement un bélier qui réunisse toutes les qualités nécessaires pour ce triple résultat; et si on voulait obtenir successivement ces diverses améliorations, le perfectionnement du lainage à une génération et la régularité des formes à la suivante, on risquerait de perdre une fois les résultats qu'on aurait obtenus l'autre. C'est quand on a fixé une qualité, qu'on doit chercher à en réaliser une autre.

FIXITÉ DES MÉTIS. En principe, les métis ne doivent pas être employés dans le croisement des races; accouplés avec des femelles de race pure, ils ont peu de puissance pour transmettre leurs caractères. Mais en se reproduisant entre eux, conservent-ils les qualités qu'ils possèdent?

Ils les conservent pendant un temps qui varie selon le degré de métissage auquel ils sont parvenus, se-

CROISEMENT.

lon les circonstances dans lesquelles ils sont placés, et la ressemblance qu'il y a entre les deux races croisées. Si les métis mérinos dégèrent, surtout lorsqu'ils sont peu avancés, dans quelques cantons de l'Ouest et du Nord, où l'air est humide et où on les fait reproduire avec des races à laine longue et droite, ils se conservent indéfiniment dans les cantons de la Brie, de la Beauce, où les agents hygiéniques sont plus favorables à la finesse du laines. Nous avons même des troupeaux de métis qui se sont améliorés par eux-mêmes, et ils peuvent tous s'améliorer quand les animaux sont parvenus au troisième, au quatrième degré de sang mérinos, si l'on a soin de choisir, pour la reproduction, des mâles qui présentent le cachet espagnol et d'exclure les individus, même les femelles, qui ont une certaine tendance à se rapprocher des anciennes races indigènes. Si le mérinos a été croisé avec une race à laine frisée, un peu fine, à toison formée, un seul croisement améliore, et même pour un temps fort long, la race du pays.

Les mêmes effets s'observent pour le cheval. Les hippologues ont bien cherché à prouver, par des considérations théoriques, qu'une race métisse abandonnée à elle-même dégère rapidement en France. Mais nous demanderons : la race du cheval de course *importée pure* et abandonnée à elle-même dans les herbages les plus favorables à son existence, se conserverait-elle ? La race la plus pure de l'Arabie se conserverait-elle, et se conserverait-elle même dans les déserts où elle s'est formée, si on cessait de lui donner les soins minutieux qui l'ont produite et que l'Arabe ne néglige jamais ? Et d'un autre côté, est-ce que des chevaux anglo-normands parvenus au troisième ou au quatrième métissage, dégèreraient si on les tenait dans des loges bien chaudes, bien aérées, bien propres, qu'on les nourrit avec du foin de première qualité, de l'avoine pesant 50 kil. l'hectolitre, qu'on les tînt sans cesse sous de bonnes couvertures de laine, qu'on ne les fit promener que bien couverts et ayant les membres entourés de flanelle, et enfin qu'on eût soin de n'employer à la reproduction que des individus offrant les caractères du type améliorateur ?

Evidemment des métis ainsi soignés conserveraient toutes leurs qualités et en acquerraient de nouvelles, tandis que des individus pur sang de la race arabe ou de la race anglaise, abandonnés à eux-mêmes, dégèreraient.

Donc, si dans les circonstances ordinaires, les améliorations qui résultent du croisement ne se conservent pas, il ne faut pas attribuer la dégénération à la *soixante-quatrième* ou à la *trente-deuxième*, ni même à la *seizième* partie de sang indigène que les métis ont conservé dans leurs veines, mais à l'influence du climat et au manque de soins.

Du reste, la discussion ne peut porter que sur les améliorations qui tiennent à des qualités soumises à l'influence du climat, à la constitution, au tempérament des animaux ; celles qui sont moins dépendantes de l'action de l'air et du sol, comme la forme particulière de certaines régions du corps, se conservent plus facilement.

Des exemples nombreux, dans toutes les espèces, prouvent qu'il suffit même de croiser une ou deux fois une race pour lui communiquer certains caractères constants. Il a suffi d'importer, il y a quelques siècles, des étalons danois dans la Normandie, pour donner aux chevaux de la province un chanfrein busqué que nous avons de la peine à corriger. Dans toutes les provinces où on élève des chevaux de selle, ne se trouve-t-il pas des familles de ces animaux portant les caractères de quelque étalon oriental employé jadis dans le pays ? De même, nous trouvons dans la Limagne d'Avvergne, dans l'Anjou, dans la Meuse, des bêtes à cornes con-

CUIRS VERNIS.

servant des indices du taureau suisse, importé il y a plus de cinquante ans.

Enfin, nous pourrions citer l'espèce porcine, qui présente, dans presque tous nos départements, des traces des races étrangères introduites dans quelques établissements publics et particuliers depuis une trentaine d'années. Il a suffi d'importer un verrat des races du Hampshire, du Berkshire, de la race américaine et des petites races à courtes jambes de la mer du Sud, pour donner plus d'ampleur à la poitrine, plus d'épaisseur aux lombes et pour raccourcir les membres ; seulement ces changements tendent à disparaître, et d'autant plus vite, que les porcs qui les présentent sont plus soumis au régime pastoral dans les montagnes, les bois, les châtaigneraies, où l'exercice développe les organes locomoteurs.

Et si dans les circonstances ordinaires, la dégénération est, en général, rapide, faut-il s'en étonner quand on voit que les éleveurs ne cherchent pas même à faire reproduire les métis entre eux, qu'ils les donnent à des individus pur sang de la race indigène ? Tout tend alors, le climat, le manque de soins, l'oubli des règles de l'appariement, à les faire dégèrer.

Nous avons insisté sur cette question, parce qu'elle n'est pas seulement importante au point de vue de la science, de l'histoire naturelle, mais qu'elle intéresse la pratique des croisements, l'économie rurale ; car si le croisement ne pouvait pas former race, il serait bon de le savoir. Si au contraire, comme nous le pensons, il est démontré que par métissage on peut espérer de communiquer à des races des qualités pouvant se perpétuer sans avoir recours à des importations indéfinies, nous pouvons agir avec plus de confiance, et utiliser plus souvent ce précieux moyen d'accroître une des principales branches de la richesse nationale.

H. MAGNE

CROWNGLAS. Voyez VERRE.

CUIRS (*angl.* leather, *all.* leder). Voyez TANNAGE.

CUIRS VERNIS. L'industrie des cuirs vernis existe à peine en France depuis une quinzaine d'années ; mais elle n'a pas tardé à se créer une belle place par la beauté de ses produits, leurs bonnes qualités, l'importance de sa consommation et le succès toujours croissant de ses opérations. Dans ces derniers temps, surtout, le nombre des fabriques a considérablement augmenté.

Le cuir verni a donc un succès assuré, durable, et dont il est facile de se rendre compte en considérant les diverses, nombreuses et fort importantes applications.

Pour la chaussure des femmes et même pour celle des hommes, qui ne comprend tout l'avantage d'une chaussure que le vernis rend imperméable, qui demeure toujours propre et brillante, et qui, loin d'être usée plus vite, reçoit de son vernis des conditions et des garanties de durée ?

S'agit-il de la sellerie, de la carrosserie ? les cuirs vernis s'y appliquent sous toutes les formes, et rien ne saurait les remplacer. Les cuirs souples, les cuirs roides trouvent également leur emploi dans cette industrie, qui réclame du fabricant de cuirs vernis des objets assez divers pour rendre nécessaires, de sa part, des efforts continuels et une intelligence très active.

Enfin, si l'on considère ses applications dans la confection des coiffures militaires ou autres, on voit encore le cuir verni jouer, dans ces occasions, un rôle qu'aucune autre substance ne saurait s'approprier.

Le cuir verni possède des qualités qui justifient un tel succès. Il est brillant, toujours propre, car un simple lavage suffit pour le nettoyer. Il est imperméable à l'eau ; quand il est bien préparé, on peut le froisser, le plier, sans que le vernis se détache ou s'écaille. Le cuir verni dure plus longtemps, et conserve bien mieux sa fraîcheur que le cuir ordinaire.

Mais tous ces résultats ne sont vrais qu'autant qu'il

CUIRS VERNIS.

est question d'un cuir d'excellente qualité. Si le vernis en est mal préparé, s'il est mal appliqué, le cuir vernis devient alors une production très médiocre. Il s'écaille aisément, se gerce, se déchire, et bientôt les objets qui en sont fabriqués sont hors de service.

D'abord inférieurs aux cuirs étrangers, nos cuirs vernis s'exportent aujourd'hui en grande quantité sur tous les marchés du monde.

Le vernissage des cuirs comprend deux opérations distinctes :

- 1° L'*apprêtage* de la peau ;
- 2° Le *vernissage* proprement dit.

L'opération de l'*apprêtage* a pour but de boucher tous les pores de la peau et de l'unir par des ponçages successifs, afin d'y faire, comme on dit, un *fonds*, et de la mettre en état de recevoir le vernis.

Dans le vernissage, on cherche à obtenir une couche moelleuse, souple, brillante, et d'un éclat durable, que le frottement ne puisse altérer.

La composition des apprêts et celle du vernis doit, par cela même, être différentes.

Dans les apprêts, on incorpore des matières pulvérulentes, qui puissent former mastic dans les pores de la peau, comme le blanc de Meudon, les ocres, le noir de fumée.

Dans le vernis, au contraire, il ne faut aucune matière qui puisse en altérer la transparence et l'éclat.

La base des apprêts comme des vernis est l'huile de lin rendue siccativante par des oxydes et des sels métalliques, et amenée à la consistance sirupeuse par une cuisson prolongée.

Composition des apprêts, pour un hectolitre d'huile de lin :

40 kilogr. de blanc de plomb ;
40 kilogr. de litharge.

Faire cuire jusqu'à consistance sirupeuse.

Cet apprêt ainsi préparé, mélangé soit avec des ocres soit avec de la craie, suivant la finesse de la peau à *garir*, est étendu avec une râclette en acier sur la *fleur* ou sur la *chair*, suivant les besoins de la fabrication.

Après trois couches successives, données à des intervalles de plusieurs jours, pour que chaque couche ait le temps de sécher, on fait un *ponçage* ou *poli*, en frottant la peau avec une pierre ponce, puis on donne encore plusieurs couches d'*apprêt* de manière à ce que la peau soit garnie bien également ; on ponce de nouveau, et l'on répète ces deux opérations jusqu'à ce que le *fonds* soit bien uni, sans former une couche trop épaisse, et soit cependant suffisant pour empêcher l'infiltration dans la peau, des glacis et vernis subséquents. On conçoit, en effet, que si les matières huileuses pénétraient trop avant dans les tubes capillaires qui composent le tissu cellulaire du cuir, elles s'y durciraient sous l'influence de la chaleur et les transformeraient, pour ainsi dire, en une foule de petits bâtons cassants. Il faut que les matières huileuses qui forment la base des apprêts et vernis pénètrent suffisamment dans les pores de la peau pour y adhérer ; mais qu'on arrive le plus tôt possible à les retenir à sa surface, et faire en sorte qu'ils s'y glacent en couches minces et liantes. C'est là le principe essentiel qui doit diriger le fabricant dans toutes ses opérations.

L'*apprêtage* ainsi terminé, on donne avec un pinceau fin, dit *queue de morue*, quatre à cinq couches de l'*apprêt* ci-dessus, mais sans mélange de matières terreuses ; on le colore avec du noir d'ivoire broyé très fin, et on le délaye avec de l'essence de térébenthine, pour en faciliter l'application en couches extrêmement minces. Cette opération a pour but de faire un *fonds* bien noir et bien glacé, liant et souple, pour recevoir le vernis.

Chacune de ces couches est séchée à l'étuve ; les peaux

CUIRS VERNIS.

y sont suspendues par des baguettes de cornouiller, comme cela se pratique dans le corroyage.

Quand ces couches sont bien sèches on donne un dernier *ponçage* avec un tampon de laine et de la ponce réduite en poudre impalpable.

C'est alors que l'on procède au vernissage.

Le vernis est composé d'huile d'*apprêt* préparée comme ci-dessus, de vernis gras au copal, de bitume de Judée, de bleu de Prusse ou de noir d'ivoire broyés à l'huile de lin siccativante coupée d'essence de térébenthine :

40, 00	kilogr.	huile d' <i>apprêt</i> ;
0, 50	—	bitume de Judée ;
5, 00	—	vernis gras au copal ;
40, 00	—	essenc ^e de térébenthine.

On fait cuire d'abord l'*apprêt* et le bitume, on y ajoute ensuite le vernis, puis enfin l'essence, en ayant soin de remuer fortement.

On peut remplacer le bitume par la même quantité de bleu de Prusse ou de noir d'ivoire.

On met le vernis à déposer dans un endroit chaud pendant 45 jours à 3 semaines avant de pouvoir en faire usage.

On doit prendre les plus grandes précautions pendant et après le vernissage des peaux pour les préserver contre la poussière. On peut les suspendre dans l'étuve, ou bien les mettre à plat clouées sur des cadres, le vernis en dessous, ou bien les placer à plat dans des tiroirs qui s'ouvrent en dehors de l'étuve.

La température des étuves varie de 45° à 60° Réaumur, suivant la nature des peaux et des vernis.

Les procédés qui précèdent sont ceux en usage pour toutes les peaux en général dans la plus grande partie des fabriques. Dans quelques-unes, cependant, on suit des procédés d'origine anglaise dont voici la description succincte :

Les étuves sont à tiroir, c'est-à-dire qu'elles sont disposées de façon que des tables puissent s'y superposer, par étages, en glissant sur des coulisses garnies de galets. Des devantures mobiles ferment chacun des compartiments de ces étuves.

Sur ces tables, préalablement garnies de couvertures de laine fortes et moelleuses, que l'on revêt de papier pour éviter de les tacher, on cloue les cuirs que l'on veut vernir, puis on y applique, avec la râclette, 3 couches d'*apprêt*, on enlève les aspérités avec la pierre-ponce, sans décoller la peau, ou comme on dit, en terme du métier, *on coupe le bouton* après chaque couche.

On applique ensuite, avec la paume de la main, 6 à 7 couches successives de vernis sans essence, en ayant soin de *couper le bouton* à chaque couche.

Par ce procédé les couches sont beaucoup plus épaisses, et les cuirs ainsi vernis sont d'un glacis plus beau que par le vernissage ordinaire à la *queue de morue* ; mais cet avantage est compensé par un inconvénient grave, c'est que le vernis est plus sujet à s'écailler et à se peler.

Il est essentiel, pour que le vernissage des peaux réussisse bien, que le tannage et le corroyage du cuir aient été faits avec le plus grand soin ; que le dégras soit de bonne qualité, qu'il ait été réparti sur la peau d'une manière uniforme et pas en trop grande quantité. L'excès de dégras empêche les premiers apprêts de sécher, et après le vernissage, la peau ne tarde pas à se ternir et à se couvrir d'une espèce de nuage gris-seux.

Chaque fabricant a ses procédés particuliers qu'il tient secrets pour la composition des apprêts et des vernis.

Les uns ajoutent à la litharge qu'ils emploient en plus ou moins grande quantité, des os de sèche, de l'ail,

CUIVRE.

du sulfate de zinc, du minium, de la céruse, de l'oxyde de manganèse, ou d'autres oxydes ou sels métalliques, suivant leur caprice. Il y a des recettes pour la composition et la cuisson des huiles qui sont d'une complication vraiment bizarre. De même pour la coloration en noir des vernis, quelques fabricants emploient exclusivement le bitume, d'autres y ajoutent du bleu de Prusse ou du noir d'ivoire.

Le bitume de Judée donne un reflet rouge au vernis, le bleu de Prusse lui donne un reflet verdâtre. Le noir d'ivoire serait, sans contredit, la substance la plus convenable; mais il a l'inconvénient, quelque finement qu'il soit broyé, de se déposer presque tout entier si le vernis reste trop longtemps sans être employé. Si, au contraire, on l'emploie trop tôt, on obtient, il est vrai, un très beau noir, mais il y a un sablé très fin qui paraît dans le fond et nuit à l'éclat du vernis; aussi, comme il est très difficile d'arriver juste au point convenable, la plupart des fabricants ont-ils renoncé à l'emploi du noir d'ivoire.

On comprend, du reste, qu'il est nécessaire de faire varier et le nombre de couches et la consistance des apprêts et des vernis, suivant la nature des peaux et l'usage auquel elles sont destinées.

Il y a même des cas où, avant d'appliquer les apprêts sur la peau (quand il s'agit de vernir sur *chair*) on l'encolle. Cette opération consiste à mouiller, au moyen d'une brosse dure, la face interne de la peau qu'on appelle *la chair*, avec une dissolution plus ou moins concentrée de colle de peau de lapin. On cloue ensuite la peau ainsi humectée sur des planches et on les met sécher à une température assez élevée pour que la dessiccation se fasse rapidement. Les peaux ainsi préparées sont bien serrées et moins sujettes à se laisser percer par les apprêts; avant d'y appliquer ceux-ci, il est nécessaire d'enlever la première surface de l'encollage et de *la chair* avec de la poussière de grès et une pierre-ponce. Sans cette précaution les apprêts ne se lieraient pas bien à la peau.

La presque totalité des cuirs vernis sont noirs: cependant on fabrique aussi des cuirs vernis de couleur, mais ce dernier produit n'est jusqu'ici qu'une industrie fort bornée. Il y a, dans les cuirs vernis de couleur, un ton lourd qui contraste d'une manière désagréable avec la transparence et les brillants reflets du cuir verni noir.

F. MABRUN.

CUIVRE (*angl.* copper, *all.* kupfer). Le cuivre est un des métaux les plus anciennement connus; il a une couleur d'un brun-rouge éclatant, légèrement teinté de jaune et caractéristique. Il est doué d'une odeur et d'une saveur faibles, mais très désagréables. La plupart de ses combinaisons sont vénéneuses. Sa densité varie de 8,8 à 8,9. Il est plus dur que l'or et que l'argent, peu sonore. Il est très ductile, se laisse battre au marteau en feuilles extrêmement minces, et étirer à la filière en fils très fins. Après le fer c'est le plus tenace des métaux: il exige pour se rompre un effort de 34¹ par millimètre carré de section. De 0° à 400°, sa dilatation linéaire est de 1/582 de sa longueur primitive. Il fond à 27° du pyromètre de Wedgwood. Chauffé plus fortement il produit des vapeurs qui donnent à la flamme une belle couleur verte. L'intensité de cette couleur pourrait faire croire qu'il est très volatil, mais il ne l'est réellement que très peu, car M. Berthier en ayant fait chauffer un poids déterminé dans un creuset brasqué, dans le four à porcelaine de Sévres, et l'y ayant laissé pendant toute la cuite, n'a trouvé tout au plus que 1/2 p. 400 de perte.

Le cuivre ne s'altère pas aux températures ordinaires dans l'air sec, mais au contact de l'air humide il se recouvre d'une pellicule de *vert-de-gris*, qui paraît être un hydro-carbonate de deutoxyde. Chauffé au contact de l'air il se recouvre d'une couche de protoxyde qui

CUIVRE.

s'en détache par le choc. Si l'on chauffe jusqu'à fusion, l'oxydation se produit beaucoup plus rapidement; le cuivre fondu s'imbibe d'une partie du protoxyde dont il se recouvre; il perd alors une partie de sa ductilité, et son grain devient rouge et terne. On lui rend ses qualités premières en le faisant fondre au contact du charbon. Le protoxyde, lorsqu'il n'est pas en contact avec du cuivre métallique, absorbe une nouvelle quantité d'oxygène par le grillage et se convertit en deutoxyde. Le cuivre ne décompose l'eau à aucune température, même en présence des acides. L'acide sulfurique ne l'attaque que lorsqu'il est concentré et bouillant, il y a dégagement d'acide sulfureux et il se forme du sulfate de deutoxyde. L'acide hydrochlorique concentré attaque le cuivre, mais seulement lorsqu'il est très divisé, tel qu'on l'obtient, par exemple, en le précipitant d'une de ses dissolutions par du fer métallique. L'acide nitrique et l'eau régale le dissolvent aisément. Lorsque l'on tient pendant un certain temps du cuivre en fusion au contact du charbon, il s'y combine un peu de carbone, ce qui le rend aigre. Le soufre, le phosphore et l'arsenic se combinent directement à l'aide de la chaleur avec le cuivre. Une très petite quantité de phosphore rend le cuivre extrêmement dur et propre à faire des instruments tranchants. Il absorbe le chlore gazeux et le brûme avec production de chaleur et de lumière.

Le cuivre s'allie aisément avec tous les métaux, excepté le fer et le plomb, plusieurs de ses alliages ont une grande importance dans les arts. Les principaux sont: les BRONZES, alliages de cuivre et d'étain; les LAITONS, alliages de cuivre et de zinc; et l'*argentan* ou MAILLECHORT, alliage triple de cuivre, de nickel et de zinc.

Les oxydes de cuivre sont facilement réduits par l'hydrogène, le carbone, le soufre, les substances organiques, et par plusieurs métaux, entre autres le fer et le zinc.

Le *protoxyde de cuivre* est d'un rouge de foie; il fond au blanc. Chauffé au contact de l'air il absorbe de l'oxygène et se convertit en deutoxyde. C'est une base faible que la plupart des acides décomposent en cuivre métallique et en deutoxyde. L'acide hydrochlorique le dissout sans le décomposer. L'ammoniaque le dissout également en donnant une dissolution incolore. Il forme un hydrate de couleur orangée. Il est composé de:

Cuivre.	0,3878	} Cu ² O.
Oxygène.	0,4122	

Le *deutoxyde de cuivre* est noir, très hygrométrique. Il supporte une très forte chaleur sans se fondre ni se décomposer. Il est soluble dans le carbonate d'ammoniaque, et dans l'ammoniaque caustique au contact de l'acide carbonique, en donnant des dissolutions d'un beau bleu de ciel. C'est une base assez puissante. On le prépare en calcinant le nitrate de cuivre. Il est composé de:

Cuivre.	0,7983	} CuO.
Oxygène.	0,2027	

Son hydrate est d'un bleu clair.

Le *peroxyde de cuivre* s'obtient, suivant M. Thénard, en traitant par l'eau oxygénée du deutoxyde de cuivre très divisé. Il est d'un jaune légèrement olivâtre, et se change en deutoxyde avec dégagement d'oxygène quand on le traite par les acides. Il est composé de:

Cuivre.	0,6643	} CuO ² .
Oxygène.	0,3357	

Il y a des sels de cuivre à base de protoxyde et à base de deutoxyde. Tous ceux qui sont solubles sont très vénéneux. L'hydrogène sulfuré et les hydrosulfates en précipitent le cuivre à l'état de sulfure d'un brun-marron insoluble dans un excès d'hydrosulfate. Beaucoup de métaux, entre autres le fer, le zinc et le plomb, en

précipitent le cuivre à l'état métallique, sous forme de paillettes d'un beau rouge.

Les sels de protoxyde sont peu stables. Les sels insolubles sont blancs, bruns ou orangés, ils se dissolvent dans l'ammoniaque en donnant des dissolutions incolores. Les sels solubles sont incolores; ils sont précipités en orangé par les alcalis et leurs carbonates et en blanc par le prussiate jaune de potasse et les phosphates alcalins.

Les sels de deutoxyde sont généralement bleus ou verts. Les sels insolubles se dissolvent dans l'ammoniaque et son carbonate qu'ils colorent en bleu. Les sels solubles sont précipités en bleu par les alcalis et leurs carbonates. Le précipité est soluble dans l'ammoniaque, son carbonate, et les bi-carbonates alcalins. Ils sont précipités en brun-rouge par le prussiate jaune de potasse, en vert-bleuâtre par le phosphate de soude et en bleu clair par les arsénites.

Les principaux sels de cuivre sont les suivants :

Le *protosulfure* de cuivre qui est d'un gris-noirâtre cassant et assez tendre pour se laisser couper au couteau; il est fusible à la simple flamme d'une bougie et inaltérable par l'action de la chaleur seule. Il se change par le grillage en deutoxyde pur si la température est très élevée, mais si elle est très basse, il se forme beaucoup de sulfate. Il est inattaquable par l'acide hydrochlorique, et se dissout dans l'acide nitrique et l'eau régale. Il n'est pas réduit par l'hydrogène; il se combine aisément par voie sèche avec les sulfures alcalins et les sulfures métalliques, pour former des sulfures doubles, et a particulièrement une affinité très grande pour le sulfure de fer. Il se combine aussi très aisément avec les arsénures métalliques.

Le *sulfate de deutoxyde* de cuivre ou couperose bleue est d'un très beau bleu, et très soluble dans l'eau. Il est très employé dans la teinture, ainsi que pour le chaulage des blés. On en obtient une grande quantité dans les ateliers d'affinage des matières d'or et d'argent.

L'*arsénite de deutoxyde* de cuivre est insoluble et constitue la belle couleur connue sous le nom de **VERT DE SCHÉELE**.

Le *deutochlorure* de cuivre est d'un brun jaunâtre; la chaleur le décompose en chlore et un protochlorure. Il est délicatement et soluble dans l'alcool dont il colore la flamme en vert. Hydraté, il est vert. Ses dissolutions aqueuses sont bleues lorsqu'elles sont étendues et vertes lorsqu'elles sont concentrées.

Le *protochlorure* de cuivre est d'un blanc ambré, demi-transparent, fusible au-dessous du rouge, et à peu près insoluble dans l'eau.

Le deutoxyde et le deutochlorure de cuivre se combinent en diverses proportions pour former des *oxychlorures*. L'un d'eux connu sous le nom de **VERT DE BRUNSWICK** est employé dans la peinture.

Il y a trois carbonates de deutoxyde, le *carbonate anhydre* ou *mysorine* qui est brun, le *carbonate bleu* et le *carbonate vert*, que l'on rencontre tous les trois dans la nature.

Les minerais de cuivre sont très nombreux et très variés; voici les principaux :

A *cuivre natif*; se trouve en cristaux réguliers, en dendrites ou à l'état filiforme, généralement dans les terrains primitifs ou de transition, accompagnant, en petite quantité, les autres minerais de cuivre. On le trouve surtout à Tourinski dans la Sibérie, en Hongrie, à Fahlun en Suède, dans le Cornouailles, en Amérique, etc. Ses gangues sont le granite, le gneiss, le schiste micacé et argileux, la chaux carbonatée et fluatée, le sulfate de baryte, etc.

B. *Oxydes de cuivre*.

Protoxyde de cuivre, *cuivre oxydulé* (all. rothkupfererz); d'un rouge de cochenille teinté de gris, friable. Densité 6,0. Cristallisé dans le système régulier ou compacté.

Se trouve surtout à Chessy (Rhône) et dans les monts Altaï.

Oxyde de cuivre ferrifère (all. ziegelerz); est, comme son nom l'indique, un mélange de protoxyde de cuivre et d'oxyde de fer hydraté. Il se trouve dans les mêmes gisements que la pyrite cuivreuse, il paraît provenir de sa décomposition.

Oxyde noir de cuivre (all. kupferschwarz); terreux, d'un noir velouté, tirait quelquefois sur le brun. Se trouve ordinairement accompagné d'autres minerais de cuivre, et notamment de pyrite cuivreuse sur lesquels il forme enduit. Il se compose de deutoxyde de cuivre et d'oxyde de fer hydraté, mélangé quelquefois d'hydrate de manganèse.

C. *Composés sulfurés et arséniés*.

Cuivre sulfuré (all. kupferglanz); d'un gris de plomb noirâtre, légèrement métallique, fusible à la simple flamme d'une chandelle, et assez tendre pour se laisser couper au couteau; à cassure conchoïde. Il cristallise en prismes à 6 faces réguliers. Sa densité est de 4,8 à 5,3. Pur, il renferme 79,73 p. 100 de cuivre; il contient ordinairement une petite quantité de sulfure de fer, et quelquefois de sulfure d'argent. C'est un des minerais de cuivre les plus riches; on le trouve en Sibérie, en Suède, en Saxe, et surtout dans le Cornouailles.

Cuivre pyriteux (all. kupferkies); le plus important et le plus répandu des minerais de cuivre. C'est une combinaison de soufre, de cuivre et de fer qui renferme 34 p. 100 de cuivre, et dont la densité est de 4,4 à 4,3. Sa couleur est d'un jaune de laiton, passant au jaune d'or; il est quelquefois irisé à la surface. Sa cassure est conchoïde et son éclat métallique; on le trouve souvent cristallisé, ordinairement en tétraèdres tronqués; il est fragile et ne fait pas feu au briquet comme la pyrite de fer, qui d'ailleurs a une teinte plus pâle. Il est souvent accompagné d'autres minerais de cuivre, de plomb, de fer et de zinc sulfurés, etc. Il est fréquemment aurifère ou argentifère.

Cuivre panaché (all. buntkupfererz); combinaison de cuivre et de fer sulfurés, d'un jaune de bronze qui tient le milieu entre le rouge de cuivre et le brun de tombac, irisé à la surface et présentant un éclat métallique. Densité 4,9 à 5,4. Ce minéral très abondant est très rarement cristallisé et renferme environ 61,07 de cuivre.

Cuivre gris (all. fahlerz); on donne ce nom à des combinaisons en proportions variables de soufre, d'antimoine, d'arsenic, de cuivre, de fer, quelquefois de zinc, et souvent d'argent. Sa couleur varie du gris d'acier au gris de plomb; il possède l'éclat métallique. Sa densité est de 4,79 à 5,40; il cristallise surtout en tétraèdres. C'est un minéral très important qui renferme 40 à 45 p. 100 de cuivre, et quelquefois jusqu'à 5 et même 30 p. 100 d'argent.

Bournonite. Combinaison de soufre, d'antimoine, de cuivre, de fer et de plomb, d'un gris de plomb plus ou moins foncé, possédant un éclat métallique, et dont la densité est de 5,7 à 5,8. Elle est plus rare que les minerais précédents, et renferme de 42 à 43 p. 100 de cuivre et de 30 à 40 p. 100 de plomb.

D. *Carbonates*.

Mysorine. Cuivre carbonate anhydre, d'un brun-noirâtre foncé à cassure conchoïde, en masses terreuses ou compactes. Densité 2,62. Il n'a été trouvé que dans l'Indoustan et contient 48 p. 100 de cuivre.

Carbonate de cuivre bleu (angl. azurite, all. kupferlazur); hydro-carbonate de cuivre, d'un beau bleu, ayant un éclat vitreux et une densité de 3,5 à 3,83; souvent cristallisé en prismes rhomboïdaux obliques modifiés. Il renferme environ 55 p. 100 de cuivre. C'est un minéral assez abondant; à Chessy et dans le Banat on s'en sert avec avantage pour fabriquer du sulfate de cuivre

CUIVRE.

Carbonate de cuivre vert, malachite; carbonate de cuivre basique et hydraté, d'une belle couleur verte, dont la densité est de 3,56 à 4,0, et qui renferme 50 p. 100 de cuivre. Se trouve à Chessy et dans les monts Oural. La malachite est tantôt lamelleuse, tantôt fibreuse, tantôt compacte et terreuse, rarement cristallisée en cristaux dérivant d'un prisme rhomboïdal droit.

E. *Arséniates et phosphates*. Minerais assez rares, se trouvant surtout dans le Cornouailles.

Eriuite, kupferglimmer. Arséniate de cuivre rhomboédrique, vert d'émeraude, renfermant 46 p. 100 de cuivre.

Liroconite. Cuivre arséniate en octaèdres obtus, à base rectangle, bleus, renfermant 40 p. 100 de cuivre.

Olivérite. Arséniate de cuivre en prismes rhomboïdaux droits, vert-olive ou vert sombre, renfermant de 40 à 45 p. 100 de cuivre.

Aphanèse. Cuivre arséniate en lames cristallines vert-bleuâtre, renfermant 50 p. 100 de cuivre.

Euchrotite. Cuivre arséniate vert d'émeraude, cristallisant en prisme rhomboïdal droit, et renfermant 38 p. 100 de cuivre. Se trouve en Hongrie.

Cuivre phosphaté. D'un noir-verdâtre, cristallisant en octaèdres à base rectangle, et renfermant 50 p. 100 de cuivre.

F. *Cuivre sulfaté*. Se forme journellement dans les mines par l'altération du cuivre pyriteux; est soluble dans l'eau et par conséquent peu abondant.

G. *Oxy-chlorure de cuivre, atakamite*. Se trouve au Pérou et au Chili en masses ou en sables d'un beau vert-émeraude foncé. Il renferme 57 p. 100 de cuivre. Rare.

H. *Hydro-silicates*.

Dioptase. D'un beau vert-émeraude, en cristaux hexaèdres, translucides, ayant un éclat vitreux. Très rare. Se trouve dans le pays de Kirguis.

Kiesel malachite. Amorphe, d'un beau vert, renferme 32 p. 100 de cuivre.

Sommervillite. Amorphe, d'un vert plus ou moins bleu. Très rare. Se trouve aux Etats-Unis.

Essai des minerais de cuivre. La grande variété et la grande différence que présentent les minerais de cuivre les rend souvent difficiles à reconnaître à la première vue; cependant il est rare que la présence du cuivre ne s'y décèle pas, dans quelques parties, par un enduit plus ou moins sensible de vert-de-gris; d'un autre côté, en grillant le minerai pulvérisé soit seul, soit avec du nitre, puis traitant par l'ammoniaque ou son carbonate, on reconnaît de suite le cuivre à la belle couleur bleue que prend la liqueur. Il y a même beaucoup de minerais de cuivre, tels que le protoxyde ou oxydulé, les carbonates, etc., qui se dissolvent immédiatement dans le carbonate d'ammoniaque, sans aucun traitement préalable.

Dans un essai de cuivre, la première chose à faire est de se procurer un échantillon qui ait à peu près la composition moyenne du tas à essayer. A cet effet on choisit à l'œil des échantillons des divers minerais qui composent le tas, de telle sorte que leur ensemble en représente la composition, on les pulvérise et on les mélange bien ensemble. On essaie ensuite au chalumeau une partie de ce mélange pour reconnaître s'ils renferment de l'arsenic et du soufre qui donnent lieu à des fumées ayant une odeur alliée et sulfureuse. Lorsque le minerai renferme ces deux corps, ce qui arrive très souvent, on en prend 40 gram. que l'on mélange avec 5 gram. de sciure de bois, puis que l'on imbibe d'huile, et on chauffe le tout modérément dans un creuset jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de fumées arsenicales. La matière refroidie est pulvérisée et grillée dans un têt au rouge sombre jusqu'à ce que tout le soufre et le charbon aient été brûlés; à la fin de l'opération il faut donner un fort coup de feu et chauffer

CUIVRE.

au blanc pendant quelques minutes pour décomposer la petite quantité de sulfate de cuivre qui pourrait s'être produit. Le résidu est mélangé avec la moitié de son poids de borax calciné, 1/12 de noir de fumée et quelques gouttes d'huile pour lui donner de la consistance, puis introduit dans un creuset dont on lute le couvercle, et que l'on place dans un fourneau à vent tirant bien, où on le chauffe d'abord graduellement, puis donnant un fort coup de feu pendant quinze à vingt minutes. En retirant ensuite le creuset du feu et le cassant lorsqu'il est entièrement refroidi, on obtient un culot de cuivre métallique, dont le poids, la couleur et la malléabilité, donnent assez exactement la valeur relative du minerai essayé. Lorsque l'essai au chalumeau n'indique pas la présence de l'arsenic, on peut se passer de la première calcination. Enfin, si cet essai ne décèle ni la présence de l'arsenic ni celle du soufre, on peut fondre immédiatement le minerai avec du borax, du noir de fumée et quelques gouttes d'huile.

Très souvent on essaie les minerais de cuivre par voie sèche d'une manière un peu différente de celle qui précède, et qui consiste à les griller, puis à les fondre avec 3 parties des flux noir. Le poids du bouton métallique donne la teneur du minerai.

Dans tous les cas, on coupe le bouton de cuivre avec du plomb pauvre pour reconnaître s'il contient de l'argent ou de l'or.

L'essai par voie humide est plus exact, mais il exige un peu plus d'habitude et de temps.

Pour doser le cuivre par voie humide, on traite 40 gram. de la matière bien porphyrisée par de l'eau régale bouillante contenant beaucoup plus d'acide hydrochlorique que d'acide nitrique, ou mieux encore par de l'acide hydrochlorique seul, lorsque cet acide peut dissoudre tout le cuivre. Si le minerai renfermait du plomb, il faudrait remplacer l'acide hydrochlorique par de l'acide sulfurique pour séparer ce métal à l'état de sulfate insoluble. On évapore à siccité, on reprend le résidu par de l'acide hydrochlorique, ou de l'acide sulfurique dans le cas où le minerai renfermait du plomb, on étend d'eau et on filtre, pour séparer la silice gélatineuse et toutes les substances insolubles. On précipite ensuite la liqueur filtrée, portée à une température voisine du point d'ébullition, par une lame de fer bien décapée, en ayant soin de l'entretenir dans un état d'acidité très prononcée, en y ajoutant de temps à autre de l'acide hydrochlorique ou de l'acide sulfurique, sans quoi il se formerait un sous-sel de fer insoluble qui se précipiterait avec le cuivre. On lave très rapidement à l'eau bouillante, le précipité de cuivre métallique obtenu, d'abord par décantation, puis sur un filtre, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne se troublent plus par le nitrate d'argent; on le fait sécher dans du papier joseph, au-dessous de 100°, et on le pèse. Si on le desséchait trop fortement au contact de l'air il s'oxyderait sensiblement, surtout si le lavage n'avait pas été exécuté avec le plus grand soin. Lorsque le minerai renferme de l'arsenic, il s'en précipite toujours une certaine quantité avec le cuivre; ce qu'il y a de mieux à faire dans ce cas, est de précipiter la liqueur provenant de l'attaque par l'acide sulfurique, par l'hydrosulfate d'ammoniaque en excès qui redissout l'arsenic, et de traiter les sulfures insolubles lavés et exempts d'arsenic, par la méthode ci-dessus.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE DES MINERAIS DE CUIVRE.

Sous le rapport de leur traitement métallurgique, les minerais de cuivre peuvent être partagés en trois classes, savoir :

1° Minerais qui ne contiennent ni soufre, ni antimoine, ni phosphore, ni arsenic, ni plomb. — Cuivre natif, cuivre oxydulé, carbonates et hydro-silicates de cuivre.

CUIVRE.

2° Minerais contenant seulement du soufre. — Cuivre pyriteux, cuivre panaché, sulfate de cuivre (ce dernier se forme journellement dans le grillage des minerais ou naturellement dans les mines exploitées; en le dissolvant dans l'eau et le précipitant par du fer, on en tire du cuivre de cément que l'on raffine ensuite).

3° Minerais renfermant de l'arsenic, de l'antimoine, du phosphore ou du plomb. — Cuivres gris, bournonite, phosphates ou arséniates de cuivre.

Traitement métallurgique des minerais de la première classe.

Lorsque les minerais de la première classe sont assez riches, et se rencontrent isolément en quantité suffisante pour alimenter une exploitation, le traitement en est très simple. Tel était le gîte métallique de Chassy (département du Rhône), découvert en 1812, et actuellement presque épuisé, composé de carbonates de cuivre bleu et vert, et d'un peu de cuivre oxydulé. Le minerai préparé était à gangue siliceuse et renfermait de 27 à 30 p. 100 de cuivre métallique. L'opération consistait en une simple fusion des minerais avec une quantité convenable de chaux, servant à scorifier les gangues, dans un fourneau à manche à avant-creuset. Le fond du creuset, battu en brasque pesante, composée d'un mélange de 2 parties en volume d'argile et de 4 p. de poussier de charbon, était à 0^m,40 en contre-bas de la tuyère, et le gueulard (ouverture par laquelle on charge les minerais et le combustible) à 4^m,80 au-dessus du même niveau. La section intérieure du fourneau était prismatique et rectangulaire; elle avait 0^m,85 de profondeur de la warme à la poitrine et 0^m,60 de largeur. On employait du coke comme combustible. On lançait par minute dans le fourneau, par une seule tuyère, 8 kilogr. d'air sous la pression de 4^c de mercure.

Le lit de fusion se composait de : 40 parties de cuivre carbonaté, 4 partie de cuivre oxydulé, 2 parties de scories du raffinage du cuivre noir, 8 parties de chaux vive, et 20 parties de scories bleues de la fonte précédente. Le fourneau ayant été séché et mis en feu comme à l'ordinaire, la charge normale se composait de 70 kil. de coke et de 434 kil. du lit de fusion; le coke étant chargé en dessus sur la poitrine, et le minerai sur la warme. On maintenait devant la tuyère un nez de 0^m,46 environ; l'ouvrier le fermait au besoin en introduisant par la tuyère un ringard froid qui coagulait les matières, et le cassait avec un ringard lorsqu'il était trop long. On passait de 20 à 28 charges en 24 heures, et on coulait toutes les 12 heures lorsque le creuset était plein de métal : on obtenait par coulée de 350 à 400^k de cuivre noir. D'après une analyse de M. Marguerin, ce cuivre noir renfermait 89,3 de cuivre, 6,5 de fer, 0,34 de soufre et 3,7 de silicate de protoxyde de fer, provenant du mélange mécanique d'une petite quantité de scories.

Lorsque le fourneau marchait bien, les scories étaient bien fluides, vitreuses et colorées en bleu; lorsqu'au contraire le lit de fusion renfermait un excès de silice et d'argile, les scories se coloraient en rouge et renfermaient jusqu'à 3 et 5 p. 100 d'oxydule de cuivre, tandis que le cuivre noir obtenu était beaucoup plus impur et plus chargé de fer; enfin un excès de chaux donnait des scories d'un gris-noirâtre pouvant aller jusqu'au noir. Ces différences de couleur permettaient au fondeur de reconnaître de suite un dérangement dans l'allure normale du fourneau, et d'y remédier aussitôt soit en augmentant, soit en diminuant la proportion de chaux qui entrait dans le lit de fusion. Les scories rouges étaient repassées dans le fourneau. On obtenait 4 parties 1/2 en poids de scories bleues pour 4 parties de cuivre noir, et comme ces scories avaient une teneur en cuivre de 0,005, la perte en cuivre était de 2,25 p. 400 du cuivre noir obtenu.

CUIVRE.

Le personnel du fourneau se composait de 2 postes d'ouvriers, se relayant de 12 heures l'un, et composés chacun d'un maître fondeur et de son aide. La campagne de chaque fourneau ne durait qu'une semaine.

Le prix de revient du quintal métrique de cuivre noir était, d'après M. Le Play, de 446^f,23 comme suit :

333 ^k de minerai à 35 ^f ,30 les 400 ^k , soit.	147 ^f ,65	
66 ^k ,7 de chaux à 5 ^f les 100 ^k , soit.	3,34	
256 ^k ,6 de coke à 4 ^f ,60 les 100 ^k , soit.	4,44	
Main d'œuvre.	2,38	
Total des frais spéciaux.	127 ^f ,48	427 ^f ,48
Entretien du matériel.	3,00	
Direction et surveillance.	4,75	
Intérêt du capital et des fonds de roulement.	5,00	
Frais divers.	6,00	
	48,75	486 ^f ,23

Les scories de la fonte immédiate pour cuivre noir qui sont rejetées, ayant toujours à peu près la même teneur en cuivre, et leur proportion relative augmentant très rapidement à mesure que la richesse du minerai diminue, on conçoit que, dans ce cas, la perte en cuivre augmenterait très rapidement, si l'on suivait le procédé que nous venons de décrire. Aussi lorsqu'il s'agit de minerais notablement moins riches que celui de Chassy, on les soumet à une fonte de concentration avec des pyrites de fer, de manière à obtenir une *matte* (sulfure double de fer et de cuivre), que l'on traite comme nous le dirons plus loin en parlant des minerais de la deuxième classe, et à séparer les matières terruses à l'état de scories. Le cuivre ayant beaucoup d'affinité pour le soufre, et la *matte* renfermant seulement 45 à 40 p. 100 de cuivre, les scories rejetées sont beaucoup plus pauvres et la perte en cuivre beaucoup plus faible que par la méthode de Chassy.

Au lieu d'employer des pyrites de fer comme moyen de concentration, on se sert, quand l'on peut, de minerais de cuivre de la deuxième classe.

Enfin nous avons vu employer avec succès, depuis quelques années, à Linz, sur les bords du Rhin, et au Stadberg en Westphalie, un procédé de traitement par voie humide pour traiter des minerais de la première classe, très pauvres, dont la teneur était en moyenne de 4 à 4 p. 100 et qui n'étaient pas assez argentifères pour qu'on pût en séparer l'argent avec avantage.

Ce procédé, sur lequel M. Delesse a publié un mémoire fort intéressant dans le 4^e volume de la 4^e série des *Annales des Mines*, mémoire que nous engageons nos lecteurs à consulter, consiste à traiter les minerais de cuivre par de l'acide sulfurique que l'on prépare de toutes pièces dans l'usine même. A cet effet on grille des pyrites de fer dans des fourneaux de 2^m environ de hauteur, portant à leur partie inférieure une grille placée au-dessus d'un cendrier hermétiquement fermé, au moyen d'un courant d'air forcé qui arrive par une tuyère placée au-dessus de la grille. Il suffit de mettre un peu de combustible lors de la mise en feu et au commencement de chaque charge, la chaleur dégagée ensuite par la combustion du soufre suffit pour opérer la continuation du grillage. Comme l'air arrive à une faible pression, que la température est peu élevée dans l'intérieur du fourneau, et que ce dernier a une faible hauteur, la combustion est incomplète et les gaz qui se dégagent renferment, outre de l'acide sulfurique, une certaine proportion d'air non brûlé. On règle la combustion dans le fourneau en faisant varier la quantité d'air qu'on y fait arriver, de manière à ce qu'elle ne s'élève pas au point d'agglutiner les mor-

ceaux, ce qui rendrait leur grillage ultérieur très difficile.

On ajoute à la pyrite une faible quantité de nitre, qui, en se décomposant par l'action de la chaleur, donne naissance au deutoxyde d'azote nécessaire à la formation de l'acide sulfurique.

Le gueulard du fourneau est habituellement fermé par une plaque en fonte, et les produits gazeux se rendent par une conduite latérale dans les cases où se fait l'attaque, et où arrive également un courant de vapeur d'eau, fourni par une petite chaudière à vapeur, qui vient compléter les éléments indispensables à la production de l'acide sulfurique, savoir : l'acide sulfureux, l'oxygène ou l'air atmosphérique, le deutoxyde d'azote et la vapeur d'eau.

On charge le fourneau toutes les 12 heures ; pour cela on arrête le vent et on ferme la conduite latérale par un registre, afin d'empêcher les vapeurs acides répandues dans les cases d'attaque de refluer dans l'intérieur du fourneau : un ouvrier se mettant alors sous le nez un linge mouillé, ouvre une porte placée au-dessous de la grille et qui avait été lutée avec de l'argile, puis retire avec un crochet ce qui a passé entre les barreaux de celle-ci ; un autre ouvrier enlève le couvercle placé sur le gueulard et vide le fourneau avec une longue pince ; il rejette les morceaux complètement grillés et met de côté ceux qui sont agglutinés, les casse et les repasse de nouveau dans le fourneau jusqu'à ce que leur grillage soit complet. Cela fait, et la porte inférieure étant de nouveau fermée et lutée, on jette dans le fourneau un peu de bois, puis 50^k de pyrites de fer et 3/10^e d'hectolitre de menue houille, enfin par dessus le tout 4^k de nitre : la théorie et l'expérience s'accordant pour indiquer qu'une quantité déterminée de deutoxyde d'azote suffit pour convertir en acide sulfurique une quantité presque indéfinie d'acide sulfureux, il nous semble qu'on pourrait se dispenser d'employer une aussi grande quantité de nitre.

Le minéral est placé dans des cases en maçonnerie sur des grilles en pierre, en dessous desquelles arrivent les gaz des fourneaux et la vapeur d'eau. L'acide sulfurique s'unit à la vapeur d'eau à mesure qu'il se forme, se condense sur le minéral dont il humecte et imbibé tous les morceaux, attaque le carbonate de cuivre et le transforme en sulfate, lequel se dissout et coule au fond de la case. Pour que l'attaque ait lieu facilement et qu'il se perde le moins possible de vapeurs acides, on dispose le minéral sur les grilles par couches de diverses grosseurs, de manière à ce que les plus gros morceaux soient sur les grilles et les plus petits à la partie supérieure.

Pour enrichir les eaux acides chargées de sulfate de cuivre, on les fait successivement passer d'une case dans l'autre, en les répandant sur le minéral, au moyen de pompes en plomb. Dans une case d'attaque de 9^m,50 de long sur 5^m de large et 4^m,66 de profondeur, on charge environ 600^{kg} de minéral. Pendant que le chargement s'exécute, on bouche l'ouverture par laquelle les vapeurs acides se répandent ordinairement dans cette case, afin d'empêcher que l'acide sulfurique ne se perde inutilement. Le minéral riche, renfermant quelquefois jusqu'à 6 et 40 p. 100 de cuivre, reste au plus 8 semaines dans une case avant de passer dans la voisine, et quand il a été dans 3 cases, l'expérience apprend qu'il ne retient plus une quantité de cuivre appréciable à l'analyse chimique, de sorte qu'il faut au maximum 24 semaines pour terminer complètement une opération. Pour des minerais pauvres la moitié de ce temps est plus que suffisant.

Quand l'eau chargée de sulfate de cuivre marque 24 à 30° à l'aréomètre de Baumé, on la fait couler dans une cuve où on la précipite par des rognures de tôle, à une température de 30 à 40° ; on emploie un peu moins

de 200 de fer pour 100 de cuivre. La quantité de fer dissoute dépend beaucoup, du reste, du degré d'acidité de la liqueur, et on la retrouve tout entière dans le sulfate de fer cristallisé que l'on retire des eaux mères.

L'opération est terminée quand une plaque de fer polie ne se recouvre plus d'une pellicule rouge de cuivre métallique lorsqu'on la plonge dans la liqueur ; on transvase alors, au moyen d'un syphon de plomb, la liqueur chargée de sulfate de fer, dans des chaudières où on la concentre par évaporation, jusqu'à ce qu'elle marque 40 à 45° Baumé, point où on la fait écouler dans des cristallisoirs ; par le refroidissement, les cristaux de sulfate de fer se déposent en grappes sur des bâtons de bois verticaux plongés dans la liqueur vitriolique, et fixés à des perches horizontales reposant en travers sur les cristallisoirs. Les eaux-mères de l'opération sont renvoyées aux chaudières d'évaporation.

Le cuivre de ciment et le fer non attaqué sont égouttés dans des paniers d'osier, puis lavés au tamis à secousses (*all.* setzsiebe) ; le cuivre de ciment qui est pulvérulent tombe au fond de la cuve. L'ouvrier prend ensuite une à une les rognures de tôle, qui sont restées sur le tamis, les gratte au couteau pour en détacher les écailles de cuivre adhérentes, et les rejette dans la cuve à précipitation.

Le cuivre de ciment obtenu est lavé dans des caisses à tombeau pour en séparer les dépôts ferrugineux et le sulfate de fer. On laisse déposer les eaux de lavage, et comme elles contiennent un peu de sulfate de fer, on les emploie de préférence à l'eau pure pour arroser les minerais dans les cases d'attaque. Les boues sont recueillies et traitées comme le cuivre de ciment. La teneur du cuivre de ciment varie de 50 à 95 p. 100, selon qu'il est ou non à l'état de boues : nous indiquerons plus loin comment on le raffine.

On peut, dans la fabrication de l'acide sulfurique, remplacer avec avantage la pyrite de fer par d'autres sulfures métalliques. Ainsi à Linz, on remplace 1 partie de pyrite de fer par 10 p. de blende (zinc sulfuré) ; le résidu du grillage, au lieu d'être rejeté, est pulvérisé, grillé de nouveau dans des fours à réverbère chauffés à flammes perdues, et fondu pour zinc par la méthode de Belgique (voyez zinc). Cela permet de traiter avec bénéfice des minerais de cuivre non argentifères, beaucoup plus pauvres qu'au Stadtberg, et qui souvent ne renferment que 1/2 à 4 p. 100 de cuivre métallique.

À l'usine à plomb d'Alzau, près Linz, on grille par le même procédé la galène (plomb sulfuré), et on emploie l'acide sulfurique produit pour dissoudre un minéral de fer oxydé hydraté, et fabriquer à peu de frais une grande quantité de sulfate de fer.

Il est à remarquer que ce procédé de traitement s'appliquerait peu aux minerais très calcaires, parce qu'une grande partie de l'acide produit serait dépensée en pure perte à produire du sulfate de chaux, qui aurait en outre l'inconvénient de rendre le cuivre de ciment très impur, et d'apporter beaucoup d'obstacles à la cristallisation du sulfate de fer. Heureusement ce cas ne se présente pas habituellement.

Lorsqu'il serait possible d'établir les usines destinées à traiter des minerais de la première classe près des fabriques de soude ou même de les y annexer, il serait avantageux de remplacer l'acide sulfurique par l'acide hydro-chlorique que ces fabriques produisent en grande quantité, et laissent perdre le plus souvent dans l'atmosphère, faute de débouchés, au grand détriment du voisinage.

Traitement métallurgique des minerais de la deuxième classe.

Les minerais de la seconde classe sont de beaucoup les plus importants et fournissent la presque totalité du cuivre versé dans le commerce. Lorsque ces

minerais sont très riches, on pourrait les ramener à l'état d'oxyde par le grillage, puis les fondre pour cuivre noir comme les minerais de la première classe, mais on obtiendrait toujours du cuivre noir, très impur et ferreux, qu'il serait très difficile de raffiner. D'ailleurs, il est presque toujours impossible de concentrer le minerai de cuivre par une préparation mécanique quelconque, soit parce que la gangue du minerai se compose principalement de pyrites de fer ou autres minéraux analogues, d'une densité à peu près égale à celle du cuivre pyriteux, comme à Rammelsberg, dans le Hartz, soit parce que le cuivre pyriteux ou panaché se trouve disséminé dans le minerai en particules très fines et souvent indiscernables, comme dans le schiste cuivreux du Mansfeld, soit enfin parce que le minerai renferme, comme c'est un cas assez fréquent dans l'Oural, une certaine quantité de minerais de la première classe qui seraient entraînés par le lavage avec les gangues.

Il en résulte donc que les minerais de cuivre livrés aux usines ont ordinairement une teneur assez faible, ainsi :

Les minerais pyriteux du Cornouailles ont une teneur moyenne de . . .	7 1/2 à 8 p. 100
De Rammelsberg au Hartz . . .	5 1/2 — p. 100
De l'Oural . . .	4 1/2 — p. 100.
De Mansfeld (minerais argentifères) . . .	4 1/2 à 2 p. 100

En grillant complètement des minerais aussi pauvres et les fondant immédiatement pour cuivre noir, la perte en cuivre serait énorme, puisqu'elle dépend de la proportion relative des scories, et on obtiendrait du cuivre noir très ferreux. On grille donc incomplètement le minerai de cuivre, plus ou moins, selon qu'il renferme plus ou moins de pyrites de fer, on le fond ensuite en ajoutant, s'il est nécessaire, un fondant convenable pour liquéfier la gangue; cette première fonte est souvent appelée *fonte crue*, quoique la plupart du temps on y passe des minerais grillés; on concentre ainsi le cuivre dans un produit particulier appelé *matte de cuivre* (sulfure double de cuivre et de fer), lequel se sépare aisément des scories que l'on rejette et qui ne retiennent qu'une quantité de cuivre tout à fait insignifiante, surtout quand la première matte renferme au plus 30 à 35 p. 100 de cuivre.

On pourrait griller complètement la matte de cuivre, puis la traiter par la méthode de Chessy; mais, il tendrait à se former des lours ou dépôts ferreux qui obstrueraient le fourneau. On grille alors seulement assez la matte, pour que par une deuxième fusion on obtienne du cuivre noir, et une deuxième matte dans laquelle passent presque en totalité le soufre, l'arsenic, l'antimoine et le fer, de telle sorte que le cuivre noir est beaucoup plus pur. On grille suffisamment cette deuxième matte, pour en séparer l'arsenic, l'antimoine et la plus grande partie du soufre, et on la repasse dans le lit de fusion pour cuivre noir. Les scories de la fonte pour cuivre noir sont repassées dans le lit de fusion de la fonte pour matte dont les scories sont seules rejetées.

Lorsque le combustible est abondant et à bas prix, on cherche autant que possible à diminuer la perte en cuivre en formant une première matte très pauvre; puis, au lieu de griller immédiatement la matte assez pour obtenir du cuivre noir, on fait quelquefois jusqu'à quatre fontes de concentration successives, en ne grillant qu'imparfaitement les mattes à chaque fois, avant d'obtenir du cuivre noir. On a ainsi l'avantage de chasser plus complètement, par de nombreux grillages, l'arsenic et l'antimoine que renferment presque toujours en petite quantité les minerais de cuivre sulfurés, en même temps que d'obtenir un cuivre noir moins ferreux,

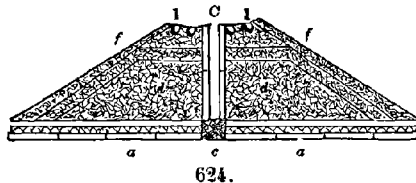
s'affinant beaucoup plus facilement et avec moins de déchet, en donnant un cuivre rosette de qualité supérieure.

Le grillage des minerais se fait en tas ou dans des fours à réverbère; celui des mattes se fait dans des cases formées par trois murs verticaux et à sol légèrement inclinée, ou dans des fours à réverbère. La fonte des minerais grillés et celle des mattes grillées s'exécutent soit dans des fourneaux à courant d'air forcé, soit dans des fourneaux à réverbères; de là, deux séries de méthodes tout à fait distinctes.

Entrons maintenant dans quelques détails sur les diverses méthodes suivies dans les principaux groupes d'usines à cuivre de l'Europe.

BAS-HARTZ. Le minerai qui alimente les usines à cuivre du Bas-Hartz est du cuivre pyriteux associé à de la pyrite de fer, de la blende, et une petite quantité de sulfures d'arsenic et d'antimoine; il renferme en moyenne 5 1/2 p. 100 de cuivre métallique.

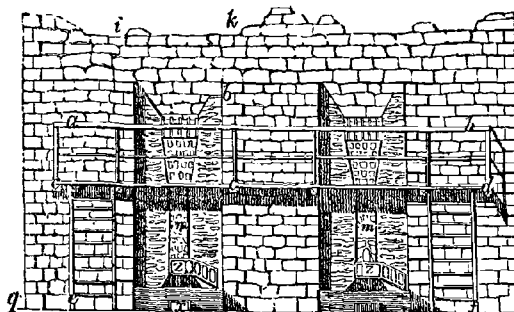
Le minerai est grillé en tas à base rectangulaire, dont la fig. 624 représente une coupe verticale, on place



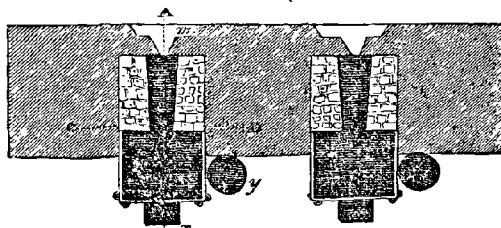
d'abord sur une aire bien battue trois lits de bois en rondins superposés, en y ménageant, pour l'arrivée de l'air, des canaux qui viennent aboutir à une cheminée centrale C en bois placé debout, dont on remplit le bas c, avec du menu charbon; au-dessus on charge le minerai en morceaux d d. On allume alors le tas en jetant dans la cheminée C quelques charbons embrasés, et au bout de 24 heures on recouvre le tas de 0^m,20 à 0^m,30 de minerai en petits morceaux, et on laisse encore le feu se propager pendant deux à trois jours; on recouvre la partie supérieure du tas avec 0^m,06 à 0^m,10 de schlich ou minerai fin obtenu par le lavage; on forme avec de la mousse et de la terre une couverture f f, sur les faces latérales du tas; puis on pratique par pression à la partie supérieure du tas, une série de trous hémisphériques de 0^m,20 à 0^m,30 de diamètre, disposés en quinconce. Le grillage s'opère d'abord à la partie inférieure du tas par suite de la combustion du bois, puis se propage successivement dans toute la masse par suite de la chaleur développée par la combustion d'une partie du soufre renfermé dans le minerai; l'autre partie distille et vient affluer dans les cavités hémisphériques pratiquées à la partie supérieure du tas, où il se liquéfie et où on le puise avec des cuillères. La quantité de soufre ainsi recueillie est plus que suffisante pour couvrir les frais de grillage. Chaque tas renferme à peu près 4100 à 4200^m de minerai et 2 stères 1/2 de bois; le grillage de chaque tas dure quatre mois, et produit 4500^m environ de soufre. On défait ensuite le tas, on brise les morceaux qui se sont agglomérés et on grille de nouveau, en tas, le minerai à deux autres reprises; en résumé on obtient environ 4000^m de minerai grillé.

Le minerai grillé à trois feux est fondu avec du schiste argileux, qui sert de fondant, et des scories de la fonte des mattes, dans des fourneaux à manche de faibles dimensions (fig. 625, 626 et 627); on emploie comme combustible un mélange de charbon de bois et de coke. La fonte est conduite très rapidement, aussi les campagnes durent rarement plus de cinq jours, et on obtient de 6 à 700 kil. de matte par jour. On se trouve dans la nécessité d'agir ainsi, parce que les scories con-

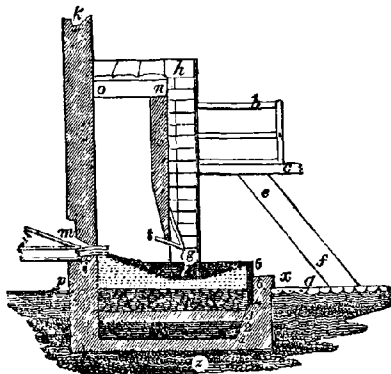
CUIVRE.



625.



626.



627.

tenant beaucoup d'oxyde de zinc sont peu fusibles; aussi retiennent-elles plus de cuivre que les scories de fontes crues ordinaires.

La première matte est grillée en petits tas de 30^m. environ, à trois feux; chaque grillage dure trois à quatre jours. La fusion de la première matte grillée se fait dans les fourneaux de fonte crue avec le même fondant. Le travail est plus facile, les dépôts ferreux moins abondants et la campagne un peu plus longue. On obtient du cuivre noir et une deuxième matte qui est grillée à six feux et refondue; on obtient du cuivre noir et une troisième matte qui est grillée à 5 ou 6 feux et refondue de nouveau; on obtient encore du cuivre noir et une quatrième matte, qui est grillée et repassée dans la fonte de la troisième matte.

SAINBEL (Rhône). Le traitement suivi à Sainbel n'est qu'une modification de celui du Hartz. On grille une seule fois en tas le minerai de cuivre pyriteux, puis on le fond avec du minerai de cuivre carbonaté pauvre dans un fourneau à manche. On obtient ainsi une première matte qui est grillée dans des cases à 40 feux, puis fondue pour cuivre noir avec du minerai carbonaté riche et des crasses d'affiage; on obtient en outre une deuxi-

CUIVRE.

me matte qui est grillée à 5 feux seulement, et passée avec la première matte grillée dans la fonte pour cuivre.

FAHLUN (Suède). Les minerais sont des pyrites de fer mélangées de cuivre pyriteux. On les trie en minerais riches et en minerais pauvres ne tenant guère que 2 p. 400 de cuivre; ces derniers sont grillés tantôt en tas, tantôt dans des fourneaux particuliers (voyez MÉTALLURGIE), qui permettent de recueillir la plus grande partie du soufre qui distille. Les minerais pauvres grillés sont fondus avec des minerais crus et des scories de la fonte pour cuivre noir, dans des fourneaux à manche. On obtient des mattes très pauvres, ne renfermant guère que 40 à 15 p. 400 de cuivre, qui sont grillées à 5 ou 6 feux en tas ou dans des cases, et refondues pour cuivre noir dans les mêmes fourneaux avec des minerais riches, crus ou grillés. On obtient en outre des mattes très riches qui sont grillées et repassées dans la fonte pour cuivre noir.

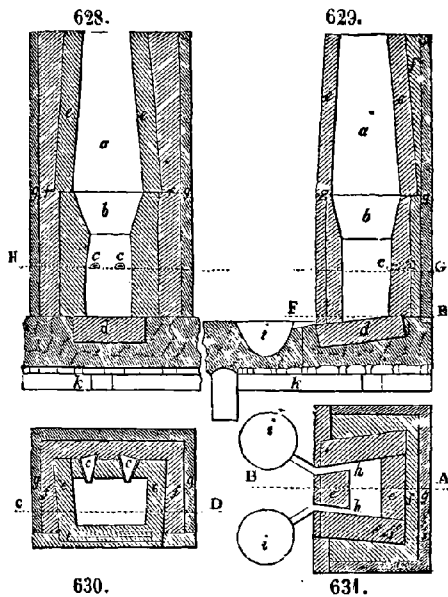
OURAL. Les minerais sont un mélange de minerais de la première et de la deuxième classe; on les soumet d'abord à une fonte crue, sans les griller, dans des demi-hauts fourneaux de 4^m,50 de hauteur, et dont les campagnes durent de dix à onze mois. On obtient par vingt-quatre heures 675 kil. de mattes tenant 30 p. 400 de cuivre. Les mattes sont grillées dans des cases à 3 ou 5 feux,

et leur fonte se fait dans le même fourneau, à la fin de la campagne, lorsqu'il commence à s'obstruer par les dépôts ferreux qui sont redissous dans cette opération. On obtient par vingt-quatre heures 1,000 kil. de cuivre noir et 2,250 kil. de deuxième matte très riche, qui est grillée et repassée dans la fonte pour cuivre noir.

MANSFELD-HESSÉ. Le minerai traité dans les usines à cuivre du Mansfeld et de la Hesse électorale est un schiste marno-bitumineux dit *kupfer-schiefer*, qui se trouve à la partie inférieure de la formation du zechstein et immédiatement au-dessus du grès rouge; il renferme du cuivre sulfuré, du cuivre pyriteux, du cuivre panaché, et une petite quantité de pyrites de fer et de minerais de la première classe, en particules extrêmement ténues et souvent indiscernables à l'œil nu. Outre le schiste cuivreux proprement dit, qui a une teneur moyenne en cuivre de 1 1/2 p. 400, on exploite aussi en quelques endroits, sur une épaisseur de quelques centimètres, le grès gris ou blanc qui se trouve à la partie supérieure de la formation du grès rouge, au contact du *kupfer-schiefer*, et qui est quelquefois beaucoup plus riche que le schiste cuivreux proprement dit. Dans la Hesse, ce minerai quartzéux, dit *sanderze*, a une teneur en cuivre de 4 à 6, et même quelquefois de 10 p. 400. En mélangeant les diverses variétés de minerais, on parvient en général à produire un lit de fusion convenable; cependant il est nécessaire dans le Mansfeld d'y ajouter une faible quantité de chaux fluatée.

Avant de procéder à la fusion des schistes, on les grille, ainsi que les minerais quartzéux, en tas plus ou moins considérables, qui en renferment quelquefois jusqu'à 2000^m, afin d'expulser l'eau, l'acide carbonique, le bitume et une partie du soufre qu'ils renferment. On met à la partie inférieure des tas un lit de fagots pour les allumer; le bitume contenu dans les schistes suffit ensuite pour entretenir la combustion pendant toute la durée du grillage, qui est de deux à quatre mois, suivant la saison. Le minerai grillé est fondu avec des scories de la fonte pour cuivre noir, et dans le Mansfeld avec une certaine quantité de chaux fluatée, dans des fourneaux de grandes dimensions dits *fourneaux à tonnettes*, et dont les fig. 628 à 634 donneront une idée. A Riegelsdorf (Hesse), ces four-

neaux ont 5^m,50 de hauteur; leur cuve est légèrement conique et se raccorde avec la partie inférieure du fourneau, qui présente une section trapézoïdale ayant au niveau de la tuyère, 0^m,58 de largeur en arrière, 0^m,48 en avant et 0^m,82 de profondeur. Le diamètre au gueulard n'est plus que de 0^m,50. L'air est lancé dans le fourneau par une seule tuyère à eau placée à 0^m,72 au-dessus de la sole; il est auparavant chauffé à 420° environ, au moyen d'une prise de gaz faite près du gueulard. Les fourneaux employés dans le Mansfeld sont à deux ou trois tuyères *c, c*, et offrent plus de ressemblance avec les hauts-fourneaux dans lesquels on traite les minerais de fer; ils ont une cuve *a*, et des étalages *b*, présentant la forme de deux troncs de cône en sens inverse, tantôt se raccordant immédiatement, comme l'indiquent les fig. 628 et 629, tantôt réunis par une partie cylindrique qui forme le ventre; le creuset et l'ouvrage (fig. 630 et 631) ont seuls une forme trapé-



soïdale. La hauteur totale de ces fourneaux est de 5^m,00, celle de la cuve de 2^m,60, et celle des tuyères au-dessus de la sole 0^m,68. Le diamètre au gueulard est de 0^m,78, au ventre de 4^m,40, et la largeur moyenne de la section au niveau des tuyères, de 0^m,65 à 0^m,70. On chauffe préalablement l'air lancé dans le fourneau à une température de 150 ou 200°.

Dans tous ces fourneaux le creuset et l'ouvrage sont construits avec des grandes pierres de grès réfractaire; la sole est formée par une seule pierre inclinée de 5 à 6°. Ces fourneaux sont dits à lunettes, parce qu'ils communiquent par les conduits *h, h*, avec deux bassins de réception antérieurs *i, i*, dans lesquels on fait successivement la coulée. On bouche les conduits *h, h*, avec de la brasque dans laquelle on perce ensuite, au besoin, les ouvertures nécessaires pour faire écouler les mattes et les scories.

Les campagnes durent plusieurs mois. On coule toutes les douze heures environ, et on obtient par coulée de 500 à 600^k de matte ayant une teneur en cuivre de 30 à 40 p. 100. Cette matte est grillée dans des cases de six à dix fois suivant les localités. Dans la plupart des usines du Mansfeld, on lave la matte à la suite de chaque grillage intermédiaire, pour dissoudre le sulfate de cuivre qui s'est formé, on concentre les

eaux de lavage et on fait cristalliser; on obtient ainsi une certaine quantité de sulfate de cuivre cristallisé, que l'on livre en cet état au commerce. La matte, grillée est fondue avec les crasses de raffinage du cuivre noir, dans des fourneaux soufflés à l'air froid, dont la forme générale est la même que celle des fourneaux de fonte crue, dans lesquels la tuyère est un peu moins élevée, et où la partie antérieure de la cuve est supprimée, de telle sorte que la hauteur totale du fourneau n'est guère que de 2^m. On coule ordinairement trois fois en 24 heures, et on obtient 300^k de cuivre noir par coulée (Hesse). La deuxième matte qui a une teneur en cuivre de 50 p. 100, est grillée à trois ou quatre feux et repassée dans la fonte pour cuivre noir.

Nous donnerons une idée des consommations et des frais de traitement du schiste cuivreux, par les tableaux suivants qui se rapportent à l'usine de Friedrichshütte près Riegelsdorf (Hesse), et qui offrent la moyenne du roulement de l'année 1839. On y emploie comme combustible un mélange de charbon de bois et de coke, en proportions variables suivant les approvisionnements.

1° Consommations et prix de revient du q. m. de première matte crue.

4767 ^k de schistes cuivreux valant à l'usine.	28 ^r ,72
Grillage des schistes.	0 ^r ,29
Fonte crue.	4 ^r ,40
Main-d'œuvre.	2 ^r ,43
Matériaux et frais divers.	4 ^r ,68
Prix de revient du quintal de 1^{re} matte crue.	58^r,52

2° Consommations et prix de revient du q. m. de cuivre noir.

224 ^k ,5 de première matte crue (ayant une teneur de 40, 2 p. 100) à raison de 58 f. 52 c. les 100 ^k .	131 ^r ,40
49 ^k ,5 de deuxième matte crue (ayant une teneur de 50 p. 100).	" "
Grillage des mattes.	0 ^r ,57
de bois de fagots.	4 ^r ,07
de bois de cordis.	15 ^r ,17
de ch. de bois.	0 ^r ,48
de coke.	2 ^r ,4
Main d'œuvre.	2 ^r ,38
Matériaux et frais divers.	4 ^r ,68
Total.	152^r,45

On a produit 22^k de deuxième matte par q. m. de cuivre noir, ce qui donne un excédant de 2^k,5 de deuxième matte, dont il faudra déduire la valeur calculée pour une teneur de 50 p. 100 du total ci-dessus, ce qui fait à retrancher.

Prix de revient du quintal de cuivre noir. 150^r 63

Dans les usines du Mansfeld le cuivre noir obtenu, étant assez riche en argent pour qu'on puisse en extraire ce dernier métal avec bénéfice, est soumis à la *liq*uation, opération que nous avons décrite à l'article ARGENT. La liquation donnant lieu à une forte dépense en combustible et à de grands déchets sur le cuivre et l'argent, est actuellement presque en totalité remplacée par l'amalgamation des mattes (voir ARGENT); les boues d'amalgamation sont recueillies dans des bassins de dépôt, retirées encore humides, mélangées avec 13 p. 100 d'argile pulvérisée, et moulées en briquettes que l'on fond pour cuivre noir. Dans la Thuringe et la Hesse, les minerais sont trop peu argentifères pour qu'on puisse séparer avec bénéfice le cuivre de l'argent.

CUIVRE.

BASSE-HONGRIE. Les minerais sont à gangue siliceuse, et se trouvent associés à une certaine quantité de minerais de la première classe que l'on met à part. On les amène par la préparation mécanique à une teneur de 8 p. 400. Les minerais grillés sont fondus, avec addition de calcaire, dans des fourneaux à deux tuyères analogues à ceux de Riegelsdorf (Hesse), mais de dimensions un peu plus considérables. La partie antérieure du fourneau est en grande partie fermée par un châssis mobile en fer, garni de briques réfractaires, ce qui facilite beaucoup les réparations. La fonte est conduite très rapidement. Les campagnes durent de dix à dix-huit jours. On obtient des lumps ferreux où reste la plus grande partie de l'arsenic, et des mattes ayant une teneur en cuivre de 42 à 43 p. 400, qui sont grillées en cases à dix ou douze foux, puis fondues pour cuivre noir avec des minerais quartzeux de la première classe, dans les mêmes fourneaux. On obtient, outre le cuivre noir, une deuxième matte qui est grillée et repassée dans la fonte même. Lorsque les minerais sont argentifères, le traitement est beaucoup plus compliqué; nous l'avons décrit à l'article ARGENT.

USINES A CUIVRE DE L'ANGLETERRE. L'extraction et la fonte des minerais de cuivre constituent généralement dans la Grande-Bretagne deux branches distinctes d'industrie. Les usines à cuivre se sont établies sur le littoral de la mer, dans le bassin houiller du pays de Galles, où elles trouvent le combustible en abondance et à très bas prix, et sont parfaitement situées pour recevoir par voie de mer les minerais indigènes et étrangers. Ces usines forment une douzaine d'établissements distincts situés près de Swansea, Neath-Abbey, Aberavon, Taybach, Llanely, etc., et concentrés entre les mains de neuf compagnies puissantes. Cette concentration des fonderies de cuivre, une des plus merveilleuses créations du génie commercial de l'Angleterre, et la grande diversité des minerais qui les alimentent, ont conduit à l'adoption d'une méthode de traitement susceptible de se prêter à tous les cas, et que nous allons décrire, en renvoyant pour plus de détails à l'excellent travail publié sur ces usines, en 1848, par M. l'ingénieur en chef des mines *Le Play*.

Les minerais indigènes viennent surtout du Cornouailles, et les vaisseaux qui les apportent à Swansea prennent en retour de la houille pour le service des machines à vapeur installées sur les mines et pour celui des fonderies d'étain. Les minerais étrangers, qui concourent environ pour moitié à la production totale du cuivre, viennent de Cuba, du Chili, de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de la Toscane, de la Norvège, etc.

Le traitement métallurgique de ces divers minerais s'opère dans des fours à réverbères chauffés à l'antracite, et comprend dix opérations fondamentales, qui sont :

I. Grillage des minerais sulfurés, pauvres et de richesse moyenne, à gangue de pyrite de fer;

II. Fabrication de la matte bronze, ou fonte des minerais pauvres, bruts et grillés;

III. Grillage de la matte bronze;

IV. Fabrication de la matte blanche ordinaire, ou fonte de la matte bronze grillée avec les minerais riches;

V. Fabrication de la matte bleue, ou fonte de la matte bronze grillée avec les minerais grillés de richesse moyenne;

VI. Fabrication des mattes blanche et rouge de scories, ou refonte des scories des opérations riches IV, VII et VIII;

VII. Fabrication de la matte blanche-extra, ou rô-tissage de la matte bleue V;

VIII. Fabrication des mattes-régules, ou rô-tissage de la matte blanche-extra;

CUIVRE.

IX. Fabrication du cuivre noir, ou rô-tissage de la matte blanche ordinaire, des mattes-régules et des produits cuivreux;

X. Raffinage du cuivre noir et production du cuivre malléable.

De ce qui précède on voit que les minerais et produits cuivreux sont introduits dans le roulement de la méthode galloise par les cinq opérations désignées sous les numéros d'ordre I, II, IV, VI et IX. Ils se subdivisent d'après leur nature, leur teneur en cuivre et la destination qui leur est donnée, en sept classes :

La première classe comprend les minerais d'une teneur de 0,03 à 0,45, composés de cuivre pyriteux avec gangue quartzeuse et de pyrite de fer en forte proportion.

La dernière classe comprend des minerais de même nature que les précédents, mais dont la teneur en cuivre varie de 0,45 à 0,25.

La troisième classe renferme des minerais d'une teneur de 0,42 à 0,20, peu riches en pyrite de fer et renfermant une assez forte proportion d'espèces cuivreuses oxydées.

Les minerais de la quatrième classe ont une teneur de 0,25 à 0,45, et sont principalement composés d'espèces cuivreuses oxydées (oxydes, carbonates et silicates), avec beaucoup de cuivre sulfuré, un peu de cuivre pyriteux et panaché, et une gangue de quartz et de fer oxydé à peu près exempt de pyrite de fer.

La cinquième classe comprend des minerais d'une teneur de 0,40 à 0,45 essentiellement composés de cuivre pyriteux, de pyrite de fer et de quartz, et absolument exempts de substances nuisibles, telles que l'arsenic et l'antimoine.

La sixième classe se compose exclusivement de minerais très riches, d'une teneur de 0,50 à 0,80, et exempts de sulfures ferreux et de substances nuisibles.

Enfin la septième classe comprend des produits cuivreux, tels que les battitures et balayures des laminoirs à cuivre, d'une teneur moyenne de 0,75.

Cela posé, nous pouvons aborder la description de chacune des dix opérations précédemment définies.

I. *Grillage de minerais sulfurés, pauvres et de richesse moyenne à gangue de pyrite de fer.* Ce que cette opération offre de plus remarquable, est le chauffage des fours à réverbère, qui servent pour le grillage, au moyen d'un mélange de trois parties d'antracite menu et de une partie de houille, par l'emploi d'une grille artificielle formée de matières terreuses ou craya fournies par le combustible lui-même. Le craya qui, à la partie supérieure, est dans un certain état de ramollissement et empâte les matières charbonneuses, se refroidit aussitôt que ces matières sont consumées, se solidifie à la partie inférieure et s'y divise en gros fragments dont les interstices sont suffisants pour laisser passer l'air nécessaire au foyer, et point assez pour laisser filtrer le combustible pulvérulent. La hauteur totale de la grille de craya est d'environ 0^m,60; elle est supportée sur quatre à cinq barres de fer et recouverte de 0^m,60 à 0^m,70 du mélange de combustible pulvérulent dont nous avons parlé. L'air en traversant la masse du craya s'échauffe, et au contact du combustible pulvérulent qu'il traverse sur une grande épaisseur, se transforme complètement en oxyde de carbone, à l'opposé de ce qui se passe dans les fours à réverbères ordinaires.

Tous les phénomènes que présente un four de grillage bien conduit, prouvent que le courant gazeux qui se dégage sans cesse de la chauffe du four est en effet exclusivement composé soit d'azote, soit de gaz combustible provenant de la distillation du combustible chargé dans la chauffe, soit de l'oxyde de carbone provenant de la réaction de l'air qui a traversé la grille

CUIVRE.

sur la partie fixe de ce même combustible. Ce courant débouche avec une extrême lenteur par le large rampant qui met en communication la chauffe avec le laboratoire et s'étale ensuite le long de la voûte, en ralentissant encore son mouvement; la température élevée qu'il a acquise dans la chauffe, la position où il se trouve à la sortie du rampant le placent naturellement au-dessus de la nappe d'air atmosphérique appelée au-dessus de la sole et du minerai, au travers d'orifices spéciaux ménagés dans les portes de travail et sur les côtés de l'autel ou grand pont. Le gaz combustible ainsi superposé à une masse d'air atmosphérique, s'enflamme et brûle lentement par sa surface inférieure et développe ainsi la chaleur nécessaire pour déterminer entre l'oxygène de l'air, placé au-dessous, et les sulfures que contient le minerai, les réactions caractéristiques du grillage.

Les principales dimensions du fourneau de grillage gallois sont :

	m.	m.
Chauffe.	0,94	sur 1,22
Autel.	0,46	sur 1,22
Sole.	5,25	sur 3,66
Hauteur de l'autel.	0,50	
de la voûte de la sole près de l'autel.	0,96	
au-dessus : de la sole à l'autre extrémité.	0,44	
Section de chaque rampant.	0 ^m ,30	sur 0,40

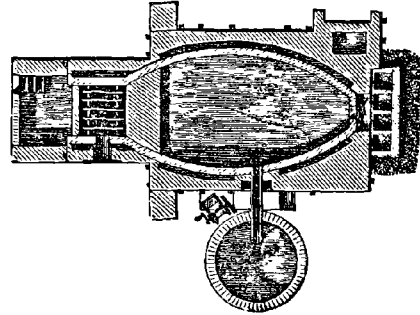
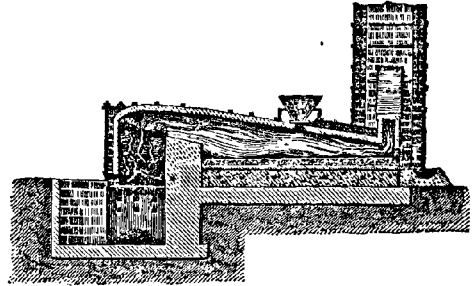
On charge tous les cinq quarts d'heure environ 45 kilog. de combustible sur la grille, dont le seul travail consiste à enlever de temps à autre les fragments de craya inférieurs qui paraissent trop restreindre l'accès de l'air, et à reformer au besoin avec la pointe du ringard les orifices qui tendent à s'obstruer. On charge à la fois 3,450 kilog. de minerai dans le four, au moyen des deux trémies placées au-dessus, et on l'étend ensuite uniformément sur la sole, où il forme une couche de 0^m,12. Deux heures après le commencement de l'opération, la réaction commençant à s'exercer vivement sur le minerai de la surface, l'ouvrier exécute pour la première fois la manipulation caractéristique du grillage, qui consiste à renouveler la surface avec un râble, en traçant dans toute l'étendue de la masse une série de sillons parallèles. Le râblage complet s'effectue en travaillant successivement par chacune des quatre portes et dure en tout environ douze minutes. Ces râblages se renouvellent de deux heures en deux heures, ce qui en fait cinq par opération. Onze heures et demie après le commencement de l'opération, les ouvriers de deux fours contigus se réunissent pour enlever la charge grillée; à cet effet, ils ouvrent les quatre portes, enlèvent les plaques de fonte placées pendant le travail au-dessus des trous placés sur la sole au-devant des portes, puis ils attirent au moyen du râble le minerai dans ces orifices, et le font ainsi tomber dans un réservoir placé au-dessous.

II. *Fabrication de la matte bronze ou fonte des minerais pauvres bruts et grillés.* Les fourneaux de fusion employés dans la méthode galloise, quoique chauffés comme ceux de grillage au moyen d'un mélange d'antracite pulvérisé et de houille menue, en diffèrent en ce qu'il est essentiel ici d'obtenir une température élevée. A cet effet, on leur donne la forme représentée en plan et en coupe par les fig. 632 et 633, la plus convenable pour concentrer la chaleur sur la sole. On conduit le feu de manière à ce que le courant de gaz combustible se mélange dans le foyer même avec de l'air chaud peu ou point modifié par la combustion et aspiré par un ou deux gros canaux que l'on ménage dans la masse du craya. Le gaz combustible et l'air, portés ainsi isolément à une haute température, se mélangent à leur sortie du foyer, sous l'influence du mouvement rapide et des remous qui leur sont imprimés

CUIVRE.

par le tirage; de là résultent une réaction très vive et une flamme fort intense.

632.



633.

Le four de fusion pour la fabrication de la matte bronze consomme environ 440 kilog. de combustible à l'heure et les dimensions principales sont les suivantes :

	m.	m.
Chauffé.	1,37	sur 1,46
Autel.	0,76	sur 1,40
Sole.	3,96	sur 2,74
Rampant.	0,30	sur 0,68
Hauteur de l'autel.	0,50	
de la voûte de la sole près de l'autel.	0,90	
au dessus : de la sole à l'autre extrémité.	0,44	

Le lit de fusion se compose de minerais de la première classe grillés, de minerais crus de la troisième classe, de scories riches de l'opération, de scories des fontes IV, V et VII et d'une faible proportion de fondant fluoré formé d'environ deux tiers de fluorure de calcium et un tiers d'argile. La charge se compose moyennement de 4,000 kilog. de minerais bruts et grillés et de 300 kilog. de scories et fondants, et s'introduit, les matières pulvérulentes par une trémie placée sur la voûte du fourneau, et les plus gros morceaux de scories par la porte de travail placée à l'extrémité du grand axe de la sole. Cela fait, on ferme et on lute cette porte. Au bout de trois heures et demie de feu, on ouvre la porte pour brasser vivement les matières, puis on donne un coup de feu pendant un quart d'heure. On procède ensuite à la coulée de la matte en débouchant avec précaution, au moyen d'un ringard pointu, l'orifice qui correspond à la partie inférieure de la dépression ou bassin que présente la sole sur le tiers environ de la surface. La matte coule en mince filet et est conduite par une gouttière en fonte dans un ré-

servoir en tôle, ordinairement plein d'eau, où elle se grenaille. Le fondeur ouvre ensuite la porte de travail, fait sortir la scorie en la halant avec un râble, et la fait tomber dans quatre moules rectangulaires en sable. Cette scorie, dont la pâte est très fusible, renferme en suspension un nombre considérable de fragments de quartz et de roches quartzieuses et quelques grenailles de matte bronze. Ces scories sont cassées au marteau et divisées, d'après leur aspect, en scories à rejeter, d'une teneur moyenne de 0,005, et scories à repasser dans l'opération, d'une teneur moyenne de 0,008. La matte bronze obtenue renferme à peu près, cuivre 0,34, fer 0,35, soufre 0,39, scorie mélangée 0,01.

III. *Grillage de la matte bronze.* Le grillage de la matte bronze grenailée s'effectue dans des fours de mêmes formes et dimensions que ceux employés pour le grillage des minerais. On consomme par heure 43 kilog. de combustible et chaque opération dure trente-six heures. On charge à la fois 4,500 kilog. de matte qui, étendue sur la sole, y occupe une épaisseur moyenne de 0^m.24. De deux en deux heures, on renouvelle les surfaces alternativement en y traçant une suite de sillons parallèles avec le râble et en la retournant avec une étroite spadelle.

IV. *Fabrication de la matte blanche ordinaire.* Les fours employés pour cette fonte ont les mêmes formes et dimensions que ceux pour matte bronze, à cette différence près que la sole ne présente aucune dépression et seulement une pente uniforme et très faible, strictement suffisante pour donner issue à toutes les matières fondues vers l'orifice d'écoulement placé sur l'un des longs côtés. On y consomme 444 kilog. de charbon par heure et l'opération dure six heures. Le lit de fusion se compose de matte bronze grillée, minerais bruts de la quatrième classe, produits cuivreux de la septième classe, scories des opérations IX et X et débris de fourneaux des opérations II et IV à X. On charge à la fois 16,000 kilog. du lit de fusion et la fonte est conduite comme celle pour matte bronze, à cela près que l'on coule à la fois la matte et la scorie dans une rigole en sable. La matte blanche a une teneur en cuivre d'environ 0,73, les scories sont triées en scories pauvres, d'une teneur moyenne de 0,037, repassées dans la fonte II, et en scories riches, d'une teneur moyenne de 0,053 traitées dans la fonte VI.

V. *Fabrication de la matte bleue.* La fabrication de la matte bleue est en tout semblable à celle de la matte blanche; seulement la nature du lit de fusion, qui se compose de matte bronze grillée et de minerais de la deuxième classe grillés, permet d'élever les charges à 2,000 kilog. On obtient comme produits: de la matte bleue d'une teneur moyenne de 0,57, des scories pauvres d'une teneur de 0,03 à repasser dans la fonte IV et des débris de fourneaux repassés dans la fonte IV.

VI. *Refonte des scories riches des opérations IV, VII et VIII.* Cette refonte s'opère avec addition d'environ 40 p. 100 de minerais pyriteux de la cinquième classe crus et une très faible quantité de charbon. Le four a la forme et à très peu près les mêmes dimensions que les fours de fusion précédemment décrits; il en diffère surtout en ce qu'il n'offre pas de trémie pour le chargement des matières, qui s'effectue par une porte latérale placée sur l'extrémité du petit axe de la sole diamétralement opposée à celle qui correspond au trou de coulée. La charge est de 2,000 kilog. de scories et minerais et 400 kilog. de charbon, et son élaboration s'effectue en cinq heures trois quarts. Les produits sont: des fonds cuivreux très impurs, tenant 0,86 de cuivre; au-dessus un alliage blanc de cuivre et d'étain, renfermant 0,7 de cuivre et 0,3 d'étain; puis tantôt une matte blanche d'une teneur de 0,75, tantôt une matte bleue d'une teneur de 0,62, que l'on ap-

pelle improprement matte rouge; et enfin des scories à rejeter, d'une teneur de 0,004.

VII. *Rôtissage de la matte bleue.* Cette opération consiste: 1° en une fusion lente, à une température très ménagée, dans laquelle on oxyde, sous l'influence directe de l'air, la majeure partie des matières nuisibles et une grande proportion de cuivre; 2° en une fonte opérée à une haute température, dans laquelle, après avoir scorifié les oxydes formés au moyen de la silice fournie par la sole et les parois du four, on affine la matte non décomposée pendant la première période, en faisant réagir sur le sulfure de fer de cette matte l'oxyde cuivreux dissous dans la scorie. Le four de rôtissage ne diffère de celui employé pour la fusion des scories riches que par un ouvrage latéral placé près de l'autel et muni d'un registre qui sert à introduire dans le four une grande quantité d'air, pendant la première période du travail. La charge se compose de 2,000 kilog. de matte bleue en gros pains et son élaboration dure un peu moins de douze heures. On obtient des scories pauvres et riches à repasser dans II et VI, des débris de fourneaux pour la fonte IV et une matte blanche extra d'une teneur moyenne de 0,77.

VIII. *Rôtissage de la matte blanche extra et des mattes de la refonte des scories riches.* Ces diverses mattes sont soumises séparément à un rôtissage qui s'opère tout à fait comme le précédent, à cela près que la proportion de fer et autres matières étrangères étant beaucoup moindre, l'opération est conduite beaucoup plus rapidement, et l'élaboration d'une charge de 1,500 kilog. dure un peu moins de quatre heures. On obtient comme produits des fonds cuivreux d'une teneur de 0,92, une matte-régule ou mélange mécanique de matte et de cuivre d'une teneur de 0,84, des scories riches, des balayures et des débris de fourneaux à repasser dans les fontes VI et IV.

IX. *Fabrication du cuivre noir.* Cette opération, dans laquelle on opère sur de la matte blanche ordinaire, des mattes-régules ou des fonds cuivreux que l'on traite séparément, s'effectue dans un four de rôtissage ordinaire. La charge s'élève à 3,700 kilog., dont l'élaboration dure vingt-quatre heures, et, indépendamment du chargement et de la coulée, se divise en quatre périodes d'une durée à peu près égale, savoir: 1° rôtissage et première fusion pâteuse goutte à goutte, réaction partielle de l'oxyde de cuivre et des sulfures déjà tombés sur la sole; 2° refroidissement, réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures, soulèvement de la masse; 3° réchauffement, réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures, deuxième fusion pâteuse; 4° coup de feu, réaction de l'oxyde de cuivre et des sulfures, réaction de l'oxyde de cuivre en excès et des autres oxydes sur la silice, fusion complète. On obtient comme produits du cuivre noir d'une teneur de 0,98-0,99, des scories et débris de fourneaux à repasser en IV et des balayures pour VI.

X. *Affinage du cuivre noir.* L'affinage du cuivre noir s'opère dans des fours de même forme que ceux de rôtissage, dont la sole présente, près de la partie située dans le grand axe du four, un bassin pour l'enlèvement du cuivre affiné. La charge varie de 5,000 à 40,000 kilogrammes et plus de cuivre noir, suivant la capacité du four de raffinage, qui est toujours rempli jusqu'à la voûte, et son élaboration dure vingt-quatre heures. La réparation de la sole en sable réfractaire et le chargement du cuivre noir durent trois heures; on lute ensuite les portes, et pendant dix-huit heures l'ouvrier n'a à s'occuper que de la conduite du feu; le cuivre fond peu à peu et subit un premier affiage, et il se forme peu à peu à la surface du bain une scorie dans laquelle passent, outre l'oxyde cuivreux formé en grand excès, les oxydes de tous les métaux étrangers qui étaient restés dans le cuivre noir, tandis que

CUIVRE.

le soufre et les traces d'arsenic sont gazéifiées, autant que le permet la nature du métal soumis à l'affinage. Au bout de ce temps commence le raffinage proprement dit, qui commence par un écumage du bain, pendant lequel la presque totalité de la scorie surnage le métal. Aussitôt après on jette sur le bain quatre à cinq pelletées de charbon de bois ou d'antracite d'une extrême pureté, qui se répand immédiatement à la surface du métal fondu, de manière à le recouvrir presque complètement; puis on introduit dans le bain une grosse perche de bois vert. Sous l'influence de la haute température à laquelle il se trouve brusquement soumis, le bois dégage des gaz qui font bouillonner fortement la masse métallique et qui accélèrent considérablement l'effet qui serait produit à la longue par le charbon de bois. Après avoir prolongé le bouillonnement pendant un temps qui varie de quinze à vingt-cinq minutes, selon la qualité du métal, on commence à prendre des essais dans le bain de cuivre, pour saisir le moment précis auquel le métal atteint le maximum de malléabilité. Dès qu'on est parvenu à ce point, on s'empresse d'enlever par un second écumage les charbons restant à la surface et la mince couche de scorie qui s'est reformée; on jette une pelletée de charbons frais qui s'éparpillent à la surface du métal; on charge fortement la grille pour former, par distillation, une forte quantité de gaz combustibles qui arrivent sous la voûte et y brûlent avec une extrême chaleur; enfin on procède à la coulée, qui se fait ordinairement en puisant le cuivre au moyen de poches en fer préalablement chauffées et le versant dans des lingotières en fonte de formes variées. Fréquemment on se sert de lingotières assez profondes pour que l'on puisse y couler successivement plusieurs lingots, en laissant entre les coulées un temps suffisant pour leur solidification. Si le cuivre est destiné à la fabrication du laiton, au lieu de le couler en lingots, on le granule en le versant dans une grande cuillère percée de trous et placée au-dessus d'une cuve remplie d'eau chaude ou d'eau froide, suivant que l'on veut obtenir des grains bien arrondis ou irréguliers.

Pour prendre les essais dont nous avons parlé, on découvre une petite partie de la surface du bain à 1m,20 environ de la porte, et on puise vivement dans une lingotière soudée à l'extrémité d'une forte tige en fer un petit lingot de 40 millimètres de long sur 15 de côté. On l'entame immédiatement avec un ciseau, puis on achève de le rompre, et on obtient ainsi une cassure fraîche dont l'aspect permet d'apprécier le degré de malléabilité. En commençant à prendre des essais au moment où l'action du charbon et le bouillonnement produit par le bois n'ont point encore été suffisamment prolongés, on observe dans la cassure des lingots successifs les caractères suivants : les premiers lingots présentent une cassure grenue, mate, terne, d'un rouge brique foncé, puis ces caractères se modifient peu à peu jusqu'à un certain type dont la cassure est à fibres extrêmement déliées, l'éclat métallique à reflets soyeux très prononcé et la couleur d'un rouge pâle caractéristique; à partir de ce type, la cassure devient plus grossière, les fibres se prononcent de plus en plus et présentent des stries transversales, l'éclat, quoique métallique, cesse d'être soyeux, la couleur devient plus pâle et prend une teinte jaunâtre très décidée. Si alors, après avoir enlevé le charbon et le bois, on laisse la surface du bain exposée sans défense à l'influence oxydante de l'air, cette suite de caractères se présente dans un ordre exactement inverse. Les types extrêmes, grenus et fibreux, correspondent à une dissolution d'oxyde cuivreux ou de carbone dans le bain métallique et à des produits qui n'ont aucune malléabilité, tandis que le maximum de malléabilité correspond au type le plus soyeux. C'est

CUIVRE.

donc au moment où l'on est arrivé à ce type qu'il faut procéder immédiatement à la coulée, en opérant ainsi que nous l'avons indiqué. Celle-ci durant environ une heure et demie, on continue pendant ce temps de prendre des essais dans les poches mêmes qui servent à puiser le métal, et, selon que ce dernier tend à prendre une structure grenue ou fibreuse, on contre-balance cette tendance en ajoutant quelques nouveaux charbons à la surface du bain ou en retirant quelques-uns de ceux qui s'y trouvent.

D'après M. Leplay, les frais de traitement des minerais de cuivre rendant 0,433 kilogrammes de cuivre marchand, peuvent être estimés, dans une usine galloise, à :

	Par 100 kil.	
	de minerai traité.	de cuivre obtenu.
	fr. c.	fr. c.
Frais de transport des minerais à l'usine.	0 74	5 33
Main-d'œuvre.	0 52	3 90
	0 94	6 83
Traitement métallurgique	0 20	4 50
	0 76	5 70
Intérêt à 4 p. 400 du fonds de roulement	0 58	3 97
Frais de vente du cuivre, transports, commission, à-compte.	4 98	14 85
Bénéfice du fondeur.	0 83	6 22
Total.	6 44	48 30

Nous nous sommes étendus un peu longuement sur le mode de traitement suivi aujourd'hui dans les usines à cuivre de l'Angleterre, parce que le beau travail de M. Leplay nous permettrait de rectifier les idées erronées qu'on s'était faites jusqu'à ce jour sur les procédés anglais. Nous devons à ce savant ingénieur d'avoir pu exposer d'une manière complète une série d'opérations extrêmement complexes, dans lesquelles toutes les ressources qu'offrent les méthodes de la métallurgie sont habilement utilisées.

Nous allons encore indiquer un progrès dû aux travaux d'ingénieurs des mines français.

PROCÉDÉ DE MM. RIVOT ET PHILLIPS. On sait que le fer métallique précipite le cuivre à l'état métallique d'un certain nombre de ses dissolutions. MM. Rivot et Phillips, ingénieurs des mines, ont reconnu que la même réaction avait lieu par voie sèche, et que le fer métallique plongé dans un bain de silicate de cuivre fondu en séparait également le cuivre à l'état métallique. Ils ont mis cette propriété à profit pour appauvrir les scories de cuivre que l'on obtient dans la fonte des minerais, de manière à obtenir dans une seule opération tout le métal que renferment ceux-ci. Avant de décrire ce procédé, nous ferons remarquer qu'il ne peut s'appliquer aux minerais qui renferment des quantités notables d'arsenic et d'antimoine, ce qui a également lieu pour l'essai par voie humide au moyen du fer métallique desdits minerais.

On commence par griller aussi complètement que possible les minerais de cuivre. En général, pour obtenir un grillage complet, il convient de faire un premier grillage en tas ou dans des fours analogues aux fours à chaux, ce qui, en outre, étonne le minerai et rend la pulvérisation plus facile; on le réduit ensuite en sable assez fin et on le grille avec soin au four à réverbère, en terminant par un bon coup de feu, afin de décomposer les sulfates formés à une plus basse température. Il importe que ce grillage soit bien exécuté : avec des minerais imparfaitement grillés, on obtient à la fonte

CUIVRE.

un peu de matte riche au-dessus du cuivre noir, la consommation en fer est un peu plus considérable, et les scories à rejeter un peu plus riches en cuivre.

On mélange le minerai grillé avec de la chaux ou du sable ou des scories d'une opération précédente, en quantité convenable pour déterminer la fusion du mélange et du charbon de bois ou de la houille maigre menue, en proportion plus que suffisante pour réduire les oxydes que renferme le minerai grillé. En ne comptant comme bases dans la charge que le protoxyde de fer et la chaux, il convient de chercher à produire un bi-silicate de fer et de chaux contenant de 12 à 15 p. 100 de chaux. Lorsqu'il y a moins de chaux et plus d'oxyde de fer, on obtient en général un cuivre plus forreux.

Le mélange ci-dessus ayant été chargé dans un fourneau à réverbère, on recouvre la charge avec quelques pelletées de houille menue, afin de préserver la matière de l'oxydation par les flammes du fourneau. On brasse de temps en temps afin d'accélérer la fusion. Dès que la matière commence à s'agglomérer, les parties qui s'attachent aux ringards contiennent une certaine quantité de grenailles de cuivre; quand la fusion est complète, ce qui exige environ quatre heures, les outils plongés dans le bain indiquent la réunion du cuivre au point le plus bas de la sole près du trou de coulée. Lorsque la scorie est bien homogène, elle ne contient plus que 2 à 3 p. 100 de cuivre. On place alors dans le four un certain nombre de barres de fer d'un poids à peu près égal à celui de la charge, en engageant leurs extrémités dans des cannelures ménagées dans la paroi du four opposée à la porte de travail, et en ayant soin de les plonger entièrement dans le bain de scories, sans toutefois qu'elles puissent atteindre le cuivre métallique qui occupe le fond du bain. On jette ensuite une certaine quantité de houille menue à la surface de la scorie, afin d'empêcher la peroxydation du protoxyde de fer qu'elle renferme, ce qui aurait l'inconvénient de rendre la scorie moins fluide et d'augmenter la consommation en fer métallique, ce dernier se dissolvant dans le silicate de peroxyde de fer pour le ramener à l'état de silicate de protoxyde. On brasse ensuite de demi-heure en demi-heure avec des râbles à deux dents très commodes pour nettoyer, dans la scorie, la surface des barres. On produit aussi de temps à autre un brassage très énergique de la scorie, en y plongeant une perche de bois vert.

L'aspect de la scorie ne peut guère indiquer l'avancement de la réduction; toutefois les essais pris avec un ringard froid, plongé un instant dans le bain, présentent toujours au contact du fer une teinte métallique rougeâtre très prononcée quand la scorie est un peu riche, tandis que cette teinte est insensible quand les scories ne renferment plus que 4 à 5 millièmes de cuivre.

L'expérience a prouvé que trois ou quatre heures d'action des barres de fer, suffisent pour appauvrir la scorie jusqu'à ce qu'elle ne renferme plus que 4 à 6 millièmes de cuivre. On retire alors les barres de fer et on procède à la coulée. La durée de l'élaboration d'une charge est donc d'environ huit heures.

Le cuivre noir obtenu est très pur et renferme, en général, au plus 4 p. 100 de matières étrangères (fer et soufre).

La consommation en fer des barres varie de 1/12^e à 1/7^e du poids du cuivre obtenu, et est du reste presque indépendante de la richesse des minerais.

Il est essentiel de n'élever la température que juste au point strictement nécessaire pour la fusion, si l'on veut obtenir du cuivre noir très pur. Dans le cas contraire, et lorsque l'on chauffe au blanc vif, la consommation en fer est, il est vrai, notablement plus faible, mais on obtient un cuivre noir très impur et qui contient jusqu'à 8 et 10 p. 100 de fer.

CUIVRE.

Nous terminerons, en ce qui concerne ce procédé, qui du reste n'est encore appliqué, à notre connaissance d'une manière courante, dans aucune usine, qu'il peut s'appliquer facilement au traitement des matières plombées et notamment des sulfates, pour en retirer à l'état métallique le plomb qu'elles renferment.

Traitement métallurgique des minerais de la troisième classe.

Ces minerais se trouvent ordinairement mélangés en faible proportion avec les minerais de la deuxième classe et sont traités simultanément. Souvent ils sont argentifères et traités comme minerais d'argent (voyez ARGENT; minerais de cuivre et argent, plomb, cuivre et argent). La chloruration est un des meilleurs moyens connus pour éliminer les dernières traces d'arsenic, d'antimoine et de phosphore; aussi on a constaté que l'amalgamation des mattes ou des cuivres noirs améliore très sensiblement la qualité des cuivres obtenus en dernier ressort.

Raffinage du cuivre noir.

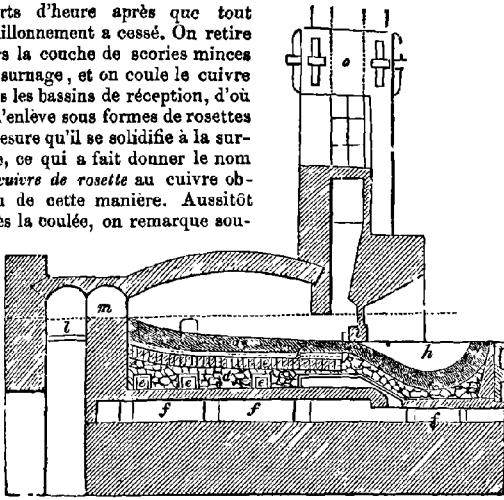
Le raffinage du cuivre noir se fait, soit en grandes masses au four à réverbère, soit au petit foyer lorsqu'on opère sur de faibles quantités. Nous avons déjà décrit plus haut la méthode d'affinage suivie dans le pays de Galles, de sorte qu'il ne nous reste pour compléter ce qui concerne l'affinage du cuivre noir au four à réverbère qu'à décrire les méthodes suivies à Chessy et en Allemagne.

MÉTHODE DE CHESSY. Le raffinage du cuivre noir s'exécute à Chessy, dans un fourneau à réverbère, dont les fig. 643 et 644 donnent le plan et la coupe; les fondations étaient construites en gneiss; la voûte, l'autel et la cheminée en briques réfractaires. La sole *a*, en brasque pesante (2 p. d'argile, 1 p. de sable, et 2 p. de poussier de charbon) repose sur une contre-brasque *b* en argile damée sur un lit de briques c posées de champ sur une couche de scories *d*; deux séries de canaux *e* et *f*, servent à l'assèchement des scories. La sole est elliptique et a 2^m,60 de longueur sur 2^m,45 de large. Elle présente en son milieu une cavité de 0^m,27 de profondeur qui communique par les deux embrasures *g*, *g*, avec les deux bassins de réception *h*, *h*; ces bassins en brasque bien damée communiquent entre eux par un canal *k*; ils ont 4^m,45 de diamètre et 0^m,45 de profondeur, et reçoivent 4300 à 4400^k de cuivre par opération; les embrasures *g*, *g*, sont maintenues fermées jusqu'au moment de la coulée par des briques réfractaires *l*, *l*. La grille *l*, a 4^m,00 sur 0^m,40; *m*, est l'autel; *n*, l'embrasure des tuyères; *o*, la cheminée de 12^m de haut et ayant une section de 45 décimètres carrés; *p*, la porte de travail qui sert à retirer les scories; au-dessus de cette porte, il y a une hotte pour attirer la flamme ou la fumée qui sort lorsque la porte est ouverte et empêcher qu'elle n'incommode l'affineur.

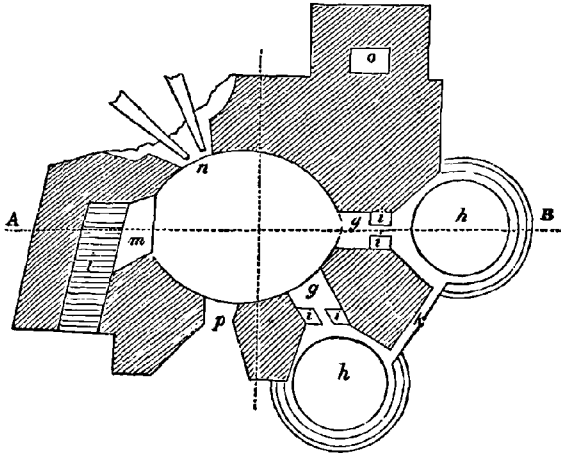
On charge à la fois 3000^k de cuivre noir avec un peu de cuivre en grenailles, de cuivre de ciment et de cuivre oxydulé très riche; aussitôt que le cuivre est fondu, on donne le vent; la surface du bain ne tarde pas à se couvrir de scories que l'on retire avec un râble, opération qui constitue le *décrassage*. Il se forme à la surface du bain de nouvelles crasses de plus en plus minces, dont la couleur tire de plus en plus sur le rouge, et que l'on écume fréquemment. Quand il ne se forme plus de crasses, ce qui a ordinairement lieu au bout de quatre à cinq heures, on augmente le feu: le bain se met alors à bouillonner vivement: on dit alors qu'il *travaille*. Ce bouillonnement cesse au bout de trois quarts d'heure à une heure, sans que l'on diminue le feu. On commence alors à prendre des essais. L'affinage n'est ordinairement complet que trois

CUIVRE.

quarts d'heure après que tout bouillonnement a cessé. On retire alors la couche de scories minces qui surnage, et on coule le cuivre dans les bassins de réception, d'où on l'enlève sous formes de rosettes à mesure qu'il se solidifie à la surface, ce qui a fait donner le nom de *cuivre de rosette* au cuivre obtenu de cette manière. Aussitôt après la coulée, on remarque sou-



644.



643.

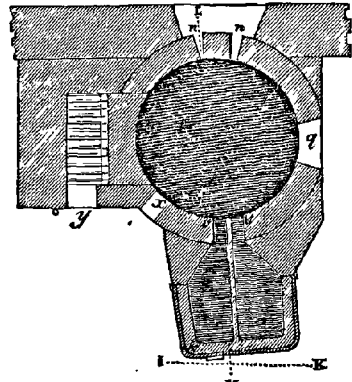
vent une fumée, rouge, épaisse, qui s'élève de la surface du bain, et qui y retombe sous la forme de pluie fine; cette fumée qui est due à la projection en l'air d'une multitude de grenailles de cuivre extrêmement fines, se produit surtout lorsque le cuivre est très pur et ne renferme que fort peu d'oxydure. L'opération dure en tout seize heures, et produit environ 2500^k de cuivre rosette, et 550^k de scories qui sont repassées dans la fonte pour cuivre noir, ainsi que les fumées qui se déposent dans le rampant qui conduit à la cheminée. On consomme par opération 4800^k de houille. Le cuivre rosette ainsi obtenu est chargé d'oxydure de cuivre et sec. On lui rend sa malléabilité, en le refondant dans un four à réverbère et l'affinant par la méthode anglaise, ou le refondant au petit foyer comme nous le décrirons plus loin.

MÉTHODE HONGROISE. Cette méthode, usitée en Hongrie, dans le Hartz et dans une partie de l'Allemagne, s'exécute dans un fourneau à réverbère représenté en plan fig. 645, en coupe fig. 646 et en élévation fig. 647. *k, k*, sont les bassins de réception, battus avec un mélange de brasque et d'argile; *n, n*, les tuyères; *q* la porte de chargement; *v, v*, deux trous de coulée communiquant avec les bassins de réception; *x*, porte par la-

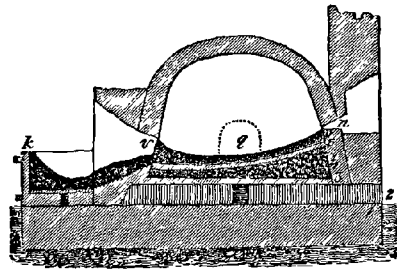
CUIVRE.

quelle on retire les scories; *y*, porte de la chauffe. La sole est construite comme à Chessy. On charge à la fois 3000^k de cuivre, et on lui fait d'abord subir un rôtissage comme dans la méthode anglaise, en commençant à donner le vent dès que le cuivre commence à fondre, puis en augmentant peu à peu la quantité, et on termine l'opération comme à Chessy. Le cuivre rosette obtenu est ensuite raffiné au petit foyer.

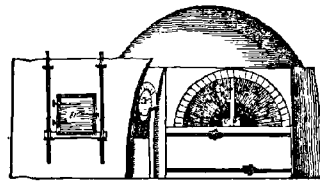
RAFFINAGE AU PETIT FOYER. Le raffinage des résidus cuivreux ou *carcas* provenant de la liquation (voy. ARGENT) se fait dans un petit foyer dont les fig. 648, 649 et 650, donnent le plan et deux coupes. *a*, est le foyer en brasque; *b*, le mur dans lequel est pratiquée l'embrasure de la tuyère, qui reçoit le vent de deux soufflets pyramidaux; *d*, plaques en fonte recouvrant le pourtour du foyer; *e*, ouverture pour faire écouler les scories; *f*, petit mur, et *g* plaque en tôle pour retenir le charbon. Le foyer ayant été échauffé par un feu de charbon de bois, on met sur le charbon 30 à 40^k de résidus cuivreux et l'on recouvre le tout de charbon. Lorsque cette charge est fondue, on en ajoute de la même manière une seconde, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'on ait chargé de 100 à 200^k de cuivre, et que le foyer soit plein.



645.



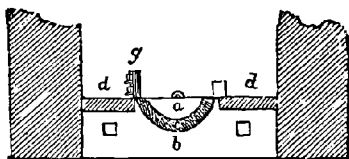
646.



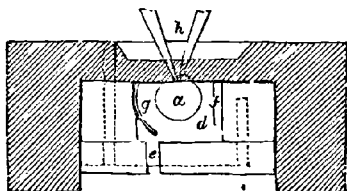
647.

Le vent oxyde les métaux étrangers plus oxydables que le cuivre et les scories, en produisant une sorte de rôtissage. Les scories, d'abord noires, prennent

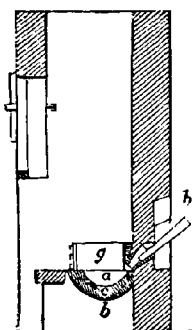
CUIVRE.



649.



648.



650.

peu à peu une teinte rouge de cuivre, et coulent d'elles-mêmes par l'embrasure e. On prend fréquemment des essais en plongeant par la tuyère, dans le bain de cuivre, une barre de fer bien décapée; puis, la retirant aussitôt, la plongeant dans l'eau froide et faisant tomber d'un coup de marteau le dé qui s'y est attaché. Ce dé devient de plus en plus mince, et l'affinage est terminé lorsqu'il est très mince, qu'il offre la forme d'un réseau d'un rouge-brun à l'extérieur, et d'un rouge de cuivre à l'intérieur, et qu'il se laisse courber au mar-

teau sans se rompre. On arrête alors le vent, on enlève avec un râble le charbon et les scories qui recouvraient le cuivre, on laisse un peu refroidir le bain, puis on solidifie la surface en y jetant de l'eau, et on enlève le cuivre en plaques minces ou rondelles, que l'on jette dans l'eau froide pour prévenir l'oxydation du cuivre; le métal se recouvre alors d'un enduit extrêmement mince de protoxyde de cuivre, et prend une couleur d'un beau rouge-cochenille. Le raffinage de 410^k de résidus cuivreux dure trois quarts d'heure à une heure, et produit 75 à 80^k de cuivre rosette en trente-six rondelles environ.

A Riechelsdorf (Hesse), le raffinage du cuivre noir provenant de la fonte du schiste cuivreux s'opère au petit foyer avec un mélange de charbon et de coke; les frais sont comme suit, en se reportant au dernier tableau que nous avons donné page 4056 :

428 ^k de cuivre noir à 450 fr. 63 c. les 100 ^k .	192 ^f ,81
86 ^k ,4 de charbon de bois à 450 f. 63 c. les 100 ^k .	4 ^f ,23
7 ^k ,4 de coke à 450 fr. 63 c. les 100 ^k .	0 ^f ,57
Main-d'œuvre.	4 ^f ,83
Matériaux et dépenses diverses.	4 ^f ,68
Frais généraux (pour tout le traitement).	34 ^f ,45

Prix de revient des 100^k de cuivre rosette. 232^f,57

Le cuivre rosette renferme toujours plus ou moins d'oxydure; pour le rendre malléable on le refond sous le charbon dans des fours à réverbère ou au petit foyer, et on le coule dans des moules en fonte enduits intérieurement d'argile. On y ajoute quelquefois un peu de plomb pour l'empêcher de monter dans les moules, ce qui arrive souvent quand il est parfaitement pur; mais ce procédé n'est pas à recommander parce qu'il diminue la ténacité et la malléabilité du cuivre.

RAFFINAGE DU CUIVRE DE CÉMENT. Le cuivre de ciment riche est ordinairement passé en petite quantité

CUIVRE.

dans le raffinage du cuivre noir; le cuivre de ciment pauvre et ferrugineux est ajouté au lit de fusion de la fonte pour cuivre noir.

Au *Stadtberg* (Westphalie), on fond le cuivre de ciment obtenu par le traitement par voie humide des minerais de la première classe, dans un petit fourneau à réverbère dont la grille, sur laquelle on charge un mélange de houille et de coke, est alimentée par un courant d'air forcé et chaud. Le fourneau étant bien échauffé, on charge sur la sole 100^k de cuivre de ciment; cinq heures après on fait la percée et on enlève le cuivre noir par plaquettes, en refroidissant sa surface avec de l'eau. On obtient des scories riches en cuivre, qui sont refondues pour cuivre noir dans un fourneau à manche. Le rendement du cuivre de ciment en cuivre noir varie de 95 à 50 p. 100, suivant qu'il est en petites plaques ou en boues. Le cuivre noir obtenu est raffiné au petit foyer.

RAFFINAGE DES ALLIAGES DE CUIVRE. Le procédé indiqué par Fourcroy, et employé sur une grande échelle en France lors de la révolution, pour retirer le cuivre du métal des cloches, était fondé sur la propriété que possède l'étain d'être plus fusible et plus facilement oxydable que le cuivre. Ce procédé consistait : 1^o à griller complètement dans un fourneau à réverbère une certaine quantité de bronze de cloches, et à pulvériser l'oxyde obtenu; 2^o à fondre dans le même fourneau une nouvelle quantité de bronze, à y ajouter la moitié de son poids de l'oxyde obtenu dans l'opération précédente, puis à augmenter le feu en brassant fréquemment le mélange. Au bout de quelques heures il y avait sur la sole un bain de cuivre presque pur, recouvert de crasses pâteuses chargées d'oxyde d'étain et de cuivre; on enlevait alors les crasses avec un râble et on coulait le cuivre. On retirait ainsi du bronze 50 p. 100 de cuivre ne renfermant que 1 p. 100 de substances étrangères. Les crasses étaient pulvérisées et lavées pour en retirer les grenailles de cuivre qu'elles empaquetaient; on les mélangeait ensuite avec 1/3 de leur poids de charbon de bois pulvérisé, et on rendait le mélange aussi intime que possible en broyant le tout sous des meules, puis en le fondant à une température élevée dans un four à réverbère. On obtenait un alliage de 60 p. 100 de cuivre et de 40 d'étain, recouvert de crasses plus riches en étain que les précédentes. Cet alliage était refondu au fourneau à réverbère, et soumis à une sorte de coupellation jusqu'à ce qu'il eût atteint une teneur en cuivre égale à celle du bronze avec lequel il était alors repassé. Les dernières crasses étaient refondues dans un fourneau à manche.

M. Bréant apporta à ce procédé d'importantes modifications, qui lui permirent de traiter avec bénéfice plus d'un million de kilogrammes de crasses de la refonte des cloches, en les payant 0^f,40 les 400 kil., tandis qu'on avait vendu auparavant plusieurs milliers de crasses plus riches au prix de 0^f,05 les 400 kil. Ces modifications consistaient à fondre les crasses stannifères dans un four à réverbère, avec une plus grande quantité de charbon et des flux terreux, tels que des écailles d'huîtres pulvérisées, des verres cassés, etc... Il obtenait ainsi un alliage beaucoup plus riche en étain, dont il séparait la plus grande partie de ce dernier métal, presque à l'état de pureté, par liqutation sur la sole d'un fourneau à réverbère. Les carcasses restant sur la sole étaient ensuite affinés comme ci-dessus.

On peut immédiatement retirer du laitton ou du bronze, du cuivre très pur, en le fondant avec 1/10^e de son poids de battitures de cuivre et autant de débris de verre à bouteilles, ou de tout autre flux analogue. Tous les autres métaux étrangers passent dans les scories.

Laminage du cuivre.

Les lingots de cuivre à laminier sont placés les uns à

CYANOGENÈ.

côté des autres sur la sole d'un fourneau de chaufferie ordinaire, et l'on en forme des piles en les disposant en croix, pour que l'air chaud les entoure de tous côtés. On ferme la porte, et l'on regarde de temps en temps si le cuivre est arrivé à la température nécessaire au laminage, qui est celle du rouge sombre. On passe alors les lingots entre les cylindres d'un laminoir analogue à ceux qui servent à la fabrication de la tôle; les cylindres sont pleins et ont ordinairement 4 mètre de table sur 0^m,40 de diamètre. Quoique le cuivre soit très malléable, il est nécessaire de réchauffer plusieurs fois le lingot pour le réduire en feuilles, sans le déchirer sur les bords.

Le cuivre, par les chaudes et laminages successifs qu'il subit, se couvre d'une couche d'oxyde qui cache la couleur naturelle de sa surface et en change les propriétés. Pour enlever cet oxyde, on laisse tremper les feuilles pendant quelques jours dans une fosse remplie d'urine, puis on les expose sur la sole du fourneau de chaufferie; il se forme de l'ammoniaque, qui réagit sur l'oxyde, et le cuivre se découvre. On frotte les feuilles avec un morceau de bois, puis on les trempe encore chaudes dans l'eau pour faire tomber l'oxyde; enfin, on les passe à froid entre des cylindres pour les redresser, on les ébarbe et on les débite en feuilles de la grandeur que réclame le commerce.

Les battitures qui tombent au pied des laminaires, ainsi que les rognures provenant de l'ébarbage des feuilles, sont raffinées comme nous l'avons dit.

Statistique.

La production moyenne annuelle du cuivre, pendant ces dix dernières années, a été d'environ 524,000 quintaux métriques, se répartissant comme suit :

Grande-Bretagne.	286,000 ^{q-m} .
Empire russe.	39,000
Empire autrichien.	45,000
Suède et Norwège.	24,000
Association allemande (Zollverein).	45,000
Turquie.	20,000
France.	7,000
Espagne, Toscane, etc.	8,000
Amerique.	59,000
Japon.	24,000
Asie (pour mémoire).	" "

Total. 524,000^{q-m}.

qui, à raison d'un prix moyen de 237 fr. par quintal métrique, représentent une valeur de 124,188,000 fr.

La France importe moyennement 85,000 quintaux métriques de cuivre métallique, ce qui porte sa consommation totale à 92,000 quintaux métriques, représentant une valeur de 21,804,000 fr.

F. DEBETTE.

CYANATES. Sels formés par l'acide cyanique. N'ont aucun emploi dans les arts.

CYANIQUE (ACIDE). Cet acide découvert par Wöhler, n'a été obtenu qu'à l'état hydraté, et est extrêmement peu stable.

CYANOGENÈ (*angl.* cyanogen, *all.* cyan). Composé remarquable d'azote et de carbone, découvert par M. Gay-Lussac, et qui joue le rôle d'un corps simple, dans le plus grand nombre de ses réactions. Partout où il n'est pas altéré dans sa composition élémentaire, il se comporte comme le chlore, le brome et l'iode. C'est un corps gazeux, incolore, non permanent, que l'on peut liquéfier par un froid ou une compression suffisante; son odeur est extrêmement vive et piquante, il est inflammable et brûle avec une flamme bleuâtre

CYCLOÏDE.

mêlée de pourpre; sa densité est de 4,81. L'eau à 20° en dissout quatre fois et demi son volume, et l'alcool cinq fois davantage.

Le cyanogène supporte une très haute température sans se décomposer. Chauffé au rouge avec de l'oxygène, il se décompose avec détonation, et il se forme de l'acide carbonique et de l'azote. Il se combine à l'état naissant avec l'oxygène pour former de l'acide HYDRO-CYANIQUE, ou *acide prussique*. Il produit un grand nombre de cyanures métalliques, qui se combinent aisément entre eux ou avec les chlorures et les sulfures, pour former des cyanures doubles, des chloro-cyanures et des sulfo-cyanures.

Le cyanogène se compose de 2 vol. de vapeur de carbone et de 4 vol. d'azote, condensés en un seul, ou bien, en poids de :

Carbone	46	} C ² Az ² ou Cy ² .
Azote.	54	
	100	

On l'obtient en décomposant par la chaleur le cyanure de mercure.

CYANURES. Le seul des cyanures dont nous parlerons ici, est le cyanure de mercure qui sert à la préparation du cyanogène. On le prépare soit en dissolvant de l'oxyde de mercure dans de l'acide hydro-cyanique, soit en faisant digérer du bleu de Prusse avec de l'eau et de l'oxyde rouge de mercure en excès : le fer le précipite et il reste dans la liqueur du cyanure de mercure qui est soluble et que l'on fait cristalliser par évaporation après avoir filtré.

CYCLOÏDE. La cycloïde est la courbe que décrit un point de la circonférence d'une roue se mouvant en ligne droite sur un plan horizontal. Cette courbe jouit de propriétés curieuses que nous nous contenterons d'énoncer.

1° Si d'un point quelconque de cette courbe on laisse tomber un corps pesant le long de sa concavité, celui-ci arrivera toujours au point le plus bas dans le même intervalle de temps;

2° C'est la courbe de la plus vite descente pour les corps qui y sont abandonnés à l'action de la pesanteur;

3° Si l'on suspend un pendule au point de naissance de deux arcs cycloïdaux (sur lesquels s'appuiera le fil du pendule), la lentille décrira aussi une cycloïde, et, comme l'a démontré Huyghens, les oscillations du pendule seront parfaitement isochrones, c'est-à-dire s'accompliront dans des temps égaux;

4° L'aire de la cycloïde est triple de celle du cercle générateur, et sa longueur rectifiée est égale à quatre fois le diamètre de ce même cercle.

Par ses curieuses propriétés la cycloïde peut rencontrer dans les arts de fréquentes et curieuses applications. Nous avons déjà cité celle qui en a été faite pour le pendule; peut-être pourrait-elle fournir un moyen d'accroître les limites dans lesquelles de fortes machines de renfort peuvent, sur les chemins de fer, dispenser de l'emploi des machines fixes. Concevons en effet que les roues motrices de la locomotive portent sur un de leurs rayons des galets mobiles sur leurs axes et qui viennent, dans les pentes, se mouvoir dans des guides en fonte placés verticalement en dehors des rails et ayant la forme de la cycloïde que décrivent les galets; la force d'adhérence sera considérablement augmentée, puisque les roues ne pourront plus tourner sur elles-mêmes, tandis que l'augmentation de résistance due au frottement des galets contre les guides, sera très faible, puisque c'est un frottement de roulement. Néanmoins, les frais considérables de l'établissement d'un pareil système, portent à croire qu'il ne pourrait être économiquement adopté dans l'industrie. Nous n'avons pour but en en parlant ici que d'indiquer une application curieuse de la cycloïde,

CH. L.

D

DAGUERRÉOTYPE. Voyez PHOTOGRAPHIE.

DAMAS (*angl.* damask, *all.* damast). Tissu en soie ou en lin, quelquefois aussi en laine ou en coton, orné de grands dessins représentant des fruits, des fleurs, des paysages, des animaux, etc. C'est une étoffe de luxe sur la fabrication de laquelle nous reviendrons aux articles TAPIS et TISSAGE.

DAMAS. Les belles recherches de M. l'ingénieur russe Anopoff, publiées il y a quelques mois dans l'*Annuaire du journal des mines de Russie*, nous mettront à même d'indiquer sommairement ici un procédé qu'il a découvert et introduit avec succès à Zlatoust (Oural), pour préparer de l'acier damassé oriental; nous invitons ceux de nos lecteurs qui désireraient avoir plus de détails à ce sujet à consulter l'intéressante notice précitée.

On juge de la valeur et de la qualité des damas au moiré ou au dessin, à la couleur du fond, et enfin au reflet ou chatoyement de la surface sous la lumière oblique.

Du moiré. L'acier a d'autant plus de valeur que le dessin en est plus grand et plus marqué. Le dessin est considéré comme grand, quand il atteint les dimensions des notes de musique; il est moyen quand il a la grosseur de l'écriture ordinaire; au-dessous de cette grosseur, le dessin est petit, mais encore faut-il qu'on puisse l'apercevoir à l'œil nu. La forme et la disposition du moiré présentent une variété extrême, et il faut une grande habitude pour apprécier à ce signe la valeur du damas. Le moiré que manifeste un culot de damas s'observe plus distinctement encore sur les scories qui le recouvrent lors de la fabrication, en sorte qu'on peut assez exactement juger de la qualité du métal à la seule inspection des scories. En examinant attentivement ces dernières au microscope, on voit qu'elles prennent au contact du culot, toutes les inégalités du métal. Ces inégalités varient à l'infini. Ce sont : tantôt des aspérités et des dépressions irrégulières; tantôt des aspérités longitudinales, plus ou moins parallèles entre elles; tantôt des aspérités réunies par groupes plus ou moins distincts; tantôt des lignes droites parallèles plus ou moins longues et épaisses; tantôt un double système de lignes parallèles, se coupant sous un angle variable et formant ainsi des losanges; tantôt un double système de lignes se coupant à angle droit, et formant des carrés distincts. L'on peut distinguer les scories en diverses sortes. Aux premières scories correspond un métal qui ne manifeste aucun moiré après le travail de la forge. Avec celles de la seconde espèce, on a un métal qui se moire longitudinalement sous forme de lignes irrégulières. Avec les troisièmes, les lignes restent parallèles. Avec les quatrièmes, on a deux systèmes de lignes : les unes suivent la longueur de la barre, en prenant une courbure plus ou moins prononcée; les autres sont disposées transversalement sous différents angles et avec diverses courbures; quelquefois, on voit des points isolés entre ces lignes. Avec les cinquièmes, les lignes longitudinales prennent une courbure encore plus prononcée, et les lignes transversales, en se brisant sous différents angles, forment des dessins pareils aux mailles d'un filet. Avec les sixièmes, les lignes longitudinales et transversales deviennent encore plus courbes et comprennent entre elles une infinité de petits points, dont la masse ressemble à une grappe de raisin; ces grappes sont tantôt irrégulièrement semées à la surface du métal, tantôt disposées par rangées d'une telle symétrie que le damas semble composé de plusieurs morceaux soudés transversalement. Aux deux premières sortes de scories correspond un damas qui ne peut être

d'aucun usage et qui, par conséquent, ne mérite pas d'être désigné de ce nom; mais avec les autres variétés on a, dans l'ordre suivant, des damas de qualités d'autant meilleures que les moirés des scories sont plus régulières :

1° Le dessin consistant principalement en lignes droites presque parallèles correspond à la plus mauvaise sorte de damas.

2° Quand les lignes droites deviennent plus courtes et commencent à se courber, la qualité du métal s'améliore.

3° Le métal est encore meilleur, quand les lignes se brisent, que leurs interstices se couvrent de points isolés et que les lignes courbes se multiplient.

4° Le damas approche davantage de la perfection, quand les lignes brisées deviennent encore plus courtes ou se réduisent à des points, et quand elles sont assez nombreuses pour former comme les mailles d'un filet réunies par des fils serpentant dans différentes directions.

5° Enfin, le damas est arrivé à son plus haut degré de perfection, quand les filets transversaux, composés de petits points, se multiplient jusqu'à former comme des grappes de raisin, ou s'étendent sur presque toute la largeur de la pièce en la divisant en parties égales entre elles et de dessin pareil.

Du fond. On peut apprécier par la nature des scories le fond de la couleur du culot qu'elles recouvrent. Le même flux donne des scories de couleurs différentes; plus les scories sont vitreuses et incolores, plus le fond du métal est clair, et *vice-versa*; mais la qualité du métal est d'autant meilleure que les scories sont plus foncées. Toutefois, les scories foncées sont de différentes sortes; les unes sont vitreuses, les autres ternes; dans ce dernier cas, le moiré cesse de se manifester distinctement.

Les damas peuvent être divisés, sous le rapport du fond, en damas gris, en damas bruns et en damas noirs.

Du reflet. Le reflet se manifeste à la surface du culot, quand on sort ce dernier du creuset, après avoir laissé suffisamment refroidir à l'abri du contact de l'air.

Les culots de mauvaise qualité n'ont point de reflet et en général leur surface n'est pas unie. Plus le métal est parfait, plus sa surface a d'éclat et plus son reflet est prononcé. Le reflet passe quelquefois du bleuâtre à la teinte d'or, de telle sorte que le dessus du culot paraît comme doré. Le reflet ne peut tenir à une oxydation superficielle du métal, car l'oxydation produirait une irisation qu'on n'observe point ici; il faut plutôt l'attribuer à la qualité même du métal. Le reflet est d'ailleurs indépendant de la dureté du métal.

Les damas peuvent être divisés, sous le rapport du reflet, en damas sans reflet, en damas à reflet rougeâtre, et en damas à reflet doré. Plus le reflet est prononcé et voisin de la teinte d'or, plus le métal est parfait. Si le damas est de mauvaise qualité, on ne peut par aucun mode de décapage y faire naître de reflet.

La coïncidence des différents caractères dont il vient d'être question donne, en supposant chacun d'eux porté à son plus haut degré, la limite supérieure de la perfection du damas. Un damas parfait a les qualités suivantes :

1° Une malléabilité et une ductilité parfaites, non pas qu'il puisse se forger comme du fer tendre, mais il faut qu'il se travaille avec facilité et netteté : on doit même pouvoir le forger à froid;

2° Une très grande dureté après la trempe;

3° Un tranchant vif et délicat;

4° Une très grande élasticité.

M. Anozoff divise d'après ce qui précède les damas en cinq variétés, savoir : le damas rayé, le damas moiré, le damas ondulé, le damas réticulaire et le damas chevronné. Toutes ces sortes de damas peuvent :

1° Avoir des dessins de grande, moyenne et petite dimension; 2° Être gris, bruns ou noirs; 3° Ne pas avoir de reflet, ou avoir un reflet, soit rougeâtre, soit doré.

Il résulte des observations de M. Anozoff que :

1° La grosseur, la netteté et le relief du moiré sont en rapport direct avec la proportion de carbone; la disposition du dessin dépend de l'intimité de sa combinaison avec le fer.

2° Le fond du damas et la couleur du moiré indiquent le degré de pureté du fer et celui du carbone; plus le fond est foncé et brillant, plus les ondulations sont blanches, et plus le métal est pur.

3° Le reflet que prend l'acier damassé semble être le meilleur indice de l'état sous lequel le carbone existe dans l'acier. Il parait que l'on ne peut admettre, comme combinaison proprement dite du carbone avec le fer, que le damas à reflet doré. Dans les damas à reflet rougeâtre, le carbone contient en mélange quelque substance étrangère. Enfin, dans les damas qui n'ont pas de reflet, le carbone se rapproche du charbon ordinaire. De pareils damas sont cassants, s'ils renforcent une forte proportion de carbone.

L'analyse d'un des meilleurs aciers damassés obtenus par M. Anozoff, a donné à M. Ilmoff les résultats suivants :

Fer	98,000
Carbone	4,434
Soufre	0,044
Silicium	0,500
Aluminium	0,055
Cuivre	0,300
Argent	Traces
	400,000

En cherchant à découvrir le secret de la fabrication du damas oriental, M. Anozoff a trouvé quatre moyens de le produire, qui consistent :

- 1° A fondre du minerai de fer avec du graphite;
- 2° A fondre le fer avec du charbon et à brûler partiellement le carbone par du protoxyde de fer (battitures);
- 3° A soumettre le fer préalablement carburé à un recuit prolongé, à l'abri du contact de l'air;
- 4° A fondre immédiatement le fer avec du graphite.

Le premier de ces procédés demande un minerai de fer extrêmement pur, la consommation en graphite est considérable, la carburation du fer parfois incomplète, et la consommation en combustible deux à trois fois plus forte que dans le dernier procédé, d'où résulte une élévation du prix de revient qui rend ce procédé inabordable; mais il nous retrace, sans doute, la méthode suivie par les anciens, et nous explique le haut prix des bons damas d'Asie. Ce procédé a dû en effet, en raison de sa grande simplicité, s'offrir de préférence à tout autre aux anciens expérimentateurs.

Le second procédé n'a pas pu être adopté; le métal conservait une proportion considérable de carbone et se forgeait difficilement.

Le troisième procédé est déjà en usage; mais comme l'acier fondu doit, pour être malléable, ne contenir qu'une faible proportion de carbone, on n'obtiendra par là qu'une sorte de damas fondu, bon à la fabrication des objets de bas prix; les 400^k de ce damas ne reviennent qu'à 240 francs environ.

Enfin, le quatrième procédé que nous considérons comme le meilleur et le moins dispendieux de tous, est le seul dont nous allons nous occuper. La préparation

du damas par ce procédé comprend : La fonte, le travail de la forge, la façon des objets, la trempe, l'affilage et le décapage.

Fonte. La fonte s'opère dans de petits creusets réfractaires, faits comme ceux qui servent à la fabrication de l'acier fondu (voyez ACIER), chauffés dans un petit fourneau à courant d'air forcé.

On met dans un creuset ordinaire 5 kilogrammes de fer; les alliages faits sur une plus grande échelle étant trop difficiles à forger. En général, plus le métal doit être dur, et moins on doit employer de fer, en sorte que sa quantité peut, dans certains cas, se réduire à 3 et 4 kilogr. On met sur le fer un mélange de 1/12 de graphite, 1/32^e de battitures et d'une certaine quantité de flux. Les meilleurs flux sont : Les débris de foyers réfractaires et la dolomie. L'un et l'autre de ces flux peuvent être employés avec un égal succès mais non concurremment; dans ce dernier cas, les scories se séparent trop difficilement du métal. En employant le quartz, il faut éviter d'ajouter trop de battitures. La dolomie est par elle-même un flux très fusible, en sorte qu'on ne doit pas en employer plus de 1/24^e : au-delà, le creuset pourrait être attaqué; mais si la quantité de dolomie est en rapport convenable avec le graphite, on obtient de meilleur damas avec ce flux qu'avec le quartz. Après avoir chargé les matières dans le creuset, on le recouvre de son couvercle en argile, et on donne le vent. Au bout de trois heures et demie, le métal est reconvert d'une couche mince de scories, au-dessus desquelles surnage l'excédant de graphite; la perte en graphite s'élève alors jusqu'à 0^k,40. Le métal a un faible moiré longitudinal, un fond clair, et, si le graphite est de bonne qualité, un certain reflet. En prolongeant la fusion pendant quatre heures, il se perd jusqu'à 0^k,45 de graphite, et le métal prend un moiré ondulé; si elle dure quatre heures et demie, la perte en graphite s'élève jusqu'à 0^k,20, et le moiré est de grandeur moyenne. À ce moment, le creuset commence à s'affaisser, et il faut arrêter l'opération; mais si cet affaissement est peu sensible, on continue la fusion pendant une demi-heure de plus : la perte en graphite atteint alors 0^k,30; le moiré est réticulaire et de grandeur moyenne; la quantité de scories va jusqu'à 0^k,20. Quand on voit que le creuset a bien gardé sa position pendant cinq heures, et que la grille du fourneau n'est pas assez obstruée de scories pour porter obstacle au passage du vent, on prolonge encore la fusion pendant une demi-heure; en ce cas, la perte en graphite s'élève quelquefois jusqu'à 0^k,40 et plus, et la quantité des scories à 0^k,30 et 0^k,40 et même davantage; le métal acquiert alors un moiré plus ou moins prononcé, réticulaire et quelquefois chevronné.

Si le graphite n'est pas de qualité particulièrement bonne, le métal est rarement susceptible d'être forgé. En employant du graphite de creusets de Passau : il ne faut pas en mettre plus de 0^k,40 (1/12^e), pour que le métal reste malléable; le moiré est, dans ce cas, de grandeur moyenne. Si l'on diminue la quantité de graphite jusqu'à 0^k,30 (1/16^e), on obtient un damas réticulaire à moirés fines.

Ainsi pour obtenir le meilleur damas, il faut :

- 1° Un charbon qui donne le moins de crasses possible; celui de pin, par exemple;
- 2° Un fourneau construit avec les matériaux les plus réfractaires;
- 3° Des creusets extrêmement réfractaires et non susceptibles de se fendre;
- 4° Un fer de la meilleure qualité, très malléable et très ductible;
- 5° Du graphite natif pur, ou le meilleur graphite de creusets;
- 6° Du quartz calciné, ou mieux de la dolomie;

- 7° Une très haute température ;
8° Une fusion aussi prolongée que possible.

Quand la fusion est terminée et que le charbon est entièrement consommé jusqu'à la base du creuset, on arrête le vent : on laisse le creuset dans le fourneau jusqu'à ce qu'il soit froid ou au moins noir ; on enlève le couvercle, on retire le résidu de graphite ; on brise les scories et l'on extrait le culot. Lors de son refroidissement, le damas prend une surface parfaitement unie, ou présente près du centre une dépression dans laquelle la cristallisation est plus marquée et plus enchevêtrée que partout ailleurs ; cette dépression constitue le *retrait*. Les damas qui n'ont point de retrait, et surtout les damas durs, sont ceux qui donnent lieu au retrait le plus considérable. Si un culot dur, dont la surface n'est pas brillante, n'a aucune dépression apparente, on doit s'attendre à trouver une chambre dans l'intérieur du métal ; le damas s'est, dans ce cas, refroidi beaucoup plus vite extérieurement qu'intérieurement. De pareils culots ne peuvent se forger, et le damas qu'ils produisent est de qualité très inférieure, fût-il couvert du plus fort moiré.

Travail de la forge. On forge le culot de damas, qui pèse environ 5^h, avec un petit marteau à queue pesant 40^h. Le culot est chauffé jusqu'au rouge-clair, et posé sur l'enclume par sa large base. On commence par faire marcher le marteau très lentement, en tournant le culot toujours dans le même sens ; il faut deux hommes pour cette opération. On donne de trois à neuf chaudes. Si l'alliage ne s'est pas gercé, on le fend en trois parties avec des ciseaux. Plus le damas est lent à se forger et net à se fendre, meilleure est sa qualité. Chacun des morceaux est reforgé au marteau, et amené à l'état de massiau régulier, puis ensuite à l'état de barre ; le meilleur métal est celui qui met le plus de temps à se refroidir sous le marteau. Les bons damas, quelle que soit leur dureté, ne passent que deux fois au feu pour être convertis de massiaux en barres, ils peuvent même s'étirer à froid sans gerçures, et s'échauffent alors jusqu'au rouge sous le marteau. Si l'on chauffe une partie de la barre au blanc, elle perd sa malléabilité et s'émiette, quand le damas est dur ; s'il est tendre, elle perd son moiré. On peut juger par là de l'attention que réclame le rechauffage de la part du forgeron.

Façon des objets. Le damas forgé en barres présente de petites irrégularités et des gerçures superficielles. On doit, pour acquérir toute certitude sur la bonne qualité des objets à fabriquer, commencer par affiler les barres et y faire des marques indiquant le dessus et le dessous du culot ; car le dessous a toujours un moiré plus régulier que le dessus, et doit par conséquent former de préférence le tranchant de l'objet. La façon des objets de damas est d'ailleurs la même que celle des objets de tout autre acier ; il faut seulement avoir soin de chauffer aussi peu que possible et de ne point dépasser le rouge-clair ; le rouge-cerise est même suffisant pour la dernière chaude.

Trempe. Tout damas, et en général tout acier, chauffé et brusquement refroidi, augmente de dureté, mais devient en même temps cassant comme du verre. Cette fragilité ne permet pas d'employer l'acier à l'état le plus dur ; car, sauf les limes de serrurier, il n'y a point d'outils dont la trempe ne nécessite un effort supérieur à la cohésion que la trempe laisse subsister entre les molécules de l'acier.

Pour diminuer la fragilité du métal, tout en conservant autant que possible la dureté que la trempe lui fait acquérir, on chauffe l'acier trempé, mais à une température beaucoup moindre que lorsqu'il s'agit de le soumettre à la trempe. A mesure que le métal s'échauffe, sa cohésion augmente et sa dureté diminue. La destination de l'objet indique le degré de chaleur

qu'il faut donner, et les couleurs que prend le métal servent à connaître ce degré. Les principaux degrés de chaleur sont : le jaune, le violet, le bleu et le vert ; le jaune et le degré inférieur ; au vert, le métal commence à perdre de son élasticité.

Les objets qui exigent le plus de dureté sont recuits au jaune-paille, et ceux qui exigent le plus d'élasticité, au bleu. Mais si le métal n'est pas de qualité supérieure, on tâche de l'améliorer, dans le premier cas, en chauffant au violet, et dans le dernier cas en chauffant au vert. Le violet est la température que demandent les ciseaux ; le vert convient pour les faulx.

Les damas de médiocre dureté sont trempés, selon le genre et la destination des objets, dans l'eau ou dans la graisse ; les damas les plus durs sont trempés de préférence dans la graisse. Toutes les armes sont trempées dans la graisse presque bouillante ; la graisse chaude est plus fluide que la graisse froide, se meut plus rapidement autour de l'objet chauffé qu'on y plonge, refroidit plus vite ce dernier, et donne, par conséquent, une trempe plus dure.

Après avoir chauffé au rouge l'objet qu'on veut tremper, on le plonge dans la graisse chaude, et après l'y avoir laissé refroidir, on le sort du bain, on l'essuie et on le nettoie d'un côté avec une pierre à aiguiser, afin de mieux juger de la couleur à laquelle il convient de le recuire. On le réchauffe au-dessus du charbon, en ayant soin de donner la couleur convenable à la chaude. Ainsi, lorsqu'on trempe une lame de sabre, on la chauffe au vert près de la poignée, au bleu à son extrémité, au violet à son milieu et au jaune vers le tranchant. Elle est ensuite redressée au marteau, affilée et plongée encore chaude dans l'eau froide. Si l'on veut augmenter l'élasticité de l'arme au dépens de sa dureté, on chauffe au bleu et le milieu et le bout de la lame. Il est bon, pour augmenter la dureté du tranchant, de passer préalablement la lime sur ce dernier ; car un objet mince se trempe généralement plus dur qu'un objet épais. Quelques instruments, et notamment les rasoirs, se trempent dans l'eau ; d'autres, comme les faulx, n'ont besoin que d'être agités dans un rapide courant d'air.

Affilage et polissage. Quoique ces deux opérations soient exactement les mêmes pour le damas que pour l'acier, nous croyons cependant utile d'indiquer ici quelques précautions relatives à l'affilage et au polissage des objets qui exigent une dureté et un tranchant particuliers ; ces précautions sont d'ailleurs généralement peu connues.

L'affilage sur des grès ou pierres à aiguiser modifie le degré de la trempe, surtout pour les objets minces. Ainsi, quand on affine des lames sur des pierres à aiguiser sèches, on est obligé de leur rendre leur élasticité, en les réchauffant, après l'affilage, jusqu'au bleu et les plongeant dans l'eau ; c'est ce qu'on appelle *bleuir*. La nécessité de cette opération vient de ce que dans l'affilage les lames passent par places au vert, température à laquelle l'acier perd son élasticité. Les objets dans lesquels la solidité du tranchant est plus utile que l'élasticité doivent être affilés sur des pierres constamment arrosées d'eau. Mais il faut que l'affluence de l'eau soit suffisante et que l'objet ne soit pas trop fortement pressé contre la pierre ; sinon on perd tout le fruit de cette précaution, et l'objet perd sa fermeté et s'émousse rapidement. Telle est l'explication des qualités différentes qu'on observe entre des rasoirs faits du même acier.

Le polissage exerce la même influence que l'affilage sur la qualité des objets, si l'objet reste appliqué quelque temps au même endroit contre le disque de polissage, il s'échauffe trop, et l'ouvrier ne peut guère même s'en apercevoir, car l'émeri efface immédiatement la couleur bleue qu'a prise le point trop chauffé.

DAMAS.

Le polisseur évite cet inconvénient en promenant constamment sur le disque l'objet qu'il polit. Quand on donne un grand poli, les mêmes inconvénients se reprochaient encore plus souvent, surtout pour les objets minces, et notamment à leur tranchant. Les rasoirs peuvent donc ainsi être altérés sans remède. Il vaut donc mieux ne pas donner un haut poli aux objets qui exigent de la fermeté et du tranchant. Les objets de damas n'ont point besoin d'un fort poli ; car après le décapage, ce fort poli n'améliore ni le fond ni les dessins du moiré : il suffit de polir ces objets à l'émeri fin, délayé dans l'huile.

Décapage. Il est impossible de reconnaître la qualité du damas sans le décaper. Tous les acides qui attaquent le fer attaquent aussi le damas ; mais pour décaper ou faire apparaître le moiré, il faut agir sur le fond plus que sur le dessin. Il semble, au premier coup d'œil, que le choix de l'acide soit indifférent et qu'il suffise de l'étendre au point où il ne corrode que le fond, et respecte les dessins dont la structure résiste davantage à la dissolution. Mais tous les acides ne peuvent pas être employés avec un égal succès ; les uns n'agissent que sur le fer et laissent le carbone tel qu'il se trouve dans le métal ; les autres attaquent et le fer et le carbone. L'acide nitrique, par exemple, en dissolvant le fer, attaque aussi le carbone, et enlève au fond l'éclat et le reflet propres aux damas ; l'acide sulfurique, au contraire, dissout le fer sans attaquer le carbone, et respecte l'éclat et le reflet du fond, surtout quand on l'emploie non pas à l'état libre, mais à l'état de sulfate. Le sulfate de fer de Perse, qui paraît contenir une certaine quantité de sulfate d'alumine, passe pour le meilleur mordant qu'on puisse employer au décapage des lames. Pour 1 litre $\frac{1}{2}$ d'eau, on emploie jusqu'à 0^o,40 de vitriol vert.

La lame qu'on veut décaper doit être parfaitement propre et purgée de toute huile ou de toute autre matière grasse. En conséquence, on la nettoie préalablement au moyen de cendres fines avec de la lessive, et on la lave ensuite dans de l'eau pure ; on la plonge dans la dissolution de mordant chaude, ou bien on l'arrose de ce dernier en la tonant au-dessus du vase qui le renferme. Quand les moires et le fond se sont développés, on sort la lame, on la lave à plusieurs reprises avec de la lessive et de l'eau froide, et on l'essuie légèrement et rapidement avec un chiffon de toile sec. Cette opération ne dure pas plus de 40 minutes et quelquefois moins, si la dissolution de vitriol est forte.

Les moires apparaissent très promptement sur le damas, mais on prolonge quelque temps l'action du mordant, afin qu'elles ressortent d'une manière plus tranchée sur le fond, lequel perd en même temps toutes traces du polissage, et acquiert ainsi la couleur et le reflet propres au damas. D'un autre côté, si l'on prolonge trop l'opération, le fond perd son éclat et les moires leur couleur, le métal devient plus foncé, et si l'on va plus loin encore, le moiré disparaît totalement. Quoique le nettoyage à la cendre puisse faire reparaître le moiré, le fond n'en reste pas moins fortement corrodé et montre une surface mate ; aussi, si le métal ne manifeste au premier effet de l'acide ni fond de couleur foncée, ni reflet, on ne pourra les y faire naître ni en plongeant ni en recommençant l'opération. Il faut avoir soin, en essuyant la lame, de ne point toucher un endroit essuyé à sec avec le chiffon humide, car cette place prendrait une irisation qui nuirait à la beauté du moiré. En général, le décapage demande beaucoup d'expérience et d'adresse.

Quelques acides végétaux produisent tout aussi bien le moiré que le sulfate de fer et sont d'un emploi beaucoup plus simple. Il suffit d'humecter l'objet avec du jus de citron ou avec du vinaigre de bière ordinaire, de le laver après l'apparition du moiré avec

DAMAS.

de l'eau froide, et de l'essuyer à sec avec un chiffon.

Les lames décapées sont enduites d'huile d'olive pure et essuyées de nouveau à sec ; cet enduit les préserve de la rouille, même dans un endroit humide.

Prix de revient et usage du damas. A Zlatoust, le damas fabriqué par les procédés que nous avons indiqué, s'élève, y compris le travail de la forge, à 42^r 50 le kilogramme.

Les récits faits par les voyageurs, sur la qualité de quelques damas asiatiques, ne sont nullement aussi exagérés que plusieurs métallurgistes modernes l'ont cru jusqu'à ce jour. Il est exact qu'on peut, avec un damas réticulaire ou chevronné, à grandes moires et à reflet doré, couper facilement dans l'air un fichu de gaze ; M. Ancoff a lui-même réussi dans cette expérience avec ses damas. On n'en saurait faire autant avec une lame d'acier fondu anglais ; à peine peut-elle couper une étoffe de soie. On rapporte que les damas coupent des os, des clous, etc., sans s'ébrécher ; le fait est vrai ; mais il faut que le sabre soit fait de bon damas, trempé et recuit au point convenable. Une bonne lame de damas, trempée au même point qu'une lame d'acier, entaillera toujours cette dernière sans s'ébrécher. Une lame d'épée faite de bon damas, régulièrement affilée et convenablement trempée, ployée à la manière ordinaire, s'échappe sous la flexion et se redresse instantanément. Si même on pose le pied sur le bout et qu'on la courbe à angle droit, elle ploie sans se briser, et reprend, quand on la redresse, toute son élasticité première. Quel est l'acier qui jouirait d'une pareille propriété ? Un rasoir de bon damas, exempt de défauts, fera au moins deux fois plus d'usage que le meilleur rasoir anglais.

En général, tout objet qui exige de la force et du tranchant doit être fait en damas dur, c'est-à-dire en damas qui manifeste le moiré avant le décapage, et tout objet qui demande de l'élasticité doit être fait de préférence avec le damas tendre, qui se prépare avec une moindre proportion de graphite. Il va sans dire que chaque genre de damas doit être d'aussi bonne qualité que possible ; il ne suffit pas qu'il porte un moiré longitudinal.

Dans l'Inde, au lieu d'employer du graphite pour carburer le fer, on se sert de matières végétales (bois et feuilles d'arbres), comme nous l'avons décrit à l'article **ACIER** (*wootz* indien) ; le damas ainsi obtenu est trop dur pour se laisser étirer au marteau, aussi lui fait-on d'abord subir un recuit prolongé qui lui donne la malléabilité nécessaire.

M. Bréant a proposé depuis longtemps de fabriquer de l'acier damassé, en fondant du fer avec du noir de fumée ; M. Ancoff, qui a répété ces expériences, a trouvé que l'acier ainsi fabriqué présentait un moiré fort différent de celui du véritable damas, et lui était de beaucoup inférieur sous le rapport de la qualité.

M. Faraday a reconnu le premier, qu'il suffit d'allier à l'acier une très faible quantité d'autres métaux pour obtenir des aciers damassés. Tout le monde a pu admirer à la dernière exposition les magnifiques lames obtenues, par M. le duc de Luynes, en alliant à l'acier une faible quantité de tungstène, de molybdène, etc. Néanmoins les aciers ainsi obtenus ne présentent pas le même genre de moiré que le véritable damas oriental, et ne le valent pas sous le rapport de la qualité. Disons encore un mot des recherches de M. Ancoff à cet égard :

Le manganèse allié à l'acier en petite quantité et jusqu'à $\frac{1}{200}$ n'en modifie point sensiblement les propriétés apparentes ; au-delà de $\frac{1}{100}$, il rend l'acier dur, cassant et à gros grains. L'alliage poli et décapé, prend un moiré à peine discernable dans le premier cas, et un moiré fin dans le second cas. On remarque en

outre quand on passe de la première à la seconde proportion, que le fond du moiré varie du gris au brun.

Les aciers chromifères et titanifères s'obtiennent en ajoutant au fondant du fer chromé ou du fer titané. Le chrome et le titane fournissent, sous plusieurs rapports, les mêmes résultats que le manganèse. Ils rendent également l'acier plus cassant à mesure que l'on en augmente la proportion, et donnent lieu, pour la nature du moiré, à des observations du même genre. Le chrome et surtout le titane gâtent pourtant moins l'acier que le manganèse, et à proportion égale, l'acier prend avec le chrome un plus beau poli qu'avec le manganèse. Les dessins donnés par le chrome sont également plus beaux que ceux donnés par le manganèse, et ils rappellent plus que tous les autres la disposition des dessins du damas; de là vient sans doute que M. Berthier a cru pouvoir considérer l'acier allié de chrome comme du damas. Le chrome donne au fond une teinte foncée; le titane le rend violet, ce qui permet de reconnaître facilement la présence de ce métal dans l'acier.

En général, le manganèse, le chrome et le titane nuisent moins à l'acier que le calcium, le silicium, le magnésium et l'aluminium. La présence de 4/50^e de ces derniers métaux enlève à l'acier sa malléabilité. Il n'en est pas de même, si on remplace l'acier par du fer doux; dans ce cas, l'alliage reste encore plus ou moins malléable.

L'acier allié de 4/367^e à 4/90^e d'argent se distingue de l'acier ordinaire par sa malléabilité et sa grande dureté. Cet acier est dans sa cassure plus blanc que l'acier ordinaire, mais le polissage et le décapage à l'acide n'y déterminent point un moiré uniforme. En augmentant la proportion de l'argent, on ne réussit qu'à faire naître par places de petites raies irrégulières, ce qui semble prouver que l'argent ne s'allie pas chimiquement avec le fer, du moins en quantité notable. L'acier argentifère se rouille moins facilement que l'acier ordinaire; cet avantage payerait et au-delà le supplément de valeur dû à la présence de l'argent, si cet acier était employé pour certains objets, et notamment pour les pièces d'horlogerie. Les alliages de l'acier avec les autres métaux examinés précédemment se rouillent au contraire plus facilement que l'acier pur.

L'alliage d'or et d'acier est plus tendre que l'acier ordinaire, soit à la forge, soit à la trempe. On ne peut même en portant à 4/200^e la proportion de l'or, faire prendre à l'acier aucun moiré apparent; l'addition de ce métal ne fait que lui communiquer un reflet jaunâtre.

L'acier platinière prend un moiré fin, assez uniforme, et conserve en général la couleur du platine. Il prend un très beau poli, est dur et de bonne qualité.

Enfin il nous reste, pour terminer cet article, à parler des aciers damassés obtenus par le procédé de Clouet et Hachette. Ce procédé s'exécute comme nous l'avons décrit à l'article ARMES À FEU, en parlant des canons rubannés et damassés, en soudant ensemble des troupes de petites barres ou lames d'acier, séparées quelquefois par des rubans de fer, les tirant au marteau, les tordant et les coupant ensuite pour en former une nouvelle trousse que l'on traite de la même manière, etc.; on obtient ainsi de l'acier qui présente un damassé très agréable à l'œil et très varié, mais qui ne ressemble en rien au véritable damas

P. D.

DAMASQUINURE. Art d'orner le fer, l'acier, etc., en faisant des incisions à la surface, et les remplissant avec des fils d'or ou d'argent; on l'emploie principalement pour enrichir les lames de sabre, les gardes, les poignées, les platines de pistolet, etc.

Son nom indique son origine, ou, du moins, l'endroit où on l'exerce avec la plus grande perfection; c'est-à-dire, la ville de Damas, en Syrie; M. Félibien attribue la perfectionnement de cet art à notre compatriote, Cursinet, qui vivait sous le règne de Henri IV.

La damasquinure est un travail de mosaïque, de gravure, ou de sculpture.

Il y a deux manières de damasquiner: dans la première, qui est la plus belle, les artistes taillent le métal avec un burin ou tout autre outil propre à graver sur l'acier, et remplissent ensuite les incisions ou creux avec une petite lame assez épaisse, d'or ou d'argent; dans l'autre, qui n'est que superficielle, ils se contentent de couvrir de hachures très fines la surface de l'objet à damasquiner avec un couteau tranchant, tel que celui qu'on emploie pour faire de petites limes. Dans le premier procédé, il est nécessaire que les entailles ou incisions soient faites en forme de queues d'aronde, afin que le fil d'or ou d'argent qu'on y insinue de force puisse y tenir plus solidement. Dans le second, qui est le plus en usage, on agit comme il suit:

Après avoir échauffé l'acier jusqu'à ce qu'il devienne bleu ou violet, on le hache en long et en travers avec le couteau, puis on dessine la figure ou ornement qu'on se propose d'y faire, sur les hachures, avec une pointe fine de cuivre ou poinçon. Cela fait, on prend un fil d'or, et le conduisant ou le chassant selon les figures déjà dessinées, on l'enfoncé avec précaution dans les hachures du métal avec un repoussoir de cuivre, puis avec ce même instrument, ou un autre qui lui ressemble et qu'on nomme *mattoir*, on refoule sur le fil inséré les bavures qui se sont levées lors du passage du burin. L'or acquiert par simple pression une adhérence suffisante pour tenir solidement sur le fer ou l'acier.

DANAÏDE. Genre de roue hydraulique inventée par M. Manoury d'Ecotot. Voyez HYDRAULIQUE.

DATHOLITE. Chaux boratée siliceuse, boro-silicate de chaux; minéral assez rare.

DE A COUDRE. (*angl.* thimble, *all.* fingerhut). On fait les dés à coudre en os, en ivoire ou en métal. Cette fabrication n'offre quelque intérêt que par les procédés ingénieux de MM. Roux et Berthier, qui ont réussi à faire les dés d'acier avec une rare perfection, et à très bon marché. On taille à l'emporte-pièce des disques de 5 centimètres de diamètre dans de la tôle de fer; on les fait rougir, et on les frappe au centre avec un poinçon sur des tas creusés de trous différents, afin de les emboutir et de leur donner la forme de dés. On taille ces dés, on les polit au tour, et l'on y imprime de petits trous régulièrement distribués; en se servant d'une double roulette qu'on appuie à la surface.

On cémenté ensuite les dés, on les trempe, on les décape, on les fait revenir au bleu, et on les double en or; c'est-à-dire qu'on introduit dans chacun d'eux un dé en or très mince, qu'on y force avec un mandrin d'acier poli; cette doublure tient au dé comme si elle y avait été soudée. Enfin, le bord a reçu une rainure où l'on engage l'anneau, bande mince en or qu'on fait entrer juste dans la rainure.

DÉCOLORIMÈTRE. Voyez NOIR ANIMAL.

DÉCOUPOIR. Le découpoir sert à faire vite et avec beaucoup d'économie des pièces plates avant une forme donnée; on doit l'employer toute les fois que l'on a à fabriquer un grand nombre de pièces ayant toutes les mêmes formes. Il est la cheville ouvrière de certaines industries, et est employé accidentellement dans beaucoup d'autres. Il se compose ordinairement d'un outil nommé *emporte-pièce* ou *piston*, ayant la forme du morceau à enlever et qu'on fait pénétrer dans la matière à découper, soit à coups de marteau, soit au moyen d'une vis ou d'un levier analogue à ceux que l'on emploie dans les presses.

Le marteau suffit toutes les fois que les matières à découper ont peu d'épaisseur et peu de résistance; comme le cuir, le papier, les peaux, les toiles. Les presses et les leviers s'emploient lorsqu'on travaille le fer blanc, les tôles d'acier, de cuivre ou de fer. L'outil employé s'appelle *emporte-pièce* lorsque, suivant

DÉCOUPOIR.

un dessin quelconque, il cerne la pièce qu'il emporte; on lui donne le nom de *couteau*, toutes les fois qu'il enlève des morceaux non cernés et qui tombent comme rognures. Si l'on veut emporter un disque circulaire dans un carré dont le côté soit plus grand que le diamètre du disque; on emploie l'emporte-pièce soit qu'on veuille produire le disque plein, soit qu'il s'agisse de fabriquer le carré, ayant en son milieu le trou circulaire. Si le carré a pour côté le diamètre du disque et que ce soit ce disque qu'on se propose d'obtenir, on emporte avec un couteau les quatre angles du carré.

Les couteaux et les emporte-pièces se font en acier; la partie qui coupe est seule trempée dure. Pour les matières tendres, on fait revenir gorge de pigeon, pour les matières dures, jaune-d'or les parties du tranchant et bleu le reste.

On affûte l'outil de différentes manières. Quand la matière à enlever est dure et qu'on doit ensuite la travailler à la lime, on fait le biseau double; d'autres fois on le laisse vertical d'un côté et incliné de l'autre, le côté incliné doit toujours se trouver du côté de la matière que l'on rejette.

Quand on agit au balancier, la forme de l'emporte-pièce n'est plus la même; il prend alors le nom d'étampe ou de piston. Les ébauches des montres qui s'emportent dans des feuilles de laiton laminé, se font au moyen d'étampes et de contre-étampes; il en est de même de toutes les pièces plates qui entrent dans la composition d'une serrure. Le balancier qu'on emploie dans cette fabrication est une vis verticale, terminée à sa partie supérieure par une forte traverse, à l'extrémité de laquelle sont placés deux boules ordinairement en plomb; un ou deux hommes communiquent à cette traverse un mouvement de rotation. La vis fait alors descendre un piston guidé verticalement, et à l'extrémité inférieure duquel se trouve l'étampe, pièce en acier ayant exactement en relief la forme de la pièce que l'on veut obtenir. La contre-étampe est aussi en acier; elle est fixée solidement au-dessous de l'étampe et porte en creux la forme de la pièce. On place au-dessus la feuille de laiton, on fait marcher le balancier; l'étampe emporte d'abord la pièce dans la feuille, puis la comprime très fortement dans la contre-étampe au moyen de la secousse communiquée par les boules de plomb, qui en s'arrêtant brusquement exercent sur le métal une pression très forte qui le tasse et l'écroute. On fait sortir la pièce de la contre-étampe au moyen d'une petite tige placée dans un trou pratiqué sur le fond, et qu'on soulève en même temps qu'on détourne le balancier; cela fait, on repousse la feuille de laiton sur la contre-étampe et l'on forme une seconde pièce au moyen d'un second coup de balancier.

On découpe aussi des pièces au moyen d'un piston mobile qui entre exactement dans une *lunette* placée au-dessous de lui, et sur laquelle on place les feuilles de métaux à découper. La lunette diffère de la contre-étampe par sa forme intérieure: le trou est prolongé inférieurement, et la pièce emportée par le piston passe au travers et tombe en dessous; le métal n'est donc pas écrouti, il est tout simplement emporté. Ce découpoir s'emploie principalement pour travailler des feuilles épaisses de métal. Le piston est mu quelquefois par un balancier à vis, mais le plus souvent par un levier auquel le mouvement est communiqué tantôt par des hommes, mais le plus souvent par un moteur hydraulique ou à une machine à vapeur. Ce découpoir est surtout employé pour faire dans les feuilles de tôle destinées à la fabrication des chaudières, les trous où doivent passer les rivets (voyez CHAUDRONNERIE). On s'en sert aussi pour la fabrication des écrous: on place d'abord sur la machine un piston et une lunette hexagonale, on découpe dans des feuilles des prismes à six pans de l'épaisseur du métal, puis on perce des trous dans ces

DEGRAISSEUR.

prismes au moyen d'un piston circulaire; cela fait, on les fait encore passer à travers une autre lunette hexagonale très régulière, et un peu plus petite que celle qu'on avait d'abord employée. Le piston se compose d'un hexagone ayant la même forme que le trou de la lunette, et du milieu duquel sort un petit cylindre où on place le trou de l'érou; on fait alors marcher le piston. L'érou, auquel il ne reste presque plus rien à enlever, passe à travers la lunette où il devient très régulier, surtout si l'on a eu soin de faire la lunette cylindrique intérieurement à une certaine profondeur; le frottement contre les parois suffit pour rendre les faces bien unies. DUBIED.

DEGRAISSEUR ou DÉTACHEUR D'ÉTOFFES. L'on nomme ainsi l'industriel dont l'art consiste à enlever toute espèce de tache sur une étoffe quelconque sans en altérer le blanc ou la teinture.

Le dégraisseur nettoie, blanchit, retein et met à neuf les étoffes salies ou altérées par l'usage; voilà pourquoi on l'appelle aussi teinturier-dégraisseur, teinturier-apprêteur.

Mais, pour éviter des répétitions, nous ne nous occuperons ici que de la théorie et de la pratique du dégraisage ou nettoyage des étoffes, et des moyens faciles de ramener les nuances affaiblies ou inégales à une couleur uniforme. Nous renvoyons aux articles IMPRESSION et TEINTURE pour connaître la préparation des matières colorantes, et les procédés pour les fixer plus ou moins solidement sur les tissus.

Toutefois, avant d'examiner dans son ensemble l'art du dégraisseur, nous citerons les principaux auteurs qui ont écrit avant nous sur cette matière, afin que chaque intéressé puisse les consulter au besoin.

En 1776, Baurmé a publié dans le *Dictionnaire universel et raisonné des arts et métiers de l'abbé Jaubert*, un article fort intéressant sur la pratique de l'art du dégraisseur. Cet article a été réimprimé depuis dans le *Manuel du teinturier-dégraisseur*, par Vergnaud (Paris, 1837).

En 1778, Berthollet et Brisson apprécièrent le mérite des procédés employés par Machanet pour remettre à neuf les vieux habits (voir le Bulletin de la Société d'Encouragement, année XXXVI, page 291).

En 1799, Homassel, chef de l'atelier des teintures à la Manufacture royale des Gobelins, a publié un *Traité théorique et pratique de la teinture, suivi de l'art du teinturier-dégraisseur*. La troisième édition de cet ouvrage, imprimée en 1848, a été revue, corrigée et augmentée par les savants chimistes Bouillon-Lagrange et Roard.

Dans la même année, l'illustre Chaptal, l'un des fondateurs de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, a lu à l'Académie des sciences un mémoire très savant sur la *théorie chimique de l'art du dégraisseur*. Ce mémoire, très remarquable par la précision et la clarté de ses explications, a fourni depuis à plusieurs auteurs tous les documents nécessaires pour écrire sur la théorie du dégraisage (voir le tome VI des Mémoires de l'Académie des sciences).

En 1818, Cadet Devaux fit un rapport à la Société d'Encouragement sur les *moyens employés par M. Coüin pour enlever les taches sur les uniformes de drop blanc*.

Depuis cette époque, plusieurs technologistes distingués, parmi lesquels nous citerons MM. Séb. Lenormand, Julia de Fontenelle, E. Martin, ont publié des manuels sur la pratique de cette industrie, qui est aujourd'hui fort répandue.

Enfin, M. Voymant, teinturier à Epinal, a fait imprimer, en 1833, un petit vol. in-42 ayant pour titre: *Véritable manuel pratique du dégraisseur, ou l'art d'apprendre soi-même à dégraisser et à remettre à neuf les tissus, contenant les procédés les plus nouveaux et les plus précieux que la chimie, l'expérience et la pratique, aient*

pu nous fournir jusqu'à ce jour, tels que la manière d'enlever toutes sortes de taches sur quelques couleurs que ce soit, sans aucune altération, de même que pour nettoyer ou remettre à neuf toutes sortes d'étoffes des couleurs les plus délicates, sans les endommager aucunement ; blanchissage des chapeaux de paille, etc.

C'est dans ce dernier ouvrage surtout que nous avons trouvé les renseignements qui nous paraissent les plus simples et les plus utiles à connaître. M. Voymant, cependant, n'a rien inventé, rien innové, mais il a décrit avec exactitude et sincérité tous les procédés pratiques de son métier.

Les principes généraux de l'art du dégraissage étaient déjà connus et pratiqués par les peuples de l'antiquité. Ainsi le prophète Jérémie parle de se laver avec le *nitrum*, et de se purifier avec une grande abondance d'herbe de borith (chap. II, v. 22). Malachie s'écrie en prédisant le Messie : « Et qui pourra subsister quand il paraîtra ? car il sera comme le feu de celui qui raffine et comme l'herbe des foulons. » (Chap. III, v. 2.)

Or, il paraît indubitable que le *nitrum* n'est autre chose que le *natrum*, en français natron (sesqui-carbonate de soude), qui nous vient des plaines qui bordent la mer Noire, et de celles qui entourent la mer Caspienne, de la Perse, de l'Arabie, de l'Inde, du Thibet, de la Chine, de la Sibérie, et principalement d'Égypte, où on l'emploie depuis un temps immémorial pour remplacer le savon (voir l'*Encyclopédie méthodique*, art. Natrum).

À l'égard de l'herbe de borith de Jérémie, les meilleurs interprètes pensent que cette plante est la même que l'herbe des foulons de Malachie. Du reste, les propriétés de ces deux plantes sont identiquement les mêmes, et les descriptions qu'en donnent tous les auteurs de l'antiquité, les annoncent comme des herbes dont on se servait alors pour dégraisser et blanchir les laines (1). C'est la même plante appelée *struthion* par les Grecs (Pline, liv. XXIV, sect. 48), en latin *radicula* ou *herba lanaria* (Pline, liv. XIX, sect. 48). Les anciens peuples de l'Arabie l'ont nommée *herba fullonum* (herbe des foulons) ; les modernes l'appellent, dit Leonarth Fouch (2), *saponaria* (saponaire) (3), parce qu'ils s'en servent comme de savon pour ôter les taches des robes et pour dégraisser les laines (Dioscoride, liv. II, chap. 493).

Pline indique l'emploi de la craie pour dégraisser les vêtements. « On estimait, dit-il, surtout la craie de Thessalie ; on en trouve en Lycie, dans les environs de Buton. La cimolie sert aussi pour le dégraissage des vêtements. Celle qu'on apporte de Sardaigne, et qu'on nomme ainsi sarde, n'est bonne que pour les tissus blancs, et n'est d'aucun usage pour ceux de couleur ; c'est la moins estimée des cimolies. Celle qu'on tire de l'Ombrie, et qu'on nomme cimolie en pierre, vaut mieux. Cette dernière a ceci de particulier, qu'elle grossit en se macérant. Elle se vend au poids, la sarde à la mesure. La cimolie d'Ombrie n'est employée qu'à lisser les tissus. »

Il ajoute sur le blanchiment des laines par le soufre :

(1) Dans l'empire romain, on nommait *candidati* les individus qui aspiraient aux emplois publics ; ce nom leur fut donné à cause de la robe blanche qu'ils portaient, et que l'industrie du foulon avait rendue éclatante ; car le blanc était la couleur favorite des Romains opulents, malgré les prohibitions prononcées par les anciennes lois (Tite-Live, liv. IV, p. 25).

(2) Commentaires sur les plantes connues des anciens, 1349.

(3) Pourtant M. Jaubert, qui amena les chèvres du Thibet ou de Cachemire en France vers le commencement de ce siècle, rapporta d'Asie, comme une nouveauté, cette herbe connue sous le nom de *ischkar*, ou saponaire d'Orient, et presque tous les dégraisseurs s'en servent aujourd'hui pour nettoyer les châles.

« Nous ne dédaignons pas d'entrer dans ces détails parce qu'il existe une loi *metelia*, relative aux foulons, proposée à la sanction du peuple par les censeurs Flaminus et L. Emilius, tant nos ancêtres mettaient de soins à tout. Voici comment on procède : d'abord on lave l'étoffe à l'aide de la sarde, on l'expose à la fumigation du soufre, On fait tomber le premier enduit avec la vraie cimolie ; la fausse se reconnaît à ce qu'elle noircit et se décompose par l'action du soufre. La vraie cimolie rend plus tendres et plus gaies les belles et riches couleurs que semblaient avoir ternies le soufre. Pour les étoffes blanches, on fait succéder au soufre la pierre cimolienne (4), qui est ennemie des couleurs. À la cimolie, les Grecs substituent le gypse de Tymphée. » (Pline, liv. XXXV, sect. 57.)

On peut donc dire avec quelque exactitude aujourd'hui, que si les anciens ne connaissaient pas le savon pour nettoyer et blanchir leurs vêtements, ils y suppléaient parfaitement au moyen de différentes sortes de terres et de plantes saponneuses (2).

Au résumé, on remarque que si le savon blanchit fort bien les tissus blancs, il altère aussi plus ou moins les tissus colorés ; le savon décreuse, creuse et vrille très souvent les étoffes de laine et de soie, à cause de l'alcali qu'il contient et qui agit sur les filaments en les dissolvant ; il les rend certainement moins souples et moins brillants qu'ils ne le sont après le nettoyage par la saponaire, à la manière des Grecs et des Persans (3). En effet, la décoction de la racine de cette plante contient une partie mucilagineuse qui adhère aux tissus, et suffit ainsi pour leur donner de l'éclat, voire même de la souplesse et de la solidité.

Maintenant, revenons à la description des procédés actuels du dégraissage, et résumons d'abord les connaissances qu'exige cette profession, qui, suivant l'expression du savant Chaptal, est entièrement basée sur la chimie.

L'art du détacheur ou dégraisseur suppose :

1° La connaissance des divers corps qui peuvent tacher une étoffe ;

2° La connaissance des substances auxquelles il faut recourir, pour dissoudre et enlever les corps étrangers déposés sur l'étoffe ;

3° La connaissance des couleurs simples et composées, et leurs manières de se comporter avec les divers réactifs dont on fait choix pour dissoudre la nature de la tache ;

4° La connaissance de l'étoffe, et de la manière dont elle est affectée par les substances dont on peut se servir pour enlever les taches ;

5° L'art de rétablir une couleur altérée, ou de ramener des nuances affaiblies et inégales à une couleur uniforme.

Ce résumé nous indique naturellement la classification que nous devons observer dans nos explications.

Nature et propriétés des corps qui peuvent tacher et altérer les étoffes blanches ou colorées. Les corps qui ta-

(4) M. Ajasson de Gransague, traducteur de Pline, dit dans une note que « la cimolie ou cimolithe a été confondue jadis avec l'argile smectique ou terre à foulon. C'est autre chose ; tenace, difficile à pulvériser, schisteuse quand elle est sèche, elle forme avec l'eau, quand on la délaie avec elle dans le rapport de 6 à 45, une espèce de crème qui sert à blanchir. Du reste, dit Tournefort, ce blanchissage est sale. »

Il résulterait donc de la description de ces propriétés que la pierre cimolienne, ou pierre de Cimole, l'une des trois Cyclades, serait tout simplement la soude crayeuse ou *natron*, que l'on a confondu pendant longtemps avec le carbonate de soude ordinaire. (Voir la Chimie de M. Dumas, t. II, p. 353.

(2) Voir Gognet, *Origines des lois des arts et des sciences*, 6^e édition, 1820, t. I, p. 450.

(3) L'effet de la saponaire est connu depuis longtemps, car Pline nous dit que la résine de cette plante a la vertu de donner aux laines un blancheur et un moelleux surprenants. (Livre 49, section 18.)

chent et altèrent le plus ordinairement la couleur des étoffes, sont : la pluie, l'humidité, les acides, les alcalis, les sucres de certains végétaux, les productions qui contiennent beaucoup d'acide, les sucres astringents, l'urine, la sueur, le sang, le vin, la bière, le cidre, le poiré, les décoctions d'herbes et de fruits, le café, le thé, le chocolat, les sirops, les confitures, les sucres de mûres, de cassia, de merises, les liqueurs spiritueuses, l'absinthe verte, l'huile de rose et autres, le ratafia, les compositions ferrugineuses, les huiles comestibles et à brûler, la graisse, le suif, la pommade, le beurre, la sauce de nos aliments, le bouillon, le vernis, la peinture, les résines, les gommés-résines, le bitume, les encres d'imprimerie, la cire, la bougie stéarique, l'encre, la rouille, le cambouis, la suie, les dégoutures de tuyaux de poêle et la fumée, etc.

Mais toutes ces substances, qui varient beaucoup dans leurs principes, agissent différemment sur les étoffes blanches et teintes. Dès lors, pour parvenir à reconnaître sûrement la nature des taches posées sur un tissu, il faut étudier d'abord la composition chimique des corps qui les ont produites, et la manière dont ceux-ci se comportent avec l'étoffe; ensuite, il faut bien connaître les propriétés des agents qu'il convient d'employer pour enlever telle ou telle tache sur un tissu quelconque, sans en altérer le blanc ou la couleur.

D'après cela, on peut se convaincre, comme le dit fort bien Chaptal, « que tous les problèmes que le dégraisseur a pour but de résoudre, sont presque constamment des problèmes de chimie compliqués et très difficiles. »

Quoi qu'il en soit, il est toujours facile au dégraisseur d'atteindre le but proposé; car la science lui fournit d'utiles renseignements et les moyens sûrs, ou à peu près sûrs, d'opérer.

En résumé, nous allons énumérer rapidement les renseignements scientifiques, afin d'éclairer la marche de la pratique.

L'eau qui tombe goutte par goutte sur certaines étoffes neuves dissout les substances gommeuses, gélatineuses ou autres, qui ont servi à les apprêter. Le lustre disparaît par place, et la surface de l'étoffe présente de petites taches plus ou moins espacées entre elles, et qui paraissent d'une couleur plus foncée que celle du fond. Toutefois, pour prévenir cet accident (1), on prend la précaution de délustrer entièrement l'étoffe avant de l'employer à un usage quelconque. Cette opération, que l'on nomme décatissage, s'effectue tout simplement en appliquant, d'une manière uniforme, l'eau ou la vapeur d'eau sur la surface de l'étoffe, ou bien on expose celle-ci pendant un ou deux jours au plus dans un endroit humide.

Certaines étoffes apprêtées, principalement les soieries, lorsqu'elles restent longtemps dans un endroit humide et peu aéré, prennent des taches ou piqûres. Les taches se forment d'abord par la putréfaction du principe mucilagineux de l'apprêt ou de la soie elle-même, uni à une certaine quantité d'eau, ensuite elles se développent par la décomposition de la matière colorante appliquée sur l'étoffe. Dans ce dernier cas, les taches sont très difficiles à enlever par les procédés connus.

Les acides minéraux attaquent aisément tous les tissus sans exception, presque toujours en opérant sur eux une véritable combustion; pourtant ils n'altèrent le lin, le chanvre, et le coton, que quand ils sont concentrés.

Les acides affaiblis par l'eau changent, nuancent,

modifient, altèrent ou détruisent la plupart des couleurs dites faux teint, sur quelque étoffe que ce soit, voire même quelques couleurs réputées bon teint. *Ils rougissent les bleus végétaux en faux teint, le noir surtout, lorsqu'il entre dans sa composition du bois de Campêche et des préparations de fer, et généralement toutes les nuances obtenues sur la laine avec l'orseille et les astringents. Ils rosent le ponceau, avivent et éclaircissent le bleu indigo, le bleu de Prusse, et en partie les rouges formés par les bois de Brésil et de Fernambouc.*

Certains acides minéraux détruisent les tons clairs de l'orangé-jaune, du jaune, et du jaune-vert, et pâlisent les tons foncés de ces mêmes couleurs. Ils font passer au bleu certains verts. Ils jaunissent les brun-rouges, les violets à l'orseille, le ponceau obtenu par la garance et le fer, le bleu produit par le bois d'Inde ou de Campêche, et le sulfate de cuivre (couperose bleue).

Les acides végétaux étant généralement peu corrosifs n'altèrent ordinairement ni les étoffes ni les couleurs; mais le vinaigre, les jus de citron, de l'orange, de la groseille, de l'oseille, et certaines productions végétales qui contiennent beaucoup d'acide, donnent aux nuances obtenues par les préparations ferrugineuses et astringentes une couleur rouge-orangé. Ils n'ont pas d'action cependant sur l'indigo, sur les couleurs dans lesquelles entre le bleu de Prusse, sur le noir obtenu par les préparations ferrugineuses, et sur les violets faits avec la garance et l'indigo; mais ils altèrent sensiblement les tons foncés du bleu de Prusse obtenus sur soie et remontés par l'alcali.

Les sucres astringents, nuancent, modifient, altèrent et font virer au brun-verdâtre toutes les couleurs dans lesquelles on fait entrer les oxydes de fer.

Les alcalis caustiques désorganisent complètement les tissus de laine et de soie, en dissolvant les fils, et forment un savon en se combinant avec eux.

Les alcalis fixes et purs, surtout la potasse, la soude et la chaux, détruisent généralement presque toutes les couleurs et attaquent les étoffes de laine et de soie. Ils décolorent complètement la couleur du bleu de Prusse, teinte ou imprimée sur la laine ou la soie; mais ils n'affectent pas sensiblement les bleus indigo au pastel et tournesol.

Les alcalis modifiés avec de l'eau font tourner au violet les rouges faits au bois de Campêche ou de Fernambouc, ceux faits à la laque dont la matière colorante est d'origine végétale et montés à la cochenille. Ils jaunissent les verts obtenus sur la laine et qui ont l'indigo pour base, ainsi que toutes les couleurs composées avec les sucres astringents et les sels métalliques.

Les alcalis foncent tous les violets teints sur la laine, et les orangés-jaunes faits avec du bois de Fernambouc, en donnant à ces derniers une teinte plus rouge; ils jaunissent le ponceau fin, et font tourner l'écarlate fait à la cochenille en couleur cramoisi obscur ou lie de vin.

De tout cet exposé, il résulte donc que les acides et les alcalis apportent presque sur toutes les couleurs des altérations ou des modifications directement opposées les unes aux autres; c'est pour cela aussi que l'on dit en chimie que ces agents ont le pouvoir de se neutraliser réciproquement. Le dégraisseur, à son tour, utilise ce pouvoir, soit l'acide affaibli par l'eau pour neutraliser une tache faite par un alcali et réciproquement, soit un acide faible et même l'alcali modifié avec de l'eau pour relever et faire revivre des couleurs altérées.

Les urines récentes et chaudes, et surtout celles de certains animaux, altèrent les couleurs, comme le font les acides; elles jaunissent presque toutes les couleurs, telles que le rouge, l'écarlate, le cerise, le rose, le violet à l'orseille, le bleu, le noir, et toutes les couleurs obtenues par les décoctions astringentes et les sels ferrugineux.

(1) L'apprêt, dit anglais, n'a pas à beaucoup près cet inconvénient. Il s'obtient généralement par la compression, et à l'aide d'une douce chaleur agissant simultanément sur l'étoffe légèrement humide, ou imprégnée d'un apprêt plus ou moins insoluble.

DÉGRAISSEUR.

Les urines anciennes qui sont devenues alcalines par la formation d'une grande quantité d'ammoniaque produisent l'effet contraire.

La sueur produit le même effet que les alcalis.

Le sang fraîchement déposé sur une étoffe blanche est d'une couleur rouge vif, et très reconnaissable. Peu à peu il perd cette couleur et devient d'une teinte rouge rabattu ou rouille qu'il conserve longtemps. Dans ces deux états, le sang se mêle, en toute proportion, avec l'eau pure qui le dissout entièrement.

Les décoctions d'herbes, de café, de thé, le chocolat à l'eau et au lait; les sirops, les confitures, les sucres de mûres, de cassis, de merises; les liqueurs spiritueuses, l'absinthe verte, colorée par une teinture d'indigo et de safran; les huiles de rose ou autres, qui sont colorées par la cochenille, etc.; le ratafia composé de merises, de sucre et d'alcool; le punch; le vin composé d'alcool et d'acide, la bière, le cidre, le poiré, et presque tous les composés d'herbes ou de fruits alimentaires forment des taches très reconnaissables par leurs couleurs propres, et qui masquent seulement celles des étoffes.

L'encre à écrire, formée ordinairement d'une infusion de noix de galle, de gomme ou de gélatine, et de sulfate de fer (voyez ENCRE), attaque certaines couleurs en les teignant en noir plus ou moins intense.

La rouille, qui n'est autre chose que du fer plus ou moins oxydé, se fixe facilement sur les tissus, et avec une telle adhésion, qu'aucun moyen mécanique ne saurait la séparer. Les étoffes de lin, de chanvre et de coton sont les plus sujettes à prendre la rouille, parce qu'étant plus faciles à être monillées, elles ont ainsi plus d'affinité pour le fer lorsqu'il passe à l'état de rouille ou d'oxyde. C'est pour cette raison qu'il convient de bien garantir ces étoffes du contact du fer.

Le cambouis, qui est un mélange de vieille graisse et d'oxyde de fer avec d'autres substances, que nous étudierons à l'article GRAISSE DE VOITURE, masque et affecte légèrement la couleur d'étoffe qui prend une teinte plus foncée et moins vive.

Les boues des grandes villes et des routes très fréquentées, celles des fossés, des égouts, ruisseaux, mares et étangs, dans certaines localités, produisent très souvent le même effet que la rouille et le cambouis; en effet, elles sont sujettes à retenir des terres colorées, des débris de matières végétales, animales et ferrugineuses; et dans ces divers cas, elles prennent des nuances très variées qui forment sur les étoffes des taches diversement colorées.

La suie, les dégoutures de tuyaux de poêle et principalement la fumée, déposent sur les étoffes une teinte jaune-verdâtre, souvent très brune, due à de l'acide pyrolytique qui est un véritable vinaigre, lequel tient en dissolution plusieurs sels, une substance résineuse, et de l'oxyde de fer qui adhère fortement au tissu.

Les corps huileux et gras donnent d'abord aux couleurs de l'étoffe sur laquelle ils sont posés des nuances plus foncées; ils s'étendent beaucoup pendant plusieurs jours, surtout quand ils sont soumis à l'action de la chaleur. L'huile d'éclairage épurée altère souvent les couleurs à cause de l'acide sulfurique qu'elle contient toujours ou presque toujours.

Les corps gras attirent et retiennent fortement la poussière que le simple frottement de la brosse ne saurait enlever; dans cet état, les taches prennent indistinctement une nuance gris sale qui tranche avec celle de l'étoffe. Le beurre, le bouillon, la sauce de nos aliments qui retiennent toujours une certaine quantité de corps gras, produisent sur les tissus des effets analogues, quoique à un degré bien moindre.

Le vernis, la peinture à l'huile cuite, l'encre grasse d'imprimerie, la cire, la bougie stéarique, les résines, le bitume, le goudron, la poix jaune, sont très faciles à

DÉGRAISSEUR.

distinguer. Ces substances, d'ailleurs, ne font que couvrir et adhérer plus ou moins avec l'étoffe en se figeant sur elles; cet effet à presque toujours lieu ainsi, car ces produits tombent ordinairement sur l'étoffe sans être liquides, mais dans un premier degré de fusion et de solidité.

SUBSTANCES ET RÉACTIFS CONVÉNABLES POUR ENLEVER LES TACHES (1). — L'eau pure, froide ou chaude, ou saturée d'acides est destinée à laver ou rincer les étoffes, afin de les débarrasser de tous les corps étrangers et neutres qui couvrent la couleur (voyez BLANCHISSAGE).

La vapeur d'eau, qui a la propriété d'amollir les matières grasses et de faciliter ainsi leur dissolution par les réactifs.

L'acide sulfurique qui peut être employé dans certains cas, particulièrement pour aviver et rehausser les couleurs verte, rouge, jaune, etc.; mais il faut l'étendre au moins de cent fois son poids d'eau et augmenter cette dose suivant la délicatesse des nuances.

L'acide hydro-chlorique. On s'en sert avec succès pour enlever les taches d'encre et de rouille sur une grande quantité de couleurs qu'il n'altère pas sensiblement.

L'acide sulfureux. Il ne s'emploie que pour blanchir les étoffes non teintées, les chapeaux de paille, etc., et pour enlever les taches de certains fruits sur des étoffes de laine ou de soie blanche; on se sert aussi, pour cet objet, du gaz sulfureux, mais l'acide sulfureux liquide est moins dangereux.

L'acide oxalique. Son emploi est d'enlever les taches de rouille, d'encre et celles produites par les dissolutions ferrugineuses, ainsi que le reste de la tache de cambouis ou de boue qui a résisté au dégraissage par les autres agents. On peut aussi l'employer pour détruire les taches de fruits et de sucres astringents, les taches de l'urine qui a vieilli sur une étoffe, etc. Toutefois on ne peut s'en servir que sur les tissus non teintés, car il attaque les couleurs faux teint, et les nuances bon teint et claires. La meilleure manière de l'employer est de le dissoudre dans l'eau froide, quelquefois dans l'eau tiède, et de le laisser reposer un instant sur la tache avant de la frotter avec la main.

L'acide citrique est destiné à faire revivre et rehausser certaines couleurs, particulièrement le vert et le jaune; il détruit l'influence des alcalis, et les rosures sur l'écarlate (2).

À son défaut, l'acide acétique (ou vinaigre rectifié), peut être employé.

L'alcali volatil (ou ammoniaque liquide). C'est l'agent le plus énergique et le plus utile que l'on puisse employer pour dégraisser les étoffes, les chapeaux de soie et pour neutraliser promptement les effets des acides; dans ce dernier cas, il suffit souvent d'exposer les taches à la vapeur de cet alcali qui les fait disparaître entièrement. Tous les fripiers s'en servent journellement pour dégraisser et remettre à neuf les vieux habits.

L'ammoniaque fait tourner au violet toutes les couleurs faites à la cochenille, avec le bois de Brésil ou de Campêche, à la laque et montées à la cochenille. Il ne détériore pas les étoffes de soie, mais il attaque sensiblement les étoffes de laine à une température élevée.

On s'en sert aussi pour rétablir la couleur noire sur la soie qui a été endommagée par l'humidité.

La soude et la potasse ne sont employées que pour

(1) Il est bien entendu que tous les réactifs, à l'exception des huiles essentielles, doivent être étendus d'une suffisante quantité d'eau, afin que leur action ne soit pas trop énergique sur les tissus, et ne puisse endommager l'étoffe ou la couleur.

(2) En teinture on désigne par rosures les teintes ou taches rouges, cramoisies ou bleuâtres que prend l'écarlate.

DÉGRAISSEUR.

nettoyer les étoffes blanches de lin, de chanvre et de coton, car ces alcalis attaquent les couleurs, voire même la ténacité et la souplesse de la laine et de la soie elle-même. Par la même raison, le savon blanc n'est employé convenablement que pour nettoyer les étoffes de laine blanches.

Le carbonate de soude sert pour dégraisser les chapeaux de soie altérés par la sueur.

Le savon marbré est bon pour le dégraissage des grosses étoffes de laine et de coton, telles que les couvertures qui ne sont pas soumises au frottement et à l'usage; pour ces sortes d'étoffes qui n'exigent pas une grande souplesse ni une grande douceur au toucher, on peut encore augmenter l'action du savon par une petite addition de potasse.

Le savon vert, dit savon gras à la potasse, peut s'employer avec succès en dissolution avec de la gomme arabique ou d'autres matières mucilagineuses pour le dégraissage des étoffes de couleur et principalement des étoffes de soie unies; on doit même préférer cette composition au savon blanc ou marbré, parce qu'elle enlève plus facilement les taches, et qu'elle attaque beaucoup moins les couleurs.

Essence de savon (voyez, pour sa composition, ESSENCE). On s'en sert comme du savon ordinaire.

Poudre de savon, principalement employée pour nettoyer les gants d'agneau et de chevreau; on la trouve toute préparée chez les parfumeurs praticiens.

Bain de savon, pour opérer le lavage à fond des étoffes blanches et en bon teint. On le prépare en coupant du savon par tranches minces que l'on fait dissoudre dans l'eau à la température de l'ébullition, ensuite on le conserve dans un vase de terre ou dans un baquet en bois.

La bile amère ou fiel de bœuf, que l'on vend chez tous les marchands bouchers et tripiers, dans une espèce de poche membraneuse, est un composé de picromel, de résine, de soude et d'autres matières, qui a la propriété de dissoudre la plupart des corps gras peu résistants sans altérer ni les étoffes, ni les couleurs; aussi les dégraisseurs s'en servent-ils préférablement au savon pour le dégraissage des étoffes de laine. On ne doit pas l'employer pour le nettoyage des étoffes de nuances claires et délicates qu'il ternit, en leur donnant une teinte d'un jaune-verdâtre et parfois d'un vert foncé. On le mélange aussi avec d'autres matières, de l'essence de térébenthine, de l'alcool, du miel, des jaunes d'œufs, de l'argile, etc.; et dans cet état on en fait usage pour dégraisser les étoffes de soie unie.

Mais le fiel doit être très frais pour produire un effet satisfaisant, et le moyen le plus simple pour le conserver est sans contredit celui qui a été indiqué par Dioscoride (liv. II, chap. 70), qui vivait vers le commencement de l'ère chrétienne, sous Néron.

On lie fortement avec une ficelle le col de l'enveloppe membraneuse qui renferme le fiel; puis on met cette enveloppe dans l'eau bouillante pendant quelque temps. Cela fait, on la retire dehors et on la sèche à l'ombre. Au résumé, c'est par des procédés basés sur le même principe que l'on prépare et conserve très bien aujourd'hui les substances alimentaires.

Le jaune d'œuf possède à peu près les mêmes propriétés que le fiel de bœuf, mais il est d'un emploi plus coûteux. Il faut aussi l'employer le plus frais possible, car il perd son efficacité en vieillissant.

Quelquefois pour donner une action plus énergique au jaune d'œuf, on le mélange avec de l'essence de térébenthine, par volume égal, et on l'emploie en le chauffant à la température de l'eau tiède.

Les huiles volatiles ou essentielles rectifiées, telles que celles de térébenthine, de citron, de lavande et de bergamotte, enlèvent facilement les taches d'huile, de graisse, de résine, goudron, poix, bitume, etc., sur une

DÉGRAISSEUR

étouffe propre; mais on ne les emploie pas pour dégraisser à fond les étoffes salies par l'usage. Du reste, de toutes les essences connues, celle de térébenthine est encore la meilleure et la plus économique que l'on puisse employer aujourd'hui. Elle a pourtant l'inconvénient grave de répandre une odeur forte et désagréable qui reste longtemps dans les étoffes; mais on peut la faire disparaître entièrement en exposant les étoffes infectées à l'action simultanée de deux courants, l'un de vapeur d'eau et l'autre d'air sec (1).

L'essence de térébenthine doit être employée seule et sans aucun mélange, soit d'essence, soit d'alcool ou d'eau, et sur une étoffe non mouillée; car elle perdrait alors toute sa supériorité et son énergie. De plus, elle doit être dégagée de sa partie grasse, qui fournirait infailliblement un cerne autour de la tache mouillée.

L'alcool rectifié dissout facilement la cire, le suif à l'état concret, la bougie stéarique, et toutes les matières résineuses déposées superficiellement sur une étoffe quelconque. Il peut enlever les taches de vernis, de peinture, de poix, de goudron, sur des étoffes de laine tirées à poils, et quelquefois même sur des tissus lissés qui n'ont pas été pénétrés.

L'alcool peut être mélangé avec plusieurs agents de dégraissage, tels que le fiel de bœuf, les jaunes d'œufs, soit pour les conserver, soit pour leur donner plus d'énergie et de force de pénétration.

Terres grasses et absorbantes (argile, terre à foulon, terre de pipe, plâtre, cendres tamisées). On emploie ces terres pour enlever les corps gras et de dessus les étoffes, mais il faut s'en servir avec discernement, selon l'espèce de tissu et la nature des couleurs.

Ainsi pour les étoffes blanches on se sert de plâtre en poudre, et pour les étoffes teintes on se sert de terre grasse en poudre, ou de terre de pipe, ou de cendres.

La craie et la céruse du commerce ont la propriété de nettoyer parfaitement les étoffes de laine claires, le satin blanc, les tapisseries, etc. On les réduit en poudre très fine, et on en saupoudre l'étoffe bien tendue qu'on frotte avec une brosse de flanelle. Ceci fait, on bat l'étoffe avec précaution pour enlever la poudre superflue.

Saponaire. C'est avec la décoction alcaline des feuilles, des fleurs, et de la racine de cette plante qu'on nettoie et dégraisse parfaitement les étoffes de laine et de cachemire, en leur laissant toutefois une teinte jaunâtre qu'on enlève par un lavage à l'eau saturée de quelques gouttes d'acide citrique ou acétique.

Sel de tartre (sous-carbonate de potasse). Ce sel dissout et enlève avec facilité tous les corps gras; mais on ne doit l'employer que sur les draps bleus, noirs, gris, verts foncés, et généralement sur toutes les étoffes de couleurs réputées bon teint. Par pure précaution, on neutralise encore son action par l'ammoniaque liquide.

Sel d'oseille (bi-oxalate de potasse). Il dissout les oxydes métalliques; aussi est-il employé avec quelque avantage pour enlever les taches d'encre, de rouille, etc., surtout lorsqu'on le mélange avec une partie d'étain pur.

L'eau de Javelle (chlorure de potasse) ne doit être employée que sur les étoffes de chanvre, de lin et de coton non teintes, soit pour les blanchir, soit pour enlever certaines taches de fruits.

La crème de tartre (bi-tartrate de potasse) est bonne pour enlever les taches formées par les compositions où il entre quelques particules d'oxyde de fer, comme, par exemple, les taches de cambouis qui résistent après avoir été frottées avec de l'essence de térébenthine, les taches produites par la rouille et même par la boue. Du reste, elle n'agit pas aussi promptement que le sel d'oseille ou l'acide oxalique qui doit être préféré.

(1) On enlève aussi toute l'odeur en trempant l'étoffe dans l'alcool.

DEGRAISSEUR.

La *dissolution d'étain* est destinée à combattre les effets des alcalis sur les couleurs ponceau et écarlate, ainsi qu'à enlever les taches d'urine sur tous les vêtements de laine en bon toint. Cette composition détruit les *rosures* sur l'écarlate, et les taches occasionnées par les sucs astringents sur la couleur ponceau.

Compositions polychrestes, dites à détacher. Recette indiquée, par Chaptal et recommandée par lui comme étant la meilleure. On dissout du bon savon blanc dans de l'alcool, on broie le mélange avec 4 ou 5 jaunes d'œufs, en y ajoutant peu à peu de l'essence de térébenthine. Dès que la pâte est unie, on y incorpore de la terre à foulon très divisée, pour donner au tout une consistance convenable et en former des savonnettes.

Lorsqu'on veut faire usage de cette composition, on humecte l'étoffe avec de l'eau et l'on frotte dessus avec la savonnette pour en dissoudre une partie; alors, à l'aide de la main, d'une éponge ou d'une brosse, on l'agite fortement pour la faire pénétrer, on l'étend, et peu de temps après on lave l'étoffe pour enlever la dernière trace de ce savon (1).

Nous n'avons point classé un nombre des substances convenables pour le dégraissage des étoffes les infusions de marron d'Inde, de thé, de tabac, les colles végétales de féculs de pomme de terre, d'amidon, de farines de riz, de seigle, etc., les bains de son, l'eau dans laquelle on a fait bouillir des haricots, et beaucoup d'autres liquides mucilagineux et amilacés que l'on a vantés et préconisés comme des moyens détersifs, et qui n'ont d'autre mérite à notre avis que celui de diviser les agents dissolvants, et de faciliter ainsi leur action sur les étoffes.

Nous n'avons pas parlé non plus de l'usage très répandu d'enlever les corps gras en les volatilissant à l'aide d'un charbon ardent, ou en les absorbant par la chaleur d'un fer chaud, au moyen d'un papier non collé. Ces deux moyens ne font que dissimuler momentanément les taches de graisse qui reparaissent quelques jours après avec plus d'étendue.

OUTILS, MACHINES ET USTENSILES NÉCESSAIRES AU DEGRAISSEUR. *Table de travail dite à détacher,* de 2 mètres de longueur sur 4 mètre de largeur, légèrement en pente pour faciliter l'écoulement des eaux de lavage. Pour opérer avec plus de propreté et pour éviter de répandre de l'eau sur le plancher, on ajoute un petit cheneau en fer blanc ou en zinc en bas de la pente de la table. Le cheneau reçoit les eaux de lavage et les conduit dans un baquet placé au-dessous.

Autre petite table dite de réserve, et, à son défaut, une simple tablette placée horizontalement à l'extrémité de la table de travail, et à la portée du dégraisseur. On pose sur cette tablette les différentes étoffes nécessaires au dégraissage, les compositions à détacher, etc.

Un *baquet* avec un fouloir qui n'est autre qu'une planche cannelée en lignes horizontales, sur laquelle on frotte les étoffes pour enlever les salissures.

Générateur à vapeur. Comme nous l'avons dit déjà, l'emploi de la vapeur est nécessaire pour amollir les taches huileuses et grasses sur quelque étoffe que ce

(1) On vend aussi chez les droguistes et chez les parfumeurs à Paris un *savon chimique* ou à détacher, que l'on peut composer soi-même. Prenez : 50 grammes de terre à foulon mise en poudre; humectez-la avec un peu d'essence de térébenthine ou mieux de lavande; prenez ensuite 50 grammes de sous-carbonate de potasse pur; 50 grammes de la meilleure potasse du commerce; faites du tout une pâte en ajoutant un peu de savon gras, formez-en de petits pains carrés ou ronds, et conservez pour l'usage.

Mais cette composition ne convient que pour dégraisser les fortes étoffes de laine et les draps dont les couleurs ne sont pas altérées par les alcalis; du reste on l'emploie d'après la méthode indiquée par Chaptal.

DEGRAISSEUR.

soit, pour relever et lustrer le velours altéré, et particulièrement pour fixer les couleurs appliquées sur les étoffes, soit par l'impression, soit à l'aide de pinceaux courts. Voyez IMPRESSION.

Machine à sécher les tissus, telle que l'hydro-extracteur de Pentzold, ou toute autre machine fondée sur le même principe. Cette machine a la propriété de retirer l'eau des étoffes en quelques minutes, par l'action de la force centrifuge, sans les soumettre à la pression et sans les tordre à force de bras. Voyez SÉCHOIR, SÉCHAGE.

A défaut de machine à sécher, on peut employer avec quelque succès un *sac à tordre les étoffes.* C'est tout simplement une espèce de filet ou hamac en canevass de fil ou de coton, armé à chaque extrémité d'une suite d'anneaux de métal dans lesquels on passe un bâton ou lisseur. On place les étoffes mouillées dans le sac, puis deux personnes tordent les bâtons en sens inverse à force de bras. A l'aide de ce moyen bien simple et surtout très économique, on évite jusqu'à un certain point de déplacer, d'allonger, de désorganiser et de déchirer même les tissus.

Chambre bien aérée pour faire sécher les étoffes, et dans laquelle on allume, en hiver et pendant les saisons pluvieuses, un calorifère à air chaud (voyez CHAUFFAGE) pour enlever plus promptement l'humidité encore retenue dans les tissus, lors même que ceux-ci ont été soumis à la machine à sécher ou tordus dans un filet. Le mode de séchage à l'air chaud ou l'air libre doit être très prompt, afin que l'humidité n'ait pas le temps d'en altérer les couleurs, et surtout celles des châles, des broderies et des tapisseries qui pourraient se dissoudre et se répandre les unes sur les autres.

Cadres, rames ou châssis de plusieurs grandeurs garnis d'une étoffe verte et bien tendue sur les quatre côtés. On tend et attache les étoffes un peu humides sur ces châssis avec des épingles, afin de les faire sécher et de leur donner ainsi l'apprêt et le lustre convenables, que l'on augmente au besoin par la compression et le frottement d'un outil convenable.

Presse cylindrique ou calandre, presse à vis verticale, qui est destinée à apprêter les étoffes, tissus de laine et de coton, tels que les casimirs, les mérinos, les châles brochés, les indiennes, calcicots, etc.

Un *métier à lustrer.* Voyez LUSTRAGE.

Étuve pour faire le soufrage des étoffes qui ont besoin d'être passées à l'action du gaz acide sulfureux. Cette étuve peut être construite, comme une grande caisse, en planches de sapin du Nord, dont les planches soient bien assemblées, afin que la vapeur ne puisse pas s'échapper. On place des bâtons de bois blanc ou mieux des cylindres en verre (1) de distance en distance pour supporter les étoffes. Mais, pour que la flamme du soufre n'endommage pas les étoffes, on place une plaque de faïence un peu élevée au-dessus du vase. Des *seaux* et des *cuviers* pour faire les rinçages.

Un *battoir en bois* pour battre les grosses étoffes en les nettoyant, des *brosses* en poils de sanglier, chien-dent et en flanelle. Plusieurs cerceaux attachés par le milieu avec une petite ficelle pour suspendre les étoffes, afin de les faire sécher; des *fers* à repasser, etc.

Précautions à prendre avant de commencer le dégraissage. On doit toujours commencer par examiner la nature de la tache, l'espèce de l'étoffe, et le genre des couleurs qui y sont posées, afin de choisir l'agent convenable à employer. Généralement le coup d'œil et le plus ou moins de connaissance qu'on a de l'effet des corps sur les étoffes suffisent pour éclairer dans la pra-

(1) Les cylindres de verre ont l'avantage de ne point altérer les étoffes, comme pourraient le faire les bâtons de bois qui attirent et retiennent les matières colorantes.

tique. Mais, le plus souvent, cet examen devient difficile, eu égard à la complication des matières qui forment les taches, et à la variété infinie des couleurs qui, quoique les mêmes en apparence, se comportent différemment avec les réactifs. Dans tout état de choses, il faut essayer d'abord l'effet des réactifs sur une petite partie des tissus, pour connaître l'espèce des couleurs et leur degré de solidité ou d'altérabilité. On éprouve ensuite la nature des taches qu'on veut enlever, en n'employant toutefois que les agents qui ne peuvent point altérer les étoffes qui les reçoivent. Sur ce dernier point, la science détermine le choix forcé de tel ou tel agent, et ne laisse presque aucune latitude à la fantaisie. Mais, nous le répétons, tous les réactifs, à l'exception de l'essence de térébenthine, de l'alcool, doivent être modifiés et mélangés avec une certaine quantité d'eau que l'on augmente encore, suivant l'altérabilité et la délicatesse des couleurs.

On bat l'étoffe avec une baguette, et on la brosse avec la plus grande attention pour ôter toute la poussière; puis on l'expose à l'action de la vapeur d'eau pour faire ressortir et amollir les taches. Le plus grand nombre des teinturiers passent de l'eau chaude sur toute l'étoffe et brossent avec force pour enlever les corps solubles dans l'eau. Mais cette pratique nous paraît offrir trois inconvénients :

- 1° De détériorer l'étoffe par le frottement ;
- 2° De faire décharger les couleurs et les corps étrangers dans l'étoffe ;
- 3° D'exiger beaucoup de temps.

Enfin, on marque toutes les taches avec de la craie pour les reconnaître. Cela fait, on commence à enlever les taches partielles avant de mouiller l'étoffe entièrement. Nous recommandons d'en agir ainsi toutes les fois qu'il s'agit de nettoyer, de remettre à neuf une étoffe quelconque; car autrement les taches reparaitraient.

MOYENS CONNUS D'ENLEVER LES TACHES (1).

Manière de remettre partiellement le glacé des étoffes altérées par des gouttes d'eau. Toutes les fois qu'on ne peut repasser l'étoffe à la machine à lustrer, on la tend sur une table en l'attachant avec des épingles, de manière à ne pas l'endommager; on mouille légèrement l'endroit déglacé avec une petite éponge, puis on met un papier doublé sur un fer à repasser chaud, excepté à l'endroit réservé pour repasser la tache. Si la tache est fort petite, on se borne à faire chauffer le bout d'un fer à gaufrer ou à papilloter, et on le pose perpendiculairement sur l'endroit mouillé.

Les piqûres récentes produites par l'humidité sur les étoffes de soie, s'enlèvent en enroulant l'étoffe dans un linge de calicot blanc, légèrement mouillé, et l'exposant ainsi pendant 2½ heures dans un endroit humide.

Procédé pour laver la flanelle sans qu'elle jaunisse. On met dans un bain de savon blanc chaud de la gomme arabique en poudre ou de la dextrine, en quantité suffisante pour le rendre visqueux; on lave soigneusement la flanelle avec ce liquide, comme on le pratique avec le savon, et l'on rince ensuite dans l'eau claire; on renouvelle même au besoin cette opération deux ou trois fois. La décoction de la saponaire produit aussi un très bon effet. Du reste, il est nécessaire de passer la flanelle au soufrage pour lui conserver sa blancheur et toutes ses propriétés hygiéniques.

Taches récentes d'acides minéraux. On peut neutrali-

ser immédiatement leur effet par l'ammoniaque étendu dans une suffisante quantité d'eau, voire même par la vapeur seule de cet alcali; mais il est des cas où cette opération est insuffisante et inutile. Ainsi, lorsque l'acide a vieilli sur l'étoffe, que la couleur est détruite entièrement, il faut avoir recours à la teinture.

Les taches de tabac, d'herbes, de bière, de cidre, de poiré; les taches de suc de framboise, de fraise, de cerise, de groseille, sur les étoffes non teintes, disparaissent complètement par un lavage à l'eau et au savon; mais pour détruire les dernières taches sur les étoffes teintes, on mélange dans un verre d'eau 10 à 12 gouttes d'acide sulfurique, on les imbibe au moyen de quelques gouttes qu'on y répand avec le doigt; après quoi on lave bien les taches pour enlever tout l'acide qui, malgré sa faiblesse, pourrait produire une altération sur les couleurs des étoffes.

Taches de liqueurs. On commence par rafraîchir la tache autant que possible par la même liqueur qui la produit; et aussitôt cette opération faite, on imbibe la tache avec de l'eau pure, on frotte légèrement et avec soin; si elle résiste, et si la couleur le permet, on a recours à l'acide hydrochlorique ou citrique et à l'alcali pour neutraliser (4). On pourrait même employer avec succès l'alcool.

Sur des tissus blancs, les taches de liqueurs disparaissent complètement en employant successivement un lavage à l'eau de savon et le gaz acide sulfureux.

Taches de café et de chocolat. Le café et le chocolat préparés au lait forment des taches très apparentes et plus faciles à enlever que lorsqu'ils sont préparés à l'eau. Le lavage à l'eau d'abord, et ensuite au savon suffit pour les détruire, mais il peut affecter les couleurs. Alors pour agir avec plus de prudence on se sert du jaune d'œuf que l'on tiédit avec un peu d'eau chaude. On emploie cette composition comme un savonnage. Si les taches résistaient à plusieurs lavages, on pourrait y ajouter quelques gouttes d'alcool, en frottant légèrement avec un pinceau en poils de sanglier coupés courts.

Taches d'encre sur des étoffes teintes. Lorsque ces taches sont récentes, il suffit de les laver à l'eau et de les savonner, afin de séparer les substances végétales. On enlève ensuite l'oxyde de fer qui forme l'empreinte de la tache en le mouillant avec de l'acide sulfurique ou hydrochlorique très affaibli par l'eau, que l'on prend dans une pipette en verre. Quand les taches sont anciennes, il faut que l'acide soit plus fort (4 parties d'acide et 10 à 12 parties d'eau environ) (2).

Sur les étoffes blanches de lin et de coton l'acide oxalique produit de très bons effets; il en est de même du sel d'oseille en poudre mêlé avec du sel d'étain.

Taches de rouille. On les fait disparaître sur les étoffes non colorées au moyen de l'acide oxalique en poudre que l'on place dessus après les avoir mouillées, et que l'on a soin de frotter ensuite avec la main. On se sert de l'acide hydrochlorique mélangé avec de l'eau pour enlever la rouille sur les tissus colorés. Si la tache est petite, pour ne pas étendre l'acide au-delà des bornes, on l'emploie avec une pipette en verre, ou simplement avec un morceau de jonc taillé en pointe. On gratte légèrement la tache avec le morceau de jonc que l'on trempe alternativement dans l'acide jusqu'à ce que la tache soit enlevée. Mais il est des cas où la tache est fort difficile à enlever, aussi vaut-il mieux y renoncer que d'attaquer la couleur du tissu.

On peut encore employer avec succès la crème de tartre qui attaque bien moins les couleurs que les aci-

(1) La plupart de ces moyens sont extraits des manuels publiés par Chaptal, Hommassel, Julia de Fontenelle, Lemonand, Voynant et Vergnaud, mais nous avons ajouté les indications positives que l'expérience et la pratique nous ont suggérées.

(1) On emploie l'alcali avant l'acide, surtout pour agir sur les taches de fruits, de vin, etc.

(2) On enlève encore par le sel d'oseille mêlé avec une partie d'étain.

DÉGRAISSEUR.

des oxalique et hydro-chlorique, mais qui a l'inconvénient de ne pas agir avec autant de promptitude.

Voici la manière de l'employer :

On la réduit en poudre très fine que l'on applique sur la tache et on l'humecte ensuite pour lui donner de l'action. On la laisse agir pendant 8 ou 10 minutes, puis on frotte doucement la tache entre les mains pour faire disparaître le sel, et on la lave avec soin.

Taches de cambouis. Il faut d'abord imbibber la tache avec de l'essence de térébenthine, en la frottant légèrement avec une éponge pour la faire décomposer; ensuite on la mouille de nouveau avec l'essence, et on la couvre aussitôt avec de la cendre tamisée ou de la terre de pipe en poudre. Après dix minutes ou un quart d'heure d'attente, on enlève la terre absorbante, on brosse bien la place; et si la tache n'est pas entièrement disparue, l'on recommence la même opération. Il est rare que la tache résiste à la deuxième opération, mais si elle résiste, on pourrait l'enlever avec le jaune d'œuf mélangé avec de l'essence, et lui faire subir une troisième opération.

Si la tache était ancienne, il pourrait arriver cependant que les parties ferrugineuses qu'elle contient adhèrent fortement avec l'étoffe; et dans ce cas, elles résisteraient à cette opération. Alors il faudrait bien laver la tache, et l'attaquer avec de l'acide hydrochlorique ou oxalique comme s'il s'agissait d'enlever une vieille tache d'encre.

Taches de boue dont l'eau ne suffit pas pour enlever l'empreinte. Le jaune d'œuf appliqué sur une tache de cette espèce enlève presque généralement jusqu'à la moindre trace; mais si après quelques légers frottements suivis de rinçages, la tache résistait, on pourrait employer la crème de tartre réduite en poudre, et la laisser agir pendant quelque temps après l'avoir humectée d'eau.

Quand la boue a produit quelques altérations sur les couleurs telles que sur le rouge en petit teint, et sur les écarlates à la cochenille qu'elle peut quelquefois faire virer au violet, comme le fait un alcali; on fait revivre la couleur par le secours d'un acide (citrique, acétique ou hydrochlorique).

Taches d'urine. Il est essentiel de les enlever de suite et aussitôt qu'on s'en aperçoit; et le meilleur réactif qu'on puisse employer est l'ammoniaque étendu d'eau. Quand l'urine a vieilli, et qu'elle a pris un caractère alcalin, alors si l'ammoniaque ne réussit pas pour enlever entièrement la tache, on fait dissoudre un peu d'acide oxalique dans un vase avec de l'eau en quantité suffisante pour affaiblir son action destructive. On rince bien la tache et on fait agir l'acide oxalique que l'on insuffle au moyen d'une pipette ou d'un petit bâton de jonc.

Les taches de sueur peuvent être enlevées sur quelque étoffe que ce soit par les mêmes procédés, et sur l'écarlate elles disparaissent instantanément par l'application du sel d'étain dissout dans une grande quantité d'eau.

Taches de suie, et de dégoutures de tuyaux de poêle. Il faut d'abord commencer par les imbibber avec de l'essence de térébenthine, et les frotter légèrement pour faire dissoudre une espèce d'huile empyreumatique qui tient les sels et autres matières concentrées sur l'étoffe. Ensuite on fait un mélange de cette même essence avec du jaune d'œuf en tenant le composé un peu tiède, et on le fait agir sur la tache à diverses reprises, en frottant légèrement jusqu'à ce que les opérations répétées ne produisent plus d'effet. Si la tache n'est pas parfaitement disparue, après ces deux traitements, qui auront dû enlever toutes les substances végétales, dont la tache est composée, il ne restera alors en dernier lieu qu'une nuance noirâtre formée de quelques particules de fer que l'on pourra dissiper par l'acide hydrochlorique, sur les étoffes de couleurs, et par l'acide oxalique

DÉGRAISSEUR.

ou la crème de tartre sur les étoffes blanches ou reconnues en bon teint. Quelques dégraisseurs emploient aussi des sels d'oseille et d'étain.

Taches d'huile, de graisse, de suif, etc. Toutes les taches grasses et huileuses n'exigent pour ainsi dire que le même traitement, l'essence de térébenthine pure, pour disparaître; mais les taches produites par l'huile d'éclairage épurée que contient toujours ou presque toujours, comme nous l'avons dit, une certaine quantité d'acide sulfurique, sont quelquefois difficiles, voire même impossibles à enlever, surtout quand elles ont vieilli sur les étoffes. Dans ce cas, après avoir employé l'essence de térébenthine, on emploie l'ammoniaque, et s'il n'agit pas pour faire disparaître l'empreinte de la tache, il n'y a pas d'autre remède que la teinture.

Pour enlever les taches de graisse et de suif, on les imbibbe avec une petite quantité d'essence à l'aide d'une éponge fine, ensuite on les frotte légèrement dans la main et avec promptitude. L'on mouille de nouveau avec l'essence, et l'on recouvre de suite la tache avec de la terre de pipe ou de la cendre tamisée. Après 10 minutes ou un quart d'heure, on donne un coup de brosse et la tache a entièrement disparu. Si la terre absorbante laissait quelque blancheur après l'opération, on pourrait facilement la dissiper en frottant dessus avec de la mie de pain.

Quand on redoute l'odeur de l'essence pour enlever les taches de graisse, on lui substitue l'alcool rectifié. Dans tous les cas, on peut toujours faire disparaître la mauvaise odeur de l'essence de térébenthine en soumettant l'étoffe à l'action de la vapeur d'eau ou en la lavant dans l'alcool. Or ce sont là les moyens les plus simples et les plus économiques que nous connaissons, et nous les recommandons vivement à tous les dégraisseurs, parce que nous les avons employés avec un grand succès.

Les taches de vernis, de peinture et de goudron, concentrées par les huiles qui en font la base et qui les font adhérer avec une grande ténacité sur les tissus, doivent être traitées, comme les huiles et les graisses, par l'essence de térébenthine qui dissout avec facilité l'huile. Ordinairement une seule opération suffit pour obtenir un résultat satisfaisant. Le beurre offre aussi un bon emploi pour enlever les taches de vernis et de goudron; on enlève ensuite le beurre par l'essence de térébenthine.

Les taches de résine, térébenthine, poix, cire, bougie stéarique se dissolvent parfaitement avec l'alcool rectifié. On les pénètre bien avec cette liqueur, ensuite on les frotte avec soin; mais à défaut d'alcool, on peut prendre de l'essence de térébenthine, de lavande, de citron, de l'eau de Cologne, de l'eau-de-vie forte.

DÉGRAISSAGE, NETTOYAGE A FOND ET MISE A NEUF DE TOUTE ESPÈCE D'OBJETS D'HABILLEMENT. Jusqu'ici nous n'avons parlé que des moyens pratiques d'enlever les taches partielles sur des étoffes quelconques; mais nous n'avons pas dit un mot du nettoyage à fond des vêtements, qui varient à l'infini, selon le caprice de la mode et les progrès de la fabrication. Or, chaque nature d'étoffe et de vêtement exige, pour ainsi dire, une manutention à part et bien distincte, et c'est une des qualités pratiques essentielles de l'art du dégraisseur que nous allons traiter ici très brièvement.

Les étoffes de coton, de chanvre et de lin, blanches et en bon teint, se nettoient tout simplement dans un bain de savon que l'on tient à une petite chaleur après avoir enlevé les taches. Généralement on nettoie ainsi toutes les étoffes de coton colorées, mais on les passe rapidement dans un bain d'eau de rivière auquel on ajoute alors quelques pincées d'alun en poudre ou quelques gouttes d'acide acétique, citrique ou sulfurique, afin de neutraliser l'action du savon; ensuite on rince les étoffes à l'eau

clair, et on leur donne le lustrage et l'apprêt convenables. Les robes, fichus et autres objets d'indiennes et de mousselines, guingamps, etc., sont nettoyés d'abord dans un bain faible de savon blanc, en le tenant pendant quelque temps à la température tiède; on passe rapidement les étoffes dans ce bain, et on les travaille ensuite dans les baquets à fouler, enfin on les rince à plusieurs reprises dans l'eau de rivière et dans un dernier bain saturé d'acide acétique. On les fait sécher après avoir été apprêtées avec une colle de féculé et on les soumet à l'action de la machine à lustrer.

Les *tulles et dentelles* sont mis avec précaution dans un bain de savon blanc, à la température tiède, et on les y laisse pendant quelque temps, puis on les manie dans un autre bain moins chaud, après les avoir placées dans un sac en canevas pour ne point les tirer. Depuis quelques années, les praticiens habiles et très soucieux de leur art complètent l'opération en soumettant les étoffes à la vapeur d'eau, et en les lavant à l'eau claire. Nous pouvons même citer à ce sujet un dégraisseur très instruit, M. Frick, qui n'emploie pas d'autre moyen.

Le *crêpe noir* est nettoyé dans le fiel de bœuf purifié et porté à la température de l'eau tiède.

Les *voiles, gazes, blondes et salins blancs*, sont macérés ordinairement dans un bain de savon blanc, puis on les passe rapidement 2 ou 3 fois, à différentes reprises, dans un bain de savon blanc très chaud. Ensuite on les soumet à l'action du gaz acide sulfureux, enfin on rince les étoffes à l'eau, colorée par une dissolution de carmin, d'indigo et de cochenille, pour les azurer; on les presse dans un sac à tordre pour en extraire l'eau superflue, et on les fait sécher rapidement.

On nettoie aussi le satin blanc au moyen de la craie que l'on réduit en poudre très fine. Ainsi, on place l'étoffe sur une table recouverte d'une couverture de laine, et on la saupoudre au fur et à mesure qu'on la nettoie en la frottant avec une brosse de flanelle; avec de la mie on donne à l'étoffe de la fraîcheur.

Mais les damas, les levantines, les florences, les pékins, et généralement toutes les soieries légères de couleurs délicates, sont nettoyées à l'aide d'une éponge fine avec une composition chaude formée de savon gras, de fiel de bœuf, de miel et d'alcool, à peu près par parties égales, et modifiées par une suffisante quantité d'eau. Pour ne point les casser, on les tend sur un châssis ou sur une table, et on les attache avec des épingle pour les faire sécher et leur donner le lustre et le brillant que les consommateurs recherchent si ardemment.

Pour les étoffes de soie brodées en couleurs, on emploie la même composition, avec moins de fiel de bœuf qui ternit les couleurs vives; de plus, on substitue au savon gras le jaune d'œuf qui éclaircit au contraire les couleurs. L'alcool et le miel servent à fixer les couleurs et à leur conserver le lustre.

Lorsque les broderies renferment du cordonnet d'or ou d'argent, on ajoute à l'eau de rinçage quelques gouttes d'acide sulfurique, à cause des fils qui sont sous l'or, et dont la teinte est due au rocou. Mais il est encore un moyen plus sûr et plus efficace de rendre l'éclat et le brillant à l'or et à l'argent, c'est de faire dissoudre du savon blanc dans l'eau, de manière à en former une pâte épaisse. On pose cette pâte avec un pinceau sur l'or et l'argent, et on la laisse sécher; ensuite on l'enlève en frottant avec un petit pinceau de poils de sanglier.

En règle générale, tous les objets de broderie demandent à être repassés et apprêtés encore humides, à l'envers, avec un fer chaud, sur une couverture de laine très épaisse ou pliée en double, afin de donner plus de relief au dessin; la calandre, au contraire, aplatirait et écraserait la broderie.

Habit ou redingote de drap, de casimir ou flanelle, etc., de couleur bon teint et foncée. Quand les taches sont enlevées, comme nous l'avons dit précédemment, on mouille partout l'habit également, en le frottant rapidement dans le sens des poils avec une brosse rude que l'on trempe dans du fiel de bœuf, ou mieux dans l'ammoniaque mélangée avec 3 à 42 parties d'eau tiède. Lorsqu'il est bien brossé et bien nettoyé, on le rince à l'eau claire pour enlever le fiel de bœuf, et on le laisse égoutter pour en extraire l'eau. Cela fait, il s'agit de donner au drap l'apprêt et le brillant du neuf: pour cela, on fait bouillir dans un pot de la graine de lin et un peu de bois d'Inde, ou de toute autre matière colorante, selon le principe de la couleur de l'habit (voyez EXTRAIT, TEINTURE), jusqu'à ce que la composition file comme le blanc d'œuf et soit légèrement colorée. On passe cette composition au travers d'un linge pour en extraire toutes les impuretés, et avec une brosse demi-rude on l'étend uniformément, et dans le sens du poil, sur toutes les parties de l'habit (1). Cette opération terminée, avec les deux mains on étire bien l'habit sur toutes les coutures, pour qu'il ne fasse pas de faux plis, et on le fait sécher sur un demi-cerceau; quand il est sec, on pose dessus un linge bien propre, mouillé avec de l'eau de savon, et on le repasse avec un fer chaud. Alors l'habit est lustré et apprêté à neuf, comme disent les dégraisseurs.

Généralement les dégraisseurs et marchands de vieux habits, ne prennent pas la peine d'enlever les taches partielles; ils étendent tout simplement le fiel de bœuf sur l'habit avec une brosse rude, après quoi ils le font égoutter et sécher sur un demi-cerceau sans le tordre. Lorsqu'il est sec, ils le brossent partout pour lui donner le lustre et le brillant. Mais cette manière de dégraisser ne fait que couvrir et dissimuler les taches, qui reparraissent toujours lorsque l'habit a été porté pendant plusieurs jours.

Lorsque quelques parties de l'habit, telles que les parements, le dessous des manches, les emmanchures, sont trop usées et *râpées* (terme technique), les marchands fripiers intelligents et honnêtes font rassortir la couleur du drap, ou bien ils font enlever par des tailleurs spéciaux, soit dans la doublure, soit dans le collet de l'habit, une pièce de l'étoffe, qu'ils font coudre et rentrer à la place du morceau usé. Puis, avec le *chardon à carde*, ils font sortir une partie du poil dont ils recouvrent les coutures, et lorsque cette opération est faite avec soin l'on ne voit pas la réparation.

M. Dier, qui s'est fait une certaine réputation dans le dégraisage, met à neuf les habits par un procédé secret qui consiste, d'après les *on dit*: 1° à mouiller les places de l'habit qui sont *râpées* avec de l'huile d'olive ou d'œillette, et à les couvrir ensuite avec une dissolution de potasse caustique marquant 5 à 6 degrés à l'aréomètre de Baumé; 2° à tirer les poils du drap avec un chardon pendant que l'étoffe est encore humide; 3° à lustrer l'étoffe avec une décoction de pépins de coing, de psilium, de gélatine et d'alun. Nous donnons le procédé de M. Dier tel qu'il nous a été rapporté, sans en garantir toutefois ni le mérite ni l'efficacité. Dans tous les cas, la méthode connue de mettre des morceaux neufs à la place des vieilles étoffes, nous paraît plus prompte, plus sûre, et plus économique surtout.

Lorsque l'habit est très malpropre, qu'il est couvert en quelques endroits d'une crasse épaisse qui couvre la surface de l'étoffe, on soumet l'habit à l'action de la vapeur, afin d'amollir la crasse et de la disposer à se dissoudre plus facilement. Ensuite il faut faire tiédir la composition qu'on se propose de faire agir sur l'étoffe grasse, soit le fiel de bœuf purifié, soit l'ammoniaque

(1) Cette pratique, en terme de fripier, s'appelle passer en couleur.

liquide, soit le fiel de bœuf mêlé avec une quantité égale de jaunes d'œufs, et on augmente leur action désébrante par des frictions avec une brosse dure.

Les vieux habits et pantalons écarlates, les parements, collets et revers des habits d'uniforme de la garde nationale, etc., se nettoient comme les habits ordinaires; mais, quand ils sont secs, ils prennent souvent des taches de rosures ou de noir; on les enlève soit avec l'acide citrique, soit même seulement avec du jus de citron.

Les étoffes de couleur pourpre, cramoisie, violet, amarante, rose, exigent le même traitement.

Les *casimirs*, les *mérinos*, les *cachemires*, les *châles brodés*, et généralement tous les tissus légers en laine fine, en soie et coton, en laine et coton, sont dégraissés tout simplement dans une décoction chaude de *saponaire*, mais on les foule et travaille longtemps; on les rince ensuite dans un bain d'eau de rivière et on les *draps* (4); enfin, on les passe à la calandre ou à la presse à vis. On termine les châles en frisant la frange encore humide avec un fer à dent légèrement chauffé.

Quelques dégraisseurs emploient pour nettoyer les étoffes de laines colorées une dissolution de savon à la température de l'eau tiède, et, pour neutraliser l'action du savon, ils ajoutent une quantité égale de fiel de bœuf, ou à son défaut des jaunes d'œufs, et quelquefois même un peu d'alun en poudre pour fixer ces couleurs; mais cette composition demande d'être employée avec beaucoup de précaution et de promptitude, car elle peut et doit altérer infailliblement les couleurs.

Velours des collets et parements d'habits. On enlève les taches sur les velours, comme sur la soie et la laine; mais lorsque la crasse est très considérable, on la frotte rudement avec un linge enduit de beurre ou d'huile, ou mieux d'ammoniaque liquide, et on lave bien à l'essence de térébenthine ou de citron. Pour redresser les poils du velours qui ont été couchés soit par les corps gras, soit par l'eau ou le frottement, on applique l'envers du velours sur une plaque tronquée comme une écumoire, et on l'expose ainsi à l'action d'un courant de vapeur d'eau, qui la traverse et relève les poils que l'on brosse au même temps avec une brosse de chien-dent. A défaut d'une plaque de cuivre et d'un générateur à vapeur, on peut attacher le velours avec des épingles sur un gros canevas tendu sur un métier à broder, et on l'expose à l'envers sur une grosse serviette de fil mouillée à l'action d'un feu très ardent, lequel vaporisera l'eau contenue dans la serviette.

Chapeaux d'homme en peluche de soie. L'on nettoie et met à neuf les chapeaux d'homme graissés par deux procédés différents: 1° On enlève avec précaution la peluche de dessus la carcasse, on la trempe dans une dissolution d'eau tiède et d'ammoniaque liquide, et on la frotte avec un grand soin, puis on la lave à l'eau claire, on la drappe, on l'étire dans tous les sens avec les deux mains pour éviter les plis, et on la fait sécher à l'ombre.

Le deuxième procédé est plus facile et plus prompt à exécuter. Voici la manière d'opérer.

On fait dissoudre 2 à 3 parties de carbonate de soude du commerce dans 400 p. d'eau bouillante, on passe rapidement la peluche dans ce bain, à 2 ou 3 reprises différentes, et on la presse avec la main pour en extraire la plus grande partie de l'eau alcaline, ensuite on la rince bien dans l'eau claire, on la presse dans un sac à tordre pour extraire l'eau, on l'étire, et enfin on la fait sécher à l'air libre, après l'avoir étendue sur un châssis. Lorsque la peluche est sèche, on pose la carcasse ou *galette* du chapeau sur une forme ordinaire, et on l'enduit d'une couche légère de vernis à la gomme

laque dissout dans l'alcool, puis on applique la peluche dessus, que l'on fait adhérer en passant un fer chaud, ensuite on donne l'apprêt pour lustrer et *brillanter* la peluche. L'apprêt consiste à mettre le chapeau tout monté sur la forme, sur une espèce de *tour*, et à le placer entre deux tampons de velours de laine; il se polit en tournant sur lui-même avec une vitesse extrême.

Culottes et gants de peaux de daim. On fait d'abord tremper ces objets dans une dissolution de sel de tartre que l'on fait tiédir, et on les y manie pendant un certain temps; ensuite on les nettoie dans un bain tiède de jaunes d'œufs, et, au sortir de là, on leur donne un petit apprêt, par le moyen d'une dissolution légère d'ocre jaune à laquelle on ajoute un peu d'alun en poudre. Cela fait, on retourne les objets à l'envers; on les étire fortement, et on les fait sécher à l'air sec ou à une température modérée.

Gants de peaux d'agneau ou de chevreau. Généralement les dégraisseurs praticiens emploient aujourd'hui pour nettoyer les gants de chevreau une composition liquide de lait et de carbonate de soude, mais un procès en contrefaçon intenté par un pharmacien de Paris, inventeur de la saponine, contre un parfumeur du Havre, nous a révélé une composition plus simple, et depuis longtemps dans le domaine public.

Il suffit d'imprégner d'un peu d'eau un morceau de flanelle qui ne soit pas trop claire, et de la passer légèrement sur du savon en poudre. On passe des bâtons dans les doigts du gant que l'on veut nettoyer, on les frotte avec la flanelle qui retient de la poudre de savon, et la saleté du gant s'y attache immédiatement.

Chapeaux de paille. Enlevez d'abord la coiffe, et tous les ornements des chapeaux; et lorsqu'ils sont tiquetés par suite de l'humidité, on les fait tremper pendant 2 ou 3 heures dans une eau acidulée, soit par l'acide oxalique, le sel d'oseille, ou l'acide hydrochlorique (ce dernier est inférieur); on peut aussi les nettoyer avec une légère dissolution d'eau de javelle, ou de jus de citron. On place ensuite les chapeaux dans des formes en bois blanc, faites exprès, comme celles dont se servent les chapeliers; on les pose à plat sur une table et on les frotte partout avec une éponge imprégnée d'une légère dissolution de potasse, marquant environ 4 degré. Puis on repasse les chapeaux à l'eau acidulée en frottant avec une éponge pour détruire la teinte jaune de la paille; on leur fait prendre un bain de savon et on les expose ensuite au soufrage.

Pour donner le dernier apprêt aux chapeaux, on les mouille bien uniformément avec une éponge imbibée d'un liquide tiède formé de gélatine blanche, d'un peu d'alun et de savon blanc; et on les repasse avec un fer chaud, en mettant une feuille de papier entre la paille et le fer.

Tapisseries lisses en laine et en soie de toutes les couleurs. On les frotte d'abord à l'aide d'une flanelle ou d'une brosse de velours de laine avec du blanc de céruse, ou de la craie en poudre que l'on répand dessus, afin d'enlever la fumée et les autres matières étrangères qui n'adhèrent pas beaucoup; on les lave avec une décoction de saponaire, on les fait tremper dans de l'eau saturée d'acide citrique pendant dix à quinze minutes, ensuite on le tend et coud sur un châssis ou métier à broder lorsqu'elles sont encore un peu humides, et on les fait sécher rapidement. Quelquefois, lorsque les tapisseries sont au trois quarts sèches, on pourrait les repasser à l'envers, en observant de placer dessous un linge humecté avec de l'eau qui contient un peu de chlorure de calcium ou d'alun, qui fixe ou ravive certaines couleurs. Quand la tapisserie contient des violets à l'orseille passés, on leur donne de la vignette en les mouillant au moyen d'un pinceau avec de l'eau qui contient 2 à 3 p. 400 de sous-carbonate de

(1) *Draper*, dans le langage de dégraisseur, signifie envelopper l'étoffe dans un linge avec lequel on la presse.

DEGRAISSEUR.

soude, et un peu de gomme arabique en poudre et do sucre.

Toutefois, cette méthode doit être modifiée selon la nature des couleurs, c'est-à-dire suivant leur degré de solidité et de délicatesse; un dégraisseur habile les étudie avant de rien entreprendre.

Tapis en laine longue à l'imitation de ceux de la Savonnerie. Depuis quelques années, un mécanicien de Paris, M. Dennebègue, a imaginé un moyen fort ingénieux et entièrement mécanique de dégraisser et de mettre à neuf les tapis longue laine. Il tond la laine au moyen d'une machine de son invention, afin d'enlever les extrémités des brins colorés qui sont passés et sales. Par ce moyen bien simple, il met à découvert de nouvelles parties de laines colorées qui conservent encore de l'éclat et de la vivacité. Pourtant nous croyons devoir dire sans vanité que nous avons pratiqué et mis au jour, il y a près de 8 années, un procédé analogue pour nettoyer et mettre à neuf la peluche en laine, les petits tapis de lit, et autres objets brodés à la main, en laine longue et en relief. Nous nous servions tout simplement d'une paire de ciseaux recourbés, semblable à celle en usage dans les manufactures de tapis; mais pour dire toute la vérité, nous n'avons jamais pensé à appliquer ce procédé au dégraisage des tapis du commerce. Dans notre opinion, l'honneur de cette découverte appartient entièrement à M. Dennebègue. Nous devons dire aussi que M. Dennebègue n'a pas pris de brevet d'invention pour son procédé, mais seulement pour la machine à tondre qu'il emploie.

Dans tous les cas, on peut toujours tondre les tapis avec une paire de ciseaux recourbés, à défaut d'une machine plus expéditive, en ayant soin de comprimer chaque *duite* que l'on veut couper uniformément (voy. TAPIS) entre deux lames de cuivre, de zinc ou de fer-blanc, d'une hauteur proportionnée à la longueur des fils qu'on désire conserver.

Moyen de rétablir les couleurs altérées. Comme nous l'avons dit, on peut faire renaître les couleurs par des moyens sûrs, mais il faut se rappeler tout ce qui concerne les propriétés des acides et des alcalis, et la manière surtout dont ils se comportent avec les couleurs; autrement on risquerait de ne rien faire de présentable, et le plus souvent on gâterait totalement les étoffes. Alors le seul remède à appliquer au mal serait d'avoir recours à l'impression ou à la teinture, en employant les procédés que nous donnons aux mots TEINTURE, IMPRESSION.

Nous indiquons en outre à l'article CALANDRE et TIS-
sus, les meilleures méthodes d'apprêter les différents tissus et de leur donner un nouveau lustre ou brillant, si recherché des consommateurs, tout en les rendant plus souples et moins cassants. Dès lors, les dégraisseurs-praticiens posséderont tous les renseignements nécessaires pour amener leur art et leurs travaux à un état de perfection désirable. A. ROUGET DE LISLE.

DELIQUESCENT (*alt. zerfließbar*). Se dit des corps solides qui attirent assez de l'humidité répandue dans l'atmosphère pour se liquéfier spontanément au contact de l'air; tels sont la potasse, ou la chlorure de calcium.

DENSITÉ, PESANTEUR OU POIDS SPÉCIFIQUE. On entend par densité ou pesanteur spécifique d'un corps, la quantité de matière qu'il renferme sous un volume donné; on rapporte les densités des gaz et des vapeurs à celle de l'air prise pour unité, et celle des liquides et des solides à celle de l'eau. Nous n'entrerons pas dans le détail des diverses méthodes employées pour déterminer la densité des corps solides, liquides et gazeux, ayant déjà donné à l'article ARÈOMETRE la description des instruments les plus employés dans les arts, et nous nous contenterons de rapporter ici les densités des principaux corps gazeux, liquides et solides.

DENSITÉ.

Pesanteurs spécifiques des gaz, celle de l'air étant prise pour unité.

NOMS DES GAZ.	DENSITÉS trouvées.	DENSITÉS calculées.	NOMS des observateurs.
Air.	1,0000		
Gaz hydriodique.	4,443	4,340	Gay-Lussac.
Gaz fluo-silicique.	3,573		John Davy.
Gaz chloro-borique.	3,420		Dumas.
Gaz chloroxi-carboniq.		3,399	
Hydrogène arseniqué.	2,695	2,695	Dumas.
Chlore.	2,470	2,426	Gay-Lussac et Thénard.
Oxyde de chlore.		2,315	
Acide fluo-borique.	2,371		John Davy.
Acide sulfureux.	2,234		Thénard.
Cyanogène.	1,806	1,819	Gay-Lussac.
Hydrogène phosphoré.	1,761		Dumas.
Protoxyde d'azote.	1,520	1,527	Colin.
Acide carbonique.	15,245		Berzélius, Du-long.
Acide hydro-chlorique.	1,274		Biot et Arago.
Hydrog. proto-phosph.	1,214		Dumas.
Acide hydro-sulfurique.	1,1912		Gay-Lussac et Thénard.
Oxygène.	1,1026		Berzélius, Du-long.
Deutoxyde d'azote.	1,0388	1,0364	Bérard.
Hydrogène bi-carboné.	0,9780		De Saussure.
Azote.	0,976		Berzélius, Du-long.
Oxyde de carbone.	0,957	0,967	Cruikshank.
Ammoniaque.	0,5967	0,5910	Biot et Arago.
Hydrog. carb. d. marais.	0,555	0,559	Thomson.
Hydrogène.	0,0688		Berzélius, Du-long.

Pesanteurs spécifiques des vapeurs, celle de l'air étant prise pour unité, et les vapeurs étant ramenées par le calcul à 0° et 0m,76.

NOMS DES VAPEURS.	DENSITÉS trouvées.	DENSITÉS calculées.	NOMS des observateurs.
Air.	1,0000		
Bi-chlorure d'étain.	9,199	8,993	Dumas.
Vapeur d'iode.	8,716		id.
Vapeur de mercure.	6,976		td.
Vapeur de soufre.	6,617		id.
Proto-chlorure d'arsenic	6,300	6,297	id.
Chlorure de siccium.	5,939	5,959	id.
Ether hydriodique.	5,4749		Gay-Lussac.
Camphre ordinaire.	5,468	5,314	Dumas.
Ether benzoïque.	5,409	5,241	D. et Boullay.
Ether oxalique.	5,087	5,081	id.
Proto-chlor. de phosph.	4,875	4,807	Dumas.
Essence de térébenthine	4,763	4,765	id.
Chlorure jaune de soufre	4,730		id.
Naphtaline.	4,528	4,492	id.
Vapeur de phosphore.	4,355	4,325	id.
Chlor. rouge de soufre.	3,700		id.
Liqueur des Hollandais.	3,443		Gay-Lussac.
Acide hypo-nitrique.	3,180		Dulong.
Ether acétique.	3,067	3,066	Dum. et Boul.
Sulfure de carbone.	2,644		Gay-Lussac.
Ether hypo-nitrique.	2,626	2,606	Dum. et Boul.
Ether sulfurique.	2,586		Gay-Lussac.
Ether hydro-chlorique.	2,212		Thénard.
Chlorure de cyanogène.	2,114	2,112	Gay-Lussac.
Esprit pyro-acétique.	2,019	2,020	Dumas.
Alcool.	1,6133		Gay-Lussac.
Acide hydro-cyanique.	0,9476	0,9360	id.
Eau.	0,6235	0,624	id.

DENSITE.

Pesanteurs spécifiques des liquides, celle de l'eau étant prise pour unité.

Acide sulfurique	1,8409
Acide nitreux	1,550
Eau de la mer Morte	1,2403
Acide nitrique	1,2175
Eau de la mer	1,0263
Lait	1,03
Eau distillée	1,0000
Vin de Bordeaux	0,9939
Vin de Bourgogne	0,9945
Huile d'olive	0,9453
Ether hydro-chlorique	0,874
Huile essentielle de térébenthine	0,8697
Bitume liquide dit <i>naphte</i>	0,8475
Alcool absolu	0,792
Ether sulfurique	0,7455

Pesanteurs spécifiques des solides, celle de l'eau étant 1 (à 48° centigrades).

Platine } laminé	22,0690
} passé à la filière	21,0447
} forgé	20,3366
} purifié	19,5000
Or } forgé	19,3647
} fondu	19,2584
Tungstène	17,6
Mercurio (à 0°)	13,598
Plomb fondu	11,3523
Palladium	11,3
Rhodium	11,0
Argent fondu	10,4743
Bismuth fondu	9,822
Cuivre en fil	8,8785
Cuivre rouge fondu	8,7880
Molybdène	8,614
Arsenic	8,308
Nickel fondu	8,279
Urane	8,1
Acier non écroui	7,8463
Cobalt fondu	7,8149
Fer en barre	7,7880
Etain fondu	7,2914
Fer fondu	7,2070
Zinc fondu	6,864
Antimoine fondu	6,742
Tellure	6,445
Chrome	5,9
Iode	4,9480
Spath pesant (baryte sulfatée)	4,4300
Rubis oriental	4,2833
Saphir oriental	3,9944
Saphir du Brésil	3,4307
Topase orientale	4,0106
Topase de Saxe	3,5640
Bétil oriental	3,5489
Diamants les plus lourds (légèrement colorés en rose)	3,5340
Diamants les plus légers	3,5040
Flint-glass (anglais)	3,3293
Spath-fluor rouge (Chaux fluatée)	3,1944
Tourmaline (verte)	3,1555
Asbeste roide	2,9958
Marbre de Paros (chaux carbonatée lamellaire)	2,8376
Quartz-jaspe onix	2,8160
Emeraude verte	2,7755
Perles	2,7500
Chaux carbonatée cristallisée	2,7182
Quartz jaspe	2,7104
Corail	2,680
Cristal de roche pur	2,6530

DENTELLE.

Quartz agate	2,615
Feldspath limpide	2,5644
Verre de Saint-Gobain	2,4882
Porcelaine de la Chine	2,3847
Chaux sulfatée cristallisée	2,5417
Porcelaine de Sèvres	2,4457
Soufre natif	2,0332
Ivoire	1,9170
Albâtre	1,8740
Anthracite	1,8
Alun	1,720
Houille compacte	1,3292
Jayet	1,259
Succin	1,078
Sodium	0,972
Glace	0,930
Potassium	0,8654
Bois de hêtre	0,852
Frêne	0,845
If	0,807
Bois d'orme	0,800
Pommier	0,733
Bois d'orange	0,705
Sapin jaune	0,657
Tilleul	0,604
Bois de cyprès	0,598
Bois de cèdre	0,564
Peuplier blanc d'Espagne	0,529
Bois de sassafras	0,482
Peuplier ordinaire	0,383
Liège	0,240

Pour établir une liaison entre les tables de pesanteurs spécifiques qui précèdent, nous ajouterons que, d'après les recherches de MM. Biot et Arago, le poids de l'air atmosphérique sec, à la température de la glace fondante et sous la pression de 0^m,76, est, à volume égal, 1/770 de celui de l'eau distillée.

DENTELLE (*angl. lace, all. spitze*). Ce léger tissu se fait à la main, avec des fils de lin extrêmement fins dont on enveloppe de petites bobines placées au bout de fuseaux très déliés : on manœuvre ces bobines de manière à croiser les fils autour d'épingles piquées dans un papier épais, et à faire un réseau à jour, où se trouvent diverses fleurs enlacées avec délicatesse. La dentelle qu'on fait avec de la soie blanche est appelée *blonde*; elle prend le nom de *dentelle noire* quand elle est fabriquée avec de la soie noire. Le TULLE (voyez ce mot) est une dentelle en coton, en fil ou en soie, qui se fait à la mécanique. Il y a aussi des dentelles en fil d'or ou d'argent qui sont grossières et servent aux décorations.

C'est à Bruxelles, Malines et Valenciennes, qu'on fait les plus belles dentelles; les points d'Angleterre et d'Alençon sont renommés, et cependant on en a presque entièrement abandonné l'usage. En général, le haut prix des dentelles le fait remplacer par les parures en tulle, qui sont aussi belles et bien meilleur marché.

DEPILATOIRE (*ang. depilatory, all. enthaarungsmittel*.) On appelle ainsi toute substance qui sans nuire à la peau, en enlève les poils ou cheveux. Les unes agissent mécaniquement, les autres chimiquement. Les premières sont généralement des emplâtres formés d'un mélange de poix et de résine étendus sur une peau. On les applique chauds sur la partie de la tête à épiler, et on les retire lorsqu'ils se sont refroidis. Les cheveux y sont alors fortement attachés et s'enlèvent avec eux. Cette méthode, bien que très douloureuse dans son emploi, est moins nuisible que celle des actions chimiques, qui consiste dans l'usage de dissolvants énergiques qui pénètrent jusqu'aux racines bulbueuses des cheveux et les détruisent. Ces dissolvants sont, le plus souvent, du sulfure de baryum, des alcalis caustiques ou des pré-

DÉPILATOIRE.

parations arsénicales. La plus employée de ces préparations est connue sous le nom de *rusma oriental*, et possède une action dépilatoire très efficace. Cadet-Gassicourt a donné, dans le *Dictionnaire des sciences médicales*, la recette suivante pour la préparer :

On mêle quatre parties de chaux vive avec une partie d'*orpiment* ou de *réalgar*, et on fait bouillir le mélange dans deux parties d'une dissolution concentrée de potasse. La préparation est terminée lorsqu'en y trempant une plume la barbe s'en détache aussitôt.

Lorsque l'on veut se servir du *rusma*, on l'applique avec précaution sur la peau par friction, et on lave immédiatement après la place avec de l'eau chaude. Il ne faut employer ce caustique si puissant qu'avec une grande circonspection, et même l'étendre d'eau, pour qu'il n'ait qu'au plus juste la force nécessaire.

On fait quelquefois un savon, en chauffant ensemble du *rusma* et du suif ou de la graisse fondue; on obtient ainsi une pommade qui a une grande vertu dépilatoire. Au lieu des proportions indiquées plus haut, on peut se servir d'autres rapports, tels que : 4 partie d'*orpiment* avec 8 p. de chaux vive; 2 p. avec 12 p.; 3 p. avec 15 p.; le dernier mélange est le plus actif, et on tempère son action en y ajoutant 1/8 p. d'amidon ou de farine de riz. On forme ainsi une pâte molle, qui, étendue quelques minutes sur une partie chevelue, emporte ensuite les cheveux avec elle.

Il ne faut employer le *rusma* que pour épiler une faible partie de la peau à la fois, car non seulement son action détruit la racine des cheveux, mais, trop prolongée, elle pourrait encore ronger la peau.

Böttger a découvert dernièrement que le sulfure de calcium était une substance dépilatoire très active et peu dangereuse, dont l'emploi peut devenir très utile dans le tannage des peaux. On sature de gaz hydrogène sulfuré un lait de chaux, et on verse le liquide sur la peau. En moins de 2 heures, une peau de veau traitée ainsi est complètement dépilée, sans que l'épiderme ait été le moins du monde attaqué.

DÉPLACEMENT (Méthode de). La dissolution des corps solides dans les liquides, et principalement dans l'eau, est un des procédés les plus fréquemment employés pour la séparation des substances différemment solubles ou insolubles; et le principe fondamental de l'épuration de ces premières substances. Mais comme en résultat définitif le but est toujours d'obtenir le corps soluble lui-même, généralement par une cristallisation (voyez ce mot), il faudra évaporer l'eau qui a servi à la dissolution. On voit donc que les conditions à remplir par le système qui sera suivi pour opérer la dissolution seront :

1° D'obtenir la dissolution la plus concentrée qu'il soit possible d'obtenir;

2° D'épuiser parfaitement les matériaux renfermant le corps soluble;

3° D'opérer, sans frais accessoires de chauffage, pression, etc. Toutes ces conditions sont parfaitement remplies par la méthode dite de déplacement, dont la première application raisonnée a été faite au procédé d'extraction à peu de frais du salpêtre des matériaux de démolition, qui en renferment des quantités minimes.

4° Obtenir la dissolution la plus concentrée qu'il soit possible d'obtenir.

Soit 4 la quantité d'eau d'imbibition, celle que retiendront les matériaux inertes que l'on rejettera, ou déjà contenue dans ceux-ci comme dans le cas de la betterave. Supposons cette quantité suffisante pour dissoudre toute la substance soluble (tout ce que nous allons dire est vrai indépendamment de la proportion d'eau nécessaire à cet effet, que nous déterminons ici pour simplifier.) Si on met en contact les matières avec une autre quantité 4 d'eau, celle-ci qui peut s'écouler devra contenir en dissolution 0,5 des matières solubles. Mise en contact

DÉPLACEMENT.

avec de nouveaux matériaux, non encore lavés, elle devra contenir 0,75 ou 3/4. Les matériaux contenant 4 plus 0,5, l'eau emportant toujours moitié, et ainsi successivement 0,5, 0,75, 0,875, 0,9375. Par quatre opérations seulement, on obtiendra ainsi un liquide aussi chargé, à 1/16 près, de la substance soluble que les matériaux renferment.

Il est clair qu'en opérant de la sorte les quantités de substances solubles abandonnées dans les matériaux lessivés croissent en proportion inverse de la quantité qu'on enlève à chaque opération, c'est-à-dire 1/2, 3/4, 7/8, 15/16, et que, par suite, on ne satisfait nullement à la seconde condition.

2° Epuiser complètement les matériaux renfermant la substance soluble.

Si, au lieu d'opérer comme nous l'avons fait précédemment, on traite successivement la même quantité de matériaux par des volumes égaux d'eau pure, la proportion de substances solubles qu'ils renferment décroît seulement en proportion géométrique assez rapide qui sera 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, etc. On voit qu'on arrivera facilement à épuiser ainsi les matériaux, mais en rendant très considérables les quantités d'eau à évaporer. C'est la combinaison de ces deux méthodes qui constitue la méthode de déplacement, et qui permet d'éviter les inconvénients des deux procédés en en réunissant les avantages.

Elle consiste à ajouter une nouvelle quantité d'eau à chaque opération, mais en faisant agir celle-ci sur des matériaux presque épuisés, à la reprendre pour la faire agir sur des matériaux plus riches, et de proche en proche, à ne mettre jamais en contact que des solutions déjà chargées avec des matériaux riches, et des solutions peu concentrées avec des matériaux presque épuisés. Il est clair qu'on obtient ainsi les avantages des deux méthodes que nous avons décrit plus haut en évitant leurs inconvénients.

C'est ainsi, par exemple, qu'on opère pour le salpêtre. Les platras étant déposés dans des tonneaux, on verse de l'eau pure dans celui contenant des platras déjà lavés 2 fois; de là l'eau repasse sur des platras lavés une fois, puis enfin sur des platras non lavés.

Soient 200 décimètres cubes de platras renfermant 4/100 ou 8 kilogr. de salpêtre; lavés avec 400 kilogr. d'eau, ils laisseront écouler 50 kilogr. d'eau (50 kilogr. étant retenus par imbibition), la première eau renfermera 4 kilogr. de nitre; par un second lavage de 50 kilogr. d'eau, on en retirera 50 kilogr. d'eau renfermant 2 kilogr. de nitre.

Si on repasse ces 400 kilogr. sur une égale quantité de platras neufs, le tout renfermera $8 + 4 + 2 = 14$ kilogr. de salpêtre; la moitié de l'eau s'écoulant entraînera donc 7 kilogr. de nitre, qui pourra être obtenu avec de bien moindres frais d'évaporation.

Le tableau placé à la fin de cet article (voir ci-après), et extrait de l'instruction publiée par le comité consultatif des poudres et salpêtres, fera bien saisir la marche d'une semblable opération, qu'il indique suffisamment, et fera parfaitement sentir comment on parvient en même temps à charger beaucoup les liquides, pour diminuer autant que possible les dépenses d'évaporation, et à épuiser parfaitement les matériaux, en les mettant en contact à mesure qu'ils s'appauvrissent avec des eaux de moins en moins chargées.

Par 4 lavages on obtiendra ainsi successivement l'avantage

1° De n'évaporer que des liquides marquant au moins 14°.

2° De ne jamais rejeter des matériaux que quand ils ne font plus guère marquer à l'eau que 1/2 degré, c'est-à-dire ne retiennent que 1/200° de matières solubles, et même moins, en augmentant le nombre des lavages.

M. Dombasle a appliqué cette méthode à l'extrac-

tion du sucre de betteraves par son procédé de macération. Il a simplifié la manœuvre en suspendant les betteraves dans des paniers d'osier que l'on enlève au moyen d'une grue placée au centre d'un cercle formé par les vases à macération, de telle sorte que l'action a lieu sur tous les vases à la fois.

Dans le cas des betteraves et substances fermentescibles, il est avantageux d'accélérer la macération en réduisant le nombre des opérations, et extrayant l'eau d'imbibition en terminant par une pression, comme le fait M. Boucher, habile fabricant de sucre indigène à Pantin.

La méthode de déplacement trouve son application toutes les fois qu'il s'agit d'agir sur des substances solubles, dans la fabrication de l'alun, du salpêtre, du sucre, du sulfate de fer, et dans la fabrication d'une foule de préparations chimiques et pharmaceutiques.

Lavage de 3 cuiviers, contenant chacun 8 kilogr. de salpêtre.

NUMEROS des lavages.	Cuvier A.	Cuvier B.	Cuvier C.
1 ^{er} lavage avec 400 litres d'eau fournit. . .	50l. à 8° (4)		
2 ^e lav. avec 50 litres. . .	50l. à 4°	50l. à 4°	
3 ^e lav. avec 50 litres. . .	50l. à 2° —	50l. à 8°	
4 ^e lav. avec 50 litres. . .	50l. à 4° —	50l. à 4° 1/2 50l. à 2° 1/4 50l. à 4° 1/8	50l. à 4° 1/4 50l. à 8° 1/4 50l. à 4° 1/16 50l. à 2° 5/16 50l. à 4° 2/16

DÉSINFECTION. On peut avoir à désinfecter des substances ou des espaces nécessairement limités. Quand un espace, tel qu'une habitation, se trouve infecté, l'infection doit être attribuée soit à une cause permanente, soit à une cause accidentelle, soit même à une cause qui a disparu, et cette infection est due à un dégagement de gaz méphitiques, ou simplement d'une odeur désagréable et incommode. Ces gaz sont les produits volatils d'une décomposition organique, ou bien le résultat d'une opération chimique par suite d'un travail manufacturier. Si la cause d'infection a cessé d'agir, si elle a disparu et que l'effet seul subsiste, c'est en général par la ventilation qu'il faut désinfecter, assainir (2), en supposant toutefois que la ventilation soit assez facilement applicable. Si la cause existe encore, si à plus forte raison elle est permanente, on peut encore employer la ventilation pour combattre l'effet produit, ou bien et mieux, attaquer l'infection dans la cause elle-même, et empêcher la décomposition qui amène le dégagement des gaz méphitiques ou incommodes.

Nous n'examinerons pas le cas du dégagement de gaz dû à une opération chimique, nous n'aurions rien à dire de général à cet égard; nous ne nous étendrons pas beaucoup non plus sur le moyen de désinfecter par la ventilation,

(1) Les degrés marqués ici sont ceux d'un aréomètre particulier dont chaque degré correspond à un centième de nitre dans les dissolutions. Ainsi 50 litres à 8° indiquent que les 50 litres contiennent 4 kilogr. de nitre.

(2) Assainir a une signification plus étendue que désinfecter, car un lieu, une habitation, peuvent réclamer un assainissement sans être pour cela infectés; cependant nous pourrions empêter sur le domaine de l'assainissement en traitant de la désinfection.

moyen très simple et très connu d'ailleurs. M. d'Arcet, dont les arts et les sciences déplorent la mort récente, et qui avait dirigé ses études spéciales sur un grand nombre de questions intéressant la salubrité, a fait pendant sa vie, si laborieusement et si utilement employée, de fréquentes et d'ingénieuses applications de la ventilation. C'est ainsi qu'il a assaini d'une manière si remarquable les ateliers où l'on dore au moyen du mercure, les ateliers où l'on blanchit les soies et les laines par la combustion du soufre; qu'il a indiqué un moyen simple de faire disparaître l'odeur qui s'exhale des fosses d'aisances dans les hôpitaux, les casernes et les prisons. Le principe de cet assainissement par ventilation peut être établi en deux mots: on aspire, ou appelle dans une cheminée, l'air infecté ou les gaz méphitiques, qui sont déversés dans l'atmosphère à une hauteur plus ou moins grande, avant qu'ils aient pu se répandre de proche en proche dans les lieux qu'on veut préserver; on leur donne en un mot une direction forcée. Nous renvoyons pour l'assainissement ou désinfection par ventilation aux mémoires si intéressants de M. d'Arcet (voyez VENTILATION).

Un autre moyen de désinfection, et auquel nous devons plus de détails, c'est l'emploi d'agents chimiques, de substances qui modifient les propriétés, soit des gaz provenant des matières organiques en décomposition, soit des matières organiques elles mêmes; et cette modification a lieu par la dénaturation essentielle de la substance, ou par sa combinaison avec tout ou partie de l'agent employé, combinaison jouissant de nouvelles propriétés. Parmi ces agents chimiques, le plus important est sans contredit le chlore. Comme très souvent, pour ne pas dire toujours, les gaz exhalés des décompositions renferment des combinaisons hydrogénées (principalement des carbures d'hydrogène), et que le chlore détermine la décomposition de ces substances à cause de sa grande affinité pour l'hydrogène, avec lequel il forme de l'acide hydro-chlorique, on emploie généralement ce gaz pour combattre l'infection. C'est Hallé, professeur d'hygiène à Paris, qui signala le premier, vers 1785, les propriétés désinfectantes du chlore. En 1791 et 1792, Fourcroy en indiqua les applications possibles. Guyton-Morveau et Thénard, en popularisant plus tard ce moyen, rendirent un service réel à l'humanité; car jusqu'alors on ne connaissait pas de véritable désinfectant, les moyens employés, tels que les émanations d'huiles essentielles, de camphre, les combustions d'aromates et de sucre, n'étaient que des palliatifs.

On se servit longtemps de flacons dits Guytoniens, c'est-à-dire de petits appareils très ingénieux pour produire de petites fumigations de chlore; nous ne les décrirons pas, car on y a renoncé depuis que l'on connaît les chlorures d'oxydes ou hypo-chlorites (voyez CHLORURES DÉCOLORANTS), qui ont partout remplacé non seulement le chlore gazeux, mais aussi la dissolution de ce gaz, qu'on n'emploie plus guère aujourd'hui que dans les laboratoires. Le dégagement rapide du gaz auquel la dissolution donne lieu, rend son emploi incommode, et même nuisible à la santé.

C'est M. Masuyer, professeur à l'École de médecine de Strasbourg, qui a ou le premier l'idée d'employer l'hypo-chlorite de chaux à la désinfection de l'air, de préférence au chlore. Ses expériences datent de 1807. Elles étaient entièrement oubliées, lorsque, en 1822, M. Labarraque appela l'attention des savants sur l'emploi très utile des hypo-chlorites dans l'art du boyaudier, pour s'opposer à la putréfaction, l'arrêter et en faire disparaître les traces. Il indiqua l'hypo-chlorite de chaux étendue de 150 à 200 parties d'eau, comme un précieux moyen de désinfection pour ceux qui travaillent les matières animales.

Les hypo-chlorites sont encore employés pour les embaumements, les exhumations, et les recherches mé-

dico-légales qui en sont la suite. On enveloppe alors les cadavres d'un drap mouillé avec une solution, contenant 4/400^e de son poids d'hypo-chlorite de chaux. Cette précaution serait excellente pour inhumer, par de fortes chaleurs, les cadavres qui doivent traverser les villes et séjourner dans les églises.

Expliquons comment les hypo-chlorites peuvent exercer leur action désinfectante : l'acide carbonique contenu dans l'air (4) s'empare de la base de l'hypo-chlorite, l'acide hypo-chloreux mis en liberté se décompose en chlore et oxygène; le premier s'empare d'une partie de l'hydrogène des gaz exhalés par la matière en putréfaction pour former de l'acide chlorhydrique; l'oxygène, lui, se combine avec une partie de carbone, et aussi avec de l'hydrogène pour donner naissance à de l'acide carbonique et à de l'eau. L'hypo-chlorite qu'on emploie le plus généralement comme désinfectant, à cause de son bas prix, est l'hypo-chlorite de chaux.

Nous renvoyons pour les applications de la désinfection dans les arts spéciaux aux articles spéciaux.

On peut aussi dans la désinfection faire usage d'agents, dits chimiques, qui ne dénaturent pas les gaz méphitiques ou odorants, mais qui les absorbent avant leur émanation dans l'atmosphère, les retiennent pour ainsi dire au passage au moment où ils vont se dégager. Ces matières absorbantes, tels les charbons, doivent être mises en contact avec les matières en putréfaction, leur action sur les gaz déjà répandus dans l'atmosphère étant nulle ou peu active; aussi, comme ils empêchent la putréfaction de se manifester au dehors de la substance attaquée, on pourrait les appeler des préservateurs d'infections, des anti-septiques, aussi bien que des désinfectants. Du reste, les agents dont nous avons parlé tout à l'heure, tels que le chlore et les hypo-chlorites, peuvent aussi être très bien employés comme anti-septiques.

Nous ne pouvons examiner tous les cas d'infection qui peuvent se présenter; nous nous arrêterons à ceux qui intéressent le plus vivement la salubrité et la commodité publiques, et pour lesquels des recherches actives ont été faites assez récemment avec des chances de succès.

Une cause d'infection, qui, pour bon nombre de villes se trouve dans chaque habitation, et pour les villes très peuplées, comme Paris, dans chaque appartement, ce sont les fosses d'aisance. Assez souvent, dans les circonstances ordinaires, une odeur infecte et repoussante s'exhale des fosses par les orifices qui y conduisent les liquides et les matières fécales; cette odeur est toujours insupportable lorsqu'on fait la vidange; le transport des matières à travers les rues présente aussi de l'inconvénient; enfin dans beaucoup de villes ces mêmes matières déposées en amas répandent au loin une véritable peste. C'est surtout pour Paris que ce dernier inconvénient mérite d'être cité, car à deux pas du mur d'enceinte de la capitale de la France, on dépose toutes les nuits 500 mètres cubes (5,000 hectolitres) de déjections humaines qui, pour le plus grand avantage de l'entrepreneur de la poudrette, séjournent dans des bassins dont la superficie atteint plusieurs mille mètres carrés. De cette immense surface évaporante s'échappent, outre une odeur caractéristique et inhérente à la matière, de l'hydro-sulfate et du carbonate d'ammoniaque; et ces émanations qui désolent plusieurs quartiers de Paris et plusieurs communes importantes de la banlieue, étendent leur effet à plus d'une demi-lieue. Outre l'odeur infecte, ces gaz gênent encore par leur action sur les métaux, les peintures et les dorures,

(4) Les hypo-chlorites ne peuvent pas se décomposer sans l'intervention des acides; ainsi l'air putride, privé de son acide carbonique par les alcalis caustiques, n'est pas désinfecté quand on le fait passer à travers de l'hypo-chlorite de chaux.

effet dû à la combinaison de l'acide hydro-sulfurique avec les substances métalliques. Ajoutons que l'opération de vidange des fosses est très malsaine et quelquefois mortelle pour les malheureux ouvriers adonnés à ce métier dégoûtant, et nous aurons suffisamment montré l'intérêt général que mérite cette question, comme l'avantage immense qui résulterait pour la salubrité de l'emploi de procédés permettant de rendre inodores ou à peu près ces sources de pestilence en supprimant, comme conséquence, les ignobles foyers d'infection qui existent auprès des villes, comme Montfaucon aux portes de Paris.

Nous allons faire connaître succinctement les principaux procédés qui ont été proposés pour arriver au but que nous signalons. Nous devons dire avant tout que jusqu'à présent aucun de ces procédés n'a reçu, d'une pratique longue et soutenue et d'une application étendue, la sanction officielle qu'apportent avec elles ces deux conditions; mais nous devons ajouter que l'autorité administrative de la capitale, trop peu soucieuse de la salubrité générale dans cette question, elle quelquefois si rigide envers des établissements particuliers, est la première cause de la non adoption de tous ces procédés dont l'efficacité ne peut, pour plusieurs, être révoquée en doute. Avant de faire l'exposé de ces procédés, nous devons dire qu'il faut dans cette question se préoccuper de la conservation de la plus grande partie possible des déjections des corps humains; car riches en matières organiques, riches aussi en certaines substances dites minérales, comme les phosphates, elles constituent un engrais très puissant, un des meilleurs que l'on connaisse.

A notre avis la solution la plus heureuse du problème est de rendre les fosses d'aisance inodores, non pas seulement au moment de la vidange, mais en tout temps. Pour y arriver il faut nécessairement empêcher la décomposition putride des matières fécales et des urines, en y mélangeant des substances qui absorbent ou neutralisent au fur et à mesure de leur formation les produits volatils et odorants de la décomposition. Or quelle est la composition de l'urine et des matières fécales. Il y a dans l'urine du phosphate, du lactate et de l'hydro-chlorate d'ammoniaque en petite quantité, de l'urée en quantité très notable, du soufre d'après Proust, et des matières animales non caractérisées. Les matières fécales sont composées en grande partie de débris végétaux et animaux dans lesquelles il doit nécessairement se trouver une quantité très sensible de soufre.

Or, l'urine se décompose, sous l'influence d'une température moyenne, en carbonate d'ammoniaque; le soufre s'empare de l'hydrogène des matières organiques en décomposition pour former de l'acide hydro-sulfurique. C'est donc l'hydro-sulfate et le carbonate d'ammoniaque qui forment en grande partie les gaz fétides et délétères qui émanent des fosses.

Pour absorber et neutraliser ces substances au fur et à mesure de leur formation, quels sont les corps qu'on peut employer? Les sels métalliques neutres ou du moins très peu acides (4), et en tête le sulfate de protoxyde de fer (couperose verte) à cause de son abondance et de son bas prix: en effet il y aura double décomposition, formation de sulfate d'ammoniaque et de sulfure et carbonate de fer. On peut ajouter au sulfate de fer une certaine quantité de sulfate de chaux (plâtre) qui décompose le carbonate d'ammoniaque bien plus abondant que l'hydro-sulfate, et aussi un peu de charbon en poudre qui sert à absorber les odeurs particulières, autres que celles des sels ammoniacaux volatils, qui pourraient s'exhaler.

(4) On pourrait obtenir la neutralité presque parfaite du sel en ajoutant dans la dissolution un peu de chaux vive ou éteinte en poudre.

DÉSINFECTION.

Ce mélange peut être introduit dans les fosses soit en poudre sèche, soit délayé dans de l'eau. A notre avis, il est préférable de l'employer à l'état de dissolution, pour la partie soluble bien entendu, car une portion plus ou moins forte de cette poudre pourrait arriver au fond de la fosse avant d'être dissoute, et dès lors l'effet ne serait plus aussi efficace. Dans les habitations à plusieurs étages, comme les maisons de Paris, il sera bon d'introduire les substances dissoutes ou délayées par l'ouverture du conduit, menant à la fosse, située à l'étage supérieur, de sorte que le préservatif agira sur les liquides et les substances qui séjournent dans le conduit et dont la décomposition pourrait très bien répandre une odeur forte et désagréable.

Voici une expérience que nous avons faite nous-mêmes pour nous rendre compte de l'efficacité du sulfate de fer comme désinfectant des urines et matières fécales, depuis que cette question occupe les esprits plus que jamais, c'est-à-dire depuis quelques mois.

Le 2 octobre 1844, à de l'urine de 18 heures au plus et provenant de divers individus, nous ajoutâmes une dissolution de sulfate de fer à 27 degrés Baumé dans la proportion de 1/20^e, et le mélange fut abandonné à la température d'un appartement chauffé à 42 ou 45 degrés. Le 11 décembre, aucune odeur ne s'exhalait du mélange, tandis que la même urine seule placée dans les mêmes conditions répandait au bout de 6 jours une odeur insupportable.

La décomposition de l'urée en carbonate d'ammoniacal s'était effectuée, car en plaçant dans le mélange de la chaux vive, et agitant à froid, l'odeur d'ammoniacal était très forte.

Voilà une expérience de laboratoire, d'autres plus importantes, plus pratiques, si nous pouvons nous exprimer ainsi, ont été faites; nous en parlerons tout à l'heure.

D'après un mémoire sur les antiseptiques, présenté au concours de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres de Dijon en 1767, il est constant que bien antérieurement avant cette époque on avait indiqué le sulfate de fer comme antiseptique.

Ainsi il paraîtrait d'après cette considération que l'emploi du sulfate de fer pour la désinfection des fosses d'aisance est dans le domaine public; mais il ne suffisait pas d'indiquer le moyen, il fallait surtout l'appliquer, aussi citons-nous avec plaisir et éloge les noms des chimistes qui se sont occupés d'une manière sérieuse et profitable à l'intérêt général de cette application très peu attrayante. D'abord M. Siret, pharmacien à Meaux; des expériences ont été faites par lui sous le contrôle d'une commission de l'Académie des sciences composée de MM. Boussingault, Payen et Gasparin. D'après ces expériences couronnées de succès, il faut en employant la poudre de M. Siret (poudre composée de sulfate de fer, de sulfate de chaux, de houille, de goudron, de charbon de bois et de chaux vive), 15 à 18 grammes pour désinfecter, comme aussi pour prévenir la putréfaction des matières fétides émanant des déjections d'un individu par jour (1). M. Siret porte à 1/2 centime par jour le coût de cette quantité de sa poudre désinfectante. Nous savons qu'une Compagnie s'est créée tout récemment à Paris pour entreprendre, par abonnement à tant par tête de chaque habitant, la désinfection préventive des fosses d'aisance de la capitale. Il est évident que tout le succès dépendra de la régularité avec laquelle on introduira chaque jour dans la fosse la quantité prescrite de poudre antiseptique.

Après M. Siret, que nous pensons être le premier en

DÉSINFECTION.

date dans cette application, nous citerons MM. Suquet et Kraft, de Paris, puis M. Schattenmann, le directeur de l'administration des mines de Bouxvillers, bien connu dans le monde industriel par ses travaux d'applications.

Ce moyen de désinfection permanente et préventive l'emporte évidemment sur la désinfection au moment de la vidange, puisqu'avec lui on fait disparaître l'odeur incommode et repoussante qui infecte si souvent les appartements de la capitale, et aussi parce que la désinfection, au moment de la vidange, présente des difficultés dans la mise en pratique; en effet, le brassage des matières, et surtout des matières solides qui se déposent et se lient fortement au fond des fosses où elles forment une masse compacte, est très difficile sur de grandes quantités de matières; or ce brassage, impossible quand les fosses sont closes, est indispensable pour arriver à la désinfection. Cependant, rigoureusement parlant, la désinfection au moment de la vidange, est praticable et devra être pratiquée, lorsque le procédé de préservation n'aura pas été employé à la désinfection au moment de la vidange.

Quand on opère au moment de la vidange, il faut employer du sulfate de fer bien neutre, car l'excès d'acide qui se trouve dans le sulfate de fer du commerce, suffirait pour donner lieu à un dégagement d'acides hydro-sulfurique et carbonique; provenant de la décomposition de l'hydro-sulfate et du carbonate d'ammoniacal. Or l'acide hydro-sulfurique est le plus délétère des gaz qui se dégagent.

La richesse des matières fécales en ammoniacal étant variable, la quantité du sulfate de fer à employer doit varier aussi; mais ordinairement, d'après M. Schattenmann, 2 à 3 kil. suffisent pour saturer 400 litres de matières putréfiées. On peut facilement reconnaître la saturation en mettant une goutte de la liqueur sur une feuille de papier blanc, et on y passant le bout d'une barbe de plume trempé dans une dissolution de prussiate de potasse rouge, car dès qu'il y a excès de sulfate de fer il se forme du bleu de Prusse, et c'est un signe certain que la matière est saturée et qu'il y a excès de sulfate de fer. La liqueur désinfectante est versée dans la fosse d'aisance par l'ouverture qui sert à la vider, puis on remue avec un ringard, formé d'une perche au bout de laquelle on fixe une planche d'environ 50 centimètres de longueur et de 20 centimètres de largeur.

M. Schattenmann recommande avec raison de ne pas jeter dans les fosses d'aisance des débris de végétaux, de viandes et de poissons dont la putréfaction engendre une odeur particulière très infecte, qui pourrait bien n'être pas neutralisée par les sels métalliques.

La désinfection des fosses d'aisance par le sulfate de fer ou autres sels métalliques a, outre le but direct qui est très important au point de vue de l'hygiène et de la salubrité publique, l'avantage indirect, mais d'une haute utilité, de conserver intacte et dans toute sa valeur comme engrais, la partie ammoniacale qui y est contenue. En effet les sels ammoniacaux contenus dans les eaux-vannes des fosses d'aisance sont très volatils, de sorte qu'il se dégagent facilement par évaporation, soit lorsqu'on jette ces liquides sur la terre comme engrais, soit lorsqu'on les conserve dans des citernes ou bassins plus ou moins découverts avant de les employer. Le sulfate d'ammoniacal au contraire est fixe, de sorte qu'on peut, sans exagération, avancer que l'on augmente la valeur de l'engrais qu'on peut conserver indéfiniment.

Les déjections humaines, urines et matières solides, par la variété de sels qu'elles contiennent, et surtout par l'ammoniacal et autres substances azotées, comme aussi par les phosphates qui s'y trouvent, constituent une source abondante d'engrais, qu'on n'a pas jusqu'ici exploitée avec toute l'attention désirable. Dans plusieurs contrées, on n'en tire qu'un parti incomplet, puisqu'on ne fixe pas les sels ammoniacaux volatils; dans d'autres,

(1) On peut admettre que les excréments solides et liquides d'un homme sont, par jour, de trois quarts de kilog., soit de 282 kilog. par an, et qu'ils contiennent 5 pour cent d'azote

DESINFECTION.

on ne tire aucun parti des urines et on les jette comme matières sans valeur ; dans d'autres enfin, on néglige les urines et les matières solides, tandis qu'on devrait recueillir le tout avec soin, en appliquant le dire de cet alchimiste, quelque temps après la découverte du phosphore : *Que si on savait tout ce que contient l'urine, on n'en perdrait pas une seule goutte.* C'est surtout pour Paris que cette indifférence mérite d'être vivement blâmée. Le tiers des urines ou eaux-vannes est distillé sur de la chaux pour en extraire l'ammoniaque qu'on utilise à la fabrication du sulfate de cette base, et les deux autres tiers après avoir séjourné au moins une année dans de vastes bassins sont, avec le résidu liquide de la distillation, lâchés dans la Seine. On voit qu'il y a un immense progrès à réaliser, et que des barbares auraient probablement beaucoup mieux fait que nous.

Nous avons dit que les excréments d'un homme, pendant une année, renferment 8^h,43 d'azote, quantité suffisante, d'après M. Boussingault, pour fournir l'azote nécessaire à la production de 400 kil. de froment, de seigle ou d'avoine, et à celle de 450 kil. d'orge. « C'est-à-dire que ces excréments peuvent fertiliser pendant une année la culture d'un terrain de 20 ares et assurer une récolte abondante. En utilisant tous les excréments humains, les cendres de bois, de tourbe, les matières végétales et animales, on pourrait se passer, sinon entièrement, du moins en grande partie du fumier des bestiaux. Ce résultat, qui rendrait libres les combinaisons de l'agriculture serait fort important, car il résoudreait l'une des questions les plus difficiles, en dispensant le cultivateur de l'entretien d'un bétail nombreux, dans les localités où les fourrages sont rares, et où les terres peuvent être employées plus utilement à produire les aliments nécessaires à une population nombreuse. » (Communication de M. Schattenmann au comice agricole de Bouxvillers. Extrait du *Moniteur industriel* du 29 décembre 1844.)

Nous croyons que M. Schattenmann aurait bien fait d'insister aussi sur les phosphates contenus dans les excréments humains, car ils jouent certainement aussi un rôle important dans la végétation.

Citons encore quelques faits d'après M. Schattenmann. Deux litres de matières, désinfectées et saturées par le sulfate de fer, marquant 2 degrés Beaumé suffisent pour fumer un mètre carré ou un centiare de pré, et un litre seulement pour un mètre carré de froment, d'orge ou d'avoine. En en mettant une plus grande quantité sur les céréales, leur végétation est trop forte, elles donnent plus de paille et moins de grain. Ces matières peuvent être employées par fumer les plantes potagères, le chanvre, le tabac et le lin ; mais elles ne produisent aucun effet sur le trèfle et la luzerne.

Enfin les urines désinfectées peuvent aussi servir à la fabrication des produits ammoniacaux en les traitant par la chaux vive ; seulement, l'alcali volatil étant fixé par l'acide sulfurique, il faudra plus de chaleur et plus de chaux pour parvenir à le chasser entièrement.

Nous avons dit qu'à cause de son bas prix le sulfate de fer se prêtait très bien à la désinfection des matières fécales. Ce sulfate se vend à Paris, au dépôt des usines vitrioliques de l'Aisne et de l'Oise, au prix de 3 fr. les 100 kil., en qualité inférieure, il est vrai, mais bien convenable pour l'emploi en question. Nous pensons que pour les localités assez rapprochées des mines de cendres pyriteuses, ces cendres pourraient bien être employées en nature, après avoir été effleurées à l'air ; les lignites auxquels elles se trouvent mêlées agiraient comme de la poudre de charbon ; il suffirait d'y ajouter un peu de chaux ou même de craie, le carbonate de chaux en effet délayé dans l'eau avec les cendres pyriteuses effleurées neutraliserait l'acide en excès et il ne resterait en dissolution que des sels neutres. Ce que nous disons

DÉSINFECTION.

des cendres pyriteuses s'applique tout aussi bien au sulfate de fer lui-même, et nous en recommandons l'emploi à ceux qui s'occupent de désinfection (1).

Bien que nous ayons indiqué le procédé qui, suivant nous, l'emporte sur tous les autres, nous ne devons pas passer sous silence dans la discussion de cette question les autres moyens proposés qui ont plus ou moins approché du but.

Vers 1835, M. Salmon eut l'idée d'appliquer les propriétés désinfectantes des charbons à la vidange des fosses d'aisance, du moins en ce qui concerne les parties solides.

Avant de parler de ce procédé, disons d'abord que M. Salmon fabriquait, depuis 1826, une poudre désinfectante en calcinant dans des cylindres de fonte, la vase ou la boue provenant des rivières, étangs ou fossés et qui renferment naturellement assez de substances organiques pour former une poudre noire absorbante et désinfectante au degré convenable. Toute matière renfermant du carbone, et les substances organisées sont toutes dans ce cas, peut être employée au même usage : tels sont les débris de tourbe, la sciure de bois, le tan, etc. Il s'est assuré par un travail en grand qu'en mêlant une terre argileuse avec le dixième de son poids d'une matière organique quelconque, de matière fécale par exemple, et calcinant le tout on obtient un mélange propre à fournir un excellent charbon qui, soumis à une pulvérisation, au moyen de cylindres cannelés, et bluté, convient bien à la désinfection.

C'est en se basant sur les propriétés de cette poudre, que M. Salmon songea à l'employer pour enlever aux matières fécales leur odeur, et les convertir en une matière pulvérulente, inodore, et par conséquent facile à extraire des fosses. Les essais qu'il a tentés, à cet effet, ont parfaitement réussi. Pour obtenir cette désinfection, il faut mêler un hectolitre de poudre avec un hectolitre de matière fécale. Dès que le mélange est opéré, toute odeur fétide disparaît. Nous pouvons citer à l'appui de cette désinfection complète et persistante, un fait assez curieux : M. Darcet ayant assisté à la vidange d'une fosse par le procédé Salmon, emporta une petite quantité de la matière désinfectée ; en rentrant chez lui, il la fit placer dans une assiette qu'on présenta dans son salon où il y avait compagnie ; aucun des assistants ne put deviner quelle était la matière que l'on faisait circuler ainsi en grande pompe.

Par l'emploi de ce procédé, la matière organique désinfectée est convertie immédiatement en un engrais très actif et des moins désagréables à employer. Un des avantages que nous devons signaler c'est que cette matière est presque sèche et pulvérulente et d'un transport très facile. Malgré les bons résultats de ce procédé il n'a jamais été appliqué d'une manière régulière à Paris. Il est incontestable que la désinfection permanente des fosses, au moyen des sels métalliques, laisse derrière elle le procédé Salmon, qui ne s'appliquait nullement aux eaux-vannes ; cependant il peut se présenter des circonstances où il rendrait de véritables services.

Nous devons aussi signaler un mémoire présenté par M. Drosne, il y a douze ans, à la Société d'encouragement ; son procédé consiste à séparer immédiatement dans les fosses les parties solides des liquides ; à désinfecter sur-le-champ les matières fécales solides, en mélangeant périodiquement, chaque fois qu'on est obligé d'aller aux aisances, une poudre désinfectante analogue à celle de M. Salmon, et aussi d'empêcher la putréfaction des urines, par l'addition d'une solution de

(1) En effet ce qui rend acide le sulfate de protoxyde de fer (couperose verte) c'est la présence d'une certaine quantité de sulfate de peroxyde qui ne peut exister sans cet excès d'acide. En saturant l'acide par une base ou un carbonate, le sel de peroxyde de fer se dépose à l'état basique et le sulfate de protoxyde reste à l'état neutre.

chlorure de chaux ou d'acide sulfurique étendu d'eau. M. Derosne traite ensuite les matières fécales ainsi désinfectées, pour les rendre propres à servir d'engrais.

Nous devons encore mentionner le procédé de MM. Huguin et compagnie, qui emploient des appareils propres à opérer la séparation des solides et des liquides de manière à désinfecter les premiers et à rendre les seconds impropres à se putréfier. Leur système se compose d'un appareil de séparation au moyen duquel les matières sont retenues dans un vase métallique et les urines reçues dans des réservoirs entièrement clos d'où on les extrait à l'aide d'une pompe.

L'appareil de séparation se compose de deux cylindres dont le diamètre diffère d'environ 3 centimètres et qui sont placés l'un dans l'autre. Le cylindre intérieur criblé de trous à son fond et sur ses parois, retient les matières solides; les liquides s'en échappent par l'espace réservé entre les deux cylindres et tombent dans le fond du vase extérieur d'où ils sont conduits dans le réservoir par un tuyau en tôle galvanisée.

Le tuyau de chute amenant les déjections s'adapte au cylindre intérieur de l'appareil de séparation au moyen d'un manchon mobile qu'on relève lorsqu'il faut vider l'appareil. A ce moment, on place sur l'appareil un couvercle qui le ferme hermétiquement et sur lequel appuie une barre de fer.

Le réservoir qui reçoit les eaux-vannes est construit suivant l'exigence des localités, soit en bois de chêne doublé de plomb, soit en pierre meulière. On le vide à l'aide d'une pompe portative aspirante et foulante sur laquelle est adapté un tuyau qui conduit ces eaux-vannes dans une caisse en tôle établie sur une voiture servant à les transporter. Dans le dallage qui recouvre le réservoir est pratiquée une ouverture, ou trou d'homme fermé par un couvercle aussi en tôle galvanisée garni d'une barre de fermeture et d'un cadenas.

Avant l'enlèvement des eaux-vannes du réservoir ou fosse auquel MM. Huguin et compagnie ne donnent généralement qu'une capacité de 2400 litres, on y introduit par l'ouverture dont nous avons parlé tout à l'heure la liqueur désinfectante, par exemple du sulfate de fer, et on agite pendant quelque temps au moyen d'un bâton. Alors on extrait au moyen de la pompe, et de cette manière on peut enlever 20 hectolitres d'eaux-vannes en un quart d'heure.

Les matières solides sont converties en poudrette soit au moyen d'un mélange que MM. Huguin et compagnie n'indiquent pas, soit par la poudre Salmon, qui les dessèche et désinfecte en même temps.

Voilà en définitive plus de procédés qu'il n'en faut pour arriver à *desideratum*. Désormais si les inconvénients graves que nous avons signalés plus haut se perpétuent, on saura certainement que ce n'est pas la science qu'il faut accuser d'impuissance, mais bien l'autorité d'incurie.

A. MALLET.

DESSIN INDUSTRIEL. Relativement au travail industriel le dessin comprend deux choses : 1° Le moyen d'obtenir le tracé des objets que l'on veut exécuter par des opérations manuelles ou mécaniques, tel est spécialement l'objet du dessin linéaire, application de la science que Monge a formulée sous le nom de Géométrie descriptive; 2° la représentation des ornements, figures diverses qui constituent l'apparence extérieure des objets reproduits par le travail industriel, partie qui est à proprement parler le moyen de l'application des beaux-arts à l'industrie.

Il serait inutile de s'appesantir sur l'origine des arts du dessin aussi anciens que les sociétés humaines, et sur laquelle les auteurs de l'antiquité ne rapportent que des traditions pour le moins fort douteuses. Ainsi, suivant Pline (livre XXXI, chap. 42), les Grecs attribuaient la découverte du dessin à Dibutade, potier de terre sicyonien, grâce toutefois à sa fille : car celle-ci, étant

amoureuse d'un jeune homme qui partait pour un long voyage, traça le pourtour de l'ombre du profil de son amant sur une muraille à la lueur d'une lampe. Son père, sur ce même dessin, plaqua de l'argile, et exécuta l'image en relief sur le dessin tracé (1).

Nous ne nous occuperons pas dans cet article de ce qui est du domaine soit de la géométrie descriptive, soit des beaux-arts. Nous voulons seulement et relater les méthodes pratiques de l'exécution matérielle et passer en revue le grand nombre de procédés existant aujourd'hui, qui tendent à diminuer le travail d'exécution dans les arts, et aident ainsi l'invention de l'esprit.

N'est-ce pas à la promptitude et à la facilité de reproduire mécaniquement, et économiquement surtout, les dessins des artistes distingués, que certaines fabriques doivent une partie de leurs succès, nos plus habiles ouvriers leur supériorité et leur bien-être, et nos chefs d'industrie leur gloire et leur réputation? Et qui ne voit pas autour de soi les produits remarquables des industries que l'art et la mécanique ont déjà envahies? qui n'a pas admiré, par exemple, les belles impressions sur étoffes à l'aide de la mécanique?

Dessin linéaire. Nous traiterons à l'article *Géométrie descriptive* des méthodes de représentation des objets par la méthode des projections et chercherons à en faire sentir l'importance. Quant à l'exécution matérielle du dessin linéaire, s'exécutant à l'aide de la règle et du compas, il peut toujours être fait convenablement par toute personne qui voudra s'y exercer suffisamment avec l'application convenable.

Pour dessiner sur le papier, il faut :

Une règle en bois dur de 40 centimètres.

Une équerre en bois dur de 20 centimètres sur 40 centimètres.

Un double décimètre.

Un tire-ligne (il peut être remplacé par une plume bien taillée en fin).

Un compas à 3 fins, de 40 centimètres.

Un crayon de mine de plomb.

Un morceau de gomme élastique.

Un morceau d'encre de Chine.

Vous exécuterez les tracés d'abord au crayon et légèrement, puis, vous les mettez à l'encre, en suivant exactement les traits du crayon; enfin vous effacerez avec la gomme, les parties de ces traits que vous n'aurez pas dû couvrir d'encre.

C'est aussi en frottant le papier avec la gomme qu'on le nettoie, quand la feuille de dessin est terminée. Si cette gomme se trouve trop dure pour bien enlever le crayon ou les souillures, on l'amollit, soit en la chauffant, soit en la pétrissant entre les doigts.

Taillez le crayon en biseau pour qu'il casse moins souvent, et qu'il produise des lignes très fines.

Marquez légèrement avec une pointe de crayon ou de compas les points que vous devrez unir par un trait au crayon.

Pour préparer l'encre, vous mettez dans une soucoupe trois ou quatre gouttes d'eau, et vous frottez le morceau d'encre de Chine sur le fond du vase, jusqu'au moment où il formera un sillon qui permette d'apercevoir le fond; alors seulement l'encre sera suffisamment noire.

Vous mettez l'encre entre les lèvres du tire-ligne, au moyen d'une plume, après avoir desserré la vis qui unit ces lèvres. Quand vous aurez introduit trois ou quatre plumées d'encre, vous resserrerez la vis et vous

(1) Ce moyen de dessiner a été popularisé de nos jours pour faire des portraits dits à la silhouette. Suivant Mercier (Tableau de Paris, tom. I^{er}), « c'est M. de Silhouette, contrôleur général des finances sous Louis XV, qui a donné son nom à ce genre de peinture. Les portraits à la silhouette furent des images tirées de profil sur du papier noir, d'après l'ombre de la chandelle sur une feuille de papier blanc. »

essaiez l'instrument sur un morceau de papier, pour voir si les lignes qu'il tracera sont trop grosses ou trop fines.

Lorsqu'un tire-ligne, qui contient de l'encre, et qui n'est pas trop serré, vient à ne pouvoir plus marquer, il faut le passer légèrement sur le doigt, pour enlever l'encre sèche qui se trouve à l'extrémité du bec.

Le grand tire-ligne doit être tenu presque d'aplomb; vous le pencherez seulement un peu vers la droite, en l'appuyant contre l'arête supérieure de la règle. Cette règle est conséquemment placée à une petite distance du trait au crayon qu'il s'agit de mettre à l'encre.

Le tire-ligne du compas doit avoir, en tournant, la même position que l'autre. Vous aurez soin de ne pas trop appuyer sur la *pointe sèche* qui reste fixe; autrement vous perceriez le papier.

Dès que vous n'aurez plus à vous servir d'un tire-ligne, vous l'essuierez en dedans avec soin pour prévenir la rouille. On peut toujours éviter de mettre de l'encre en dehors; mais lorsqu'il y en a, il faut l'enlever, après l'avoir mouillée un peu, si elle est sèche,

Un dessin dépourvu d'explication doit se faire comprendre par lui-même. Pour qu'il en soit ainsi :

Les lignes données, droites ou courbes, sont très fines et continues, comme celle-ci :

Les lignes de résultat, droites ou courbes, sont un peu moins fines et continues, comme celle-ci :

Les lignes de construction, c'est-à-dire toutes les autres, droites ou courbes, sont très fines et coupées par des intervalles, comme celle-ci :

Lorsqu'elles se trouvent en grand, on distingue celle d'une opération de celle d'une autre, en mettant un, deux, trois points dans les intervalles.

Exemples : — — — ; — ; — — —

Les parties d'une ligne coupée doivent être à peu près égales entre elles; les intervalles blancs doivent être très petits et aussi à peu près égaux entre eux.

Il importe de s'exercer beaucoup au tracé de ces différentes sortes de lignes, soit avec le grand tire-ligne ou la plume, soit avec le compas; c'est le seul moyen de parvenir promptement à dessiner vite et bien.

(Extrait du Cours de géométrie appliquée par Bergery.)

Dessin artistique et d'ornement. Ce genre de dessin exige pour être fait d'une manière remarquable une disposition naturelle, mais l'étude peut enseigner à le faire d'une manière convenable. Toutefois nous pensons qu'on ne suit pas dans son enseignement la marche la plus sûre. L'élève devrait toujours commencer par l'étude du dessin linéaire, c'est-à-dire fait à la règle et au compas; se familiarisant par l'étude de ce dessin avec la représentation exacte des corps, il pourrait passer bientôt par un progrès naturel à l'exécution, à main levée, des objets.

En général, les maîtres de dessin ne permettent pas aux élèves d'employer les procédés géométriques. Il vaut mieux, disent-ils, accoutumer son œil à voir la nature avec justesse, et raisonner sur les effets qu'elle produit. Mais cette méthode offre l'inconvénient bien plus grave de ne pas assurer l'élève de la rectitude de son œil qui voit toujours mal, et de sa main qui hésite et tremble, en formant les contours de l'esquisse.

A notre avis, pour parvenir à dessiner fidèlement et sûrement un objet quelconque, il faut absolument avoir fait usage des instruments graphiques; alors disparaissent cette défiance et cette incertitude, qui, dans les premiers essais du dessin artistique, se décèlent par l'hésitation et le tremblement du crayon.

Ces principes se rapprochent beaucoup d'une méthode d'enseignement fort ingénieuse que nous croyons devoir rapporter. C'est la *Manière d'apprendre à dessiner sans maître* (extrait d'Eudoxe par M. Deleuze), ceux qui en feront usage pourront l'apprécier, comme elle la mérite.

« Tous les artistes s'accordent à dire que lorsqu'on sait dessiner la figure, on réussit dans les autres genres de dessin avec une certaine facilité. Cela est vrai, parce qu'en dessinant la figure on s'accoutume à la précision qui est l'âme du dessin. Mais il est un moyen plus sûr et plus facile d'acquérir cette indispensable qualité, c'est en s'occupant d'abord uniquement du dessin au trait.

« Les formes des objets visibles sont déterminées par des lignes droites, diversement inclinées, et par des lignes courbes. C'est donc à tracer régulièrement ces lignes et à les placer dans leur inclinaison que consiste l'art du dessin au trait.

« Ayez une toile ou une planche peinte en noir, ou plutôt une ardoise de 4 mètre de hauteur et de même largeur, et servez-vous d'un crayon blanc; sur l'ardoise le meilleur est l'espèce de stéatite, vulgairement appelée *cras de Briançon*. Il serait néanmoins plus commode de faire ces essais sur une feuille de corne légèrement dépolie (1), en la frottant avec de la pierre ponce en poudre ou avec de la préle. La transparence de cette feuille permet de comparer en un moment le dessin avec le modèle; il suffit de placer la feuille de corne sur ce que l'on aurait copié. Si l'on se sert d'encre dans laquelle on a fait fondre du sucre, elle s'efface très aisément avec une éponge mouillée, et la même corne peut toujours servir. Je crois qu'on pourrait employer de même le crayon ordinaire; on le pourrait bien certainement en se servant d'une feuille de verre, qu'on aurait légèrement dépolie en la frottant avec du sablon. Il suffirait même d'appliquer sur le verre une couche de blanc d'œuf, le crayon de sanguine marque très bien sur cet enduit. A l'aide d'une règle, tracez sur une planche semblable, une ligne horizontale; voilà votre premier modèle: ensuite, toujours avec la règle et le crayon, divisez régulièrement cette ligne par quatre ou cinq perpendiculaires, et copiez ce second modèle jusqu'à ce que votre main soit assez exercée pour tracer rapidement l'horizontale et les verticales aussi régulièrement qu'avec la règle et l'équerre. Vous réussirez au bout de quelques jours. Alors tracez sur votre planche-modèle un angle, puis d'autres plus ou moins aigus, et copiez-les de même; vous accoutumerez ainsi votre œil à juger de l'inclinaison des lignes et de la grandeur des angles. Je n'ai pas besoin de dire que pour corriger vous aurez recours à la règle et au crayon; ce sont là vos uniques maîtres. Des angles passez aux divers triangles par le même procédé, et tout sera fini pour les lignes droites. Maintenant viennent les lignes courbes: commencez par le cercle, que vous dessinerez jusqu'à ce que votre main soit assez sûre pour le décrire d'un trait, et placez un point au centre de là, passez aux diverses courbes, enfin à des figures de géométrie compliquées dont vous trouverez des modèles dans tous les ouvrages de géométrie (2).

« Lorsque vous aurez acquis cette justesse de coup d'œil et cette sûreté de la main qui vous fait tracer des figures sans instruments, et à peu près comme avec leur secours, vous en saurez déjà plus que si vous eus-

(1) L'emploi d'une glace polie, sur laquelle on dessine avec un crayon lithographique, nous paraît remplir le même but d'une manière beaucoup plus avantageuse.

(2) On trouve d'excellents modèles en ce genre, 40 Dans le *Cours de dessin* publié par Boniface, d'après la méthode de Pestalozzi;

20 Dans le cours de dessin linéaire, par M. Francoeur;

50 Dans les principes de dessin linéaire, par M. Houillon;

40 Dans le dessin linéaire des demoiselles, par Lamotte;

50 Dans l'abrégé de géométrie pratique, par les frères de la doctrine chrétienne;

60 Dans les tableaux de dessin linéaire, par Pompée;

70 Dans le cours de dessin linéaire appliqué au dessin des machines, par Armengaud;

80 Dans les éléments de dessin, par Lepage, etc.

siez passé deux ans dans une académie. Vous n'éprouverez aucune difficulté à copier des dessins d'architecture, etc. Voilà les premiers principes; il est temps de venir à l'application. Jusqu'ici vous n'avez imité que des images tracées sur une surface plane, il faut accoutumer votre œil à saisir les contours des objets mêmes. Choisissez pour cela les formes les plus simples, celles des vases par exemple, dont vous ne considérez que les principaux contours.

« Vous ne pourrez plus alors vous servir du compas pour rectifier vos erreurs; mais en choisissant pour modèle les objets d'une forme régulière, vous reconnaîtrez aisément si vous avez bien saisi les contours.

« Arrangez sur une table quelques objets d'une forme géométrique, tels qu'une pyramide, une sphère, un prisme, un cube, éclairez-les d'une bougie. Vous savez que la distance, la position de la lumière étant donnée, vous obtiendrez, par des moyens géométriques, le contour des images et celui des ombres portées. Dessinez-les d'après ces principes, et comparez les dessins avec celui que vous avez fait à la vue. Quand vous serez sûr que vous aurez acquis une extrême justesse dans le coup d'œil, vous passerez au dessin de la figure. Pour y réussir, commencez par dessiner l'écorché; ce sont des dessins dans lesquels les figures humaines sont dépouillées de l'épiderme. Joignez-y quelques notions de perspective, que vous pourrez puiser dans les manuels spéciaux (1), ainsi que la théorie des proportions. Vous trouverez sur ce dernier sujet toutes les instructions nécessaires dans le petit traité de *Jean Cousin* (2). Il vous apprendra même à dessiner les raccourcis sur des principes certains. Munis de ces notions préliminaires, travaillez d'après la bosse, en commençant par les figures les moins difficiles. Vous pourrez, comme je l'ai dit, corriger vos ouvrages à l'aide du carreau; insensiblement, et peut-être en moins de temps que vous ne vous l'imaginez, vous réussirez à dessiner une figure correctement et sans tâtonner. Parvenu à ce point, vous avez encore une faculté à exercer; c'est la mémoire, car il faut que le dessinateur s'accoutume à comparer le souvenir des objets qu'il a vus.

« Prenez une bosse quelconque pour modèle, dessinez-la sur votre ardoise au simple trait, mais avec la plus scrupuleuse exactitude. Votre dessin fini, effacez et dessinez une seconde, une troisième fois et à chaque fois, cherchez à retrouver dans votre mémoire le trait que vous avez dessiné précédemment. Lorsque vous vous apercevez que vous savez la figure à peu près par cœur, couvrez-la d'un voile et dessinez-la de mémoire; vous ne réussirez pas la première fois, mais il faut faire des efforts et finir bien ou mal (3). Le trait achevé, revenez à votre modèle, et corrigez d'après lui votre dessin. Recommencez cet exercice, jusqu'à ce que vous soyez en état de dessiner cette figure de mémoire comme en la voyant. Choisissez d'autres bosses, et continuez de la même manière; vous serez étonné de trouver au bout de quelque temps que vous savez par cœur ce que vous avez dessiné une seule fois; vous arriverez même bientôt à étudier une figure sans crayon, et à la dessiner le lendemain de souvenir. »

« Jusqu'à présent, vous n'avez dessiné qu'un simple trait, c'est l'essentiel, mais cela ne suffit pas. Les leçons d'un maître vous seront très utiles pour apprendre l'art de placer les ombres, et de donner de l'effet à vos ouvrages. Votre œil exercé ne tardera pas à saisir la

différence des teintes et la dégradation des lumières, et vous les rendrez avec facilité. Pour aller plus vite, dessinez sur le papier gris, où il suffit d'un peu de blanc et de noir pour exprimer les lumières et les ombres; apprenez ensuite le lavis, mais laissez là la peinture à l'huile. Si vous en faisiez un amusement, vos ouvrages seraient au-dessous du médiocre: si vous vouliez égaler les moindres artistes, il vous faudrait sacrifier beaucoup de temps. Je suis persuadé qu'au bout d'un an, en travaillant trois heures par jour, vous serez assez fort pour dessiner toutes sortes d'objets d'histoire naturelle, fleurs, animaux, objets de mécanique et même des paysages dans lesquels les arbres n'auront pas cette élégance de feuillage qu'on remarque dans ceux des peintres, mais où les têtes seront bien rendues. Vous pourrez dessiner de même des costumes, des attitudes, votre œil et votre main seront exercés, et en copiant des figures antiques, vous aurez acquis ce tact qui fait distinguer le beau. »

DIVERSES MANIÈRES DE CALQUER.

Une des opérations les plus fréquentes dans la pratique des arts du dessin, et pour laquelle le plus de procédés ont été inventés, est celle qui consiste dans la reproduction d'un dessin.

Pour copier des dessins, et obtenir des copies égales et semblables, on emploie :

Le calque à l'aide de la vitre ou sur la vitre elle-même.

Le calque sur du papier frotté de sanguine ou de mine de plomb, sur de la gaze ou des feuilles de papier transparentes, voire même sur du parchemin rendu transparent par une lessive alcaline.

Le papier piqué dit *poncis*.

Les patrons découpés ou *imprimures*.

Calque à l'aide d'une vitre ordinaire. On commence par appliquer l'une sur l'autre la feuille de papier qui porte le dessin, et celle sur laquelle on veut le reproduire, en ayant soin de les bien juxtaposer et de les fixer avec des pains à cacheter, de la colle à bouche ou de la cire molle, afin d'éviter tout dérangement. Ces précautions prises, on pose les deux feuilles de papier sur le carreau d'une croisée, et on suit avec un crayon quelconque tous les contours du dessin vu par transparence. Mais cette manière est très fatigante et très sujette à altérer la rectitude des traits, à cause du frottement de la main qui tiraille et dérange toujours le papier sur lequel on dessine.

La vitre peut encore être posée horizontalement, soit sur une table qui a une ouverture plus petite que la glace, soit sur 2 tréteaux en bois, soit enfin sur un métier à broder. Dans ce dernier cas, on met une bougie ou lampe dessous la vitre, afin d'éclairer le dessin, Sénéfelder a décrit, dans son *Traité de lithographie*, page 409, un autre moyen de calquer le dessin à l'aide de la vitre placée horizontalement.

On place, dit-il, sous le verre une glace inclinée qui rejette d'en bas et par derrière le jour sur le dessin. On doit former par le haut une ombre légère qui, frappant un peu sur le haut du dessin, fait que le jour qui s'insinue par derrière a plus d'effet.

Le calque à la vitre présente ce grand avantage qu'on peut copier le dessin dans le sens inverse; pour cela, il suffit de mettre le dessin en contact avec la glace, et d'appliquer dessus le papier à dessiner. C'est à l'aide de ce procédé que les graveurs et les lithographes peuvent copier ou lever un dessin quelconque pour le transporter ensuite sur la planche matrice.

Calque au moyen du papier transparent ou de la gélatine. Généralement on se sert pour calquer les dessins des différents papiers transparents qu'on achète tout préparés chez les marchands de couleurs et de fournitures d'articles de peinture. Mais nous oserons combattre, par des observations directes et concluantes, cet

(1) Voir les *Traités de perspectives* de Thibault, Chapuis, Valenciennes, Thénot.

(2) Dans ce cas, les méthodes de M. Dupuis offrent un immense avantage en procédant du simple au composé, ce qui facilite et assure le progrès de l'élève.

(3) C'est sur le même principe qu'est fondée la méthode Tirpenue pour laquelle l'auteur a pris un brevet d'invention.

usage vicieux relativement aux inconvénients que présentent tous les papiers transparents du commerce en général.

Le papier huilé n'est pas assez transparent pour laisser apercevoir les traits déliés au travers de son tissu ; il jaunit au bout de peu de temps, et tache souvent les dessins et les tissus sur lesquels on l'applique.

Le papier gélatine est très transparent, d'une petite dimension, et d'un prix de vente élevé, il se racoquille et se casse facilement par la sécheresse, voire même au contact de la main ; il s'allonge et s'étend par l'effet de l'humidité.

Le papier verni a la transparence du papier gélatine quand il est nouveau, mais il est sec, cassant, et il jaunit beaucoup avec le temps, graisse et tache souvent les dessins lorsqu'il est exposé à une température élevée.

Le papier végétal est le seul qu'on puisse employer avec sûreté et économie ; il est sans odeur, ne jaunit jamais, et il ne peut tacher ni les dessins, ni les étoffes avec lesquelles il est en contact ; mais il est peu transparent, d'un prix assez élevé, il gèle facilement et présente ainsi des difficultés pour tracer les traits à l'encre et au pinceau.

De tous ces faits, on peut conclure que le calque au moyen des papiers transparents et de la gélatine est beaucoup plus coûteux et plus difficile à employer que le calque à la vitre, et nous nous étonnons même que personne encore n'ait songé à faire cette remarque et à dire franchement son opinion aux dessinateurs praticiens.

Il est des cas, cependant, où le papier transparent peut offrir quelque utilité, par exemple, lorsqu'il s'agit de calquer un dessin très vigoureux et très marqué d'après une étoffe colorée, un châle broché avec des couleurs tranchantes (1), un papier peint, une planche gravée, une lithographie dessinée sur pierre ou sur le zinc, d'après tout autre objet plan et opaque que la lumière ne pourrait traverser. Il est difficile, pour ne pas dire impossible, de faire usage du papier huilé et du papier végétal, qui ne sont pas assez transparents pour permettre de lever un dessin léger sur étoffe damassée ou brochée avec des couleurs ternes et peu tranchées, sur une étoffe ou une tapisserie brodée avec des couleurs très variées et fondues qu'on ne voit pas distinctement.

Le papier-gélatine ou glace, présente un avantage réel parce qu'on peut calquer, ou plutôt graver le dessin dessus avec un pointe sèche, et qu'ensuite en remplissant les tailles avec de la sanguine ou de la mine de plomb, on peut obtenir des impressions répétées qu'on transporte à volonté sur une surface plane quelconque.

Voici la manière de s'en servir :

Placez le dessin que vous voulez reproduire sur une planche à dessiner parfaitement horizontale, et fixez-le avec de la colle à bouche, de la cire molle, ou par tout autre moyen ; posez ensuite le papier gélatine (2) de manière que la surface lisse se trouve en dessus (3), et fixez-le aussi avec de la cire molle.

Les choses étant ainsi disposées, vous gravez légèrement avec une pointe sèche, semblable à celle dont on se sert pour graver à l'eau forte, tous les traits du dessin que vous apercevez au travers du papier-gélatine. Lorsque les traits du dessin sont entièrement gravés,

vous enlevez avec précaution les barbes qui sont de chaque côté, avec un grattoir dont la lame est recourbée et très tranchante (4). Cela fait, vous frottez la surface du papier gélatine avec un bouchon humecté d'huile d'olive et un peu de blanc d'Espagne pour lui donner un plus beau poli et de la souplesse.

Vous remplissez les tailles avec de la poudre de sanguine et de mine de plomb, ou de crayon noir à dessiner, à l'aide d'un tampon de drap fin ou de velours de soie, et vous essuyez avec soin la surface du papier gélatine pour enlever la poudre superflue.

Votre dessin apparaît alors très distinctement.

Pour obtenir une impression ou empreinte sur une surface plane et unie, vous posez d'abord le papier gélatine sur cette surface, le côté gravé en dessous, observant de bien l'étendre avec la main ; puis vous appliquez sur le papier gélatine un morceau de taffetas gommé très mince et fortement tendu sur un châssis en fil de fer, ou tout simplement en bois (2). Ensuite vous frottez la surface du taffetas gommé soit avec un racle en bois semblable à celui dont on se sert dans l'imprimerie lithographique, soit avec une brosse dure soit avec un cylindre tournant sur deux axes en fer ; soit enfin avec un brunissoir de graveur. Par l'un ou l'autre de ces moyens, vous obtiendrez une empreinte très pure et très exacte. Vous pouvez encore soumettre le papier gélatine et la surface à imprimer à l'action d'une presse.

Calque au moyen de la gaze transparente blanche ou noire. C'est la méthode la plus simple et la plus économique surtout pour lever les contours d'un grand dessin, d'un tableau peint à l'huile, etc. ; nous la trouvons déjà indiquée dans un excellent mémoire sur la peinture, imprimé dans l'*Histoire de l'Académie des sciences*, depuis 1666 jusqu'à 1699, tom. ix (3).

Nous transcrivons ici les propres paroles de l'historien : « On ne saurait contre-tirer un tableau pour le copier, c'est pourquoi on a cherché une autre manière prompte et sûre pour transporter le dessin d'un tableau sur une toile imprimée ou sur un mur ; mais je rappellerai seulement celle qui est la plus en usage, qui est très commode, et qui ne peut faire aucun tort à l'original : on l'appelle *prendre au voile*.

« On choisit un crêpe ou voile de soie noire très fin et assez serré, en sorte pourtant qu'on puisse voir facilement à travers tous les objets ; on y coud tout autour une bande de vieille toile, ou de quelque étoffe mince, et on l'étend sur un châssis de bois, en sorte que le crêpe est tout dégagé. »

« Pour l'usage, on appliquera ce crêpe bien tendu sur le tableau qu'on veut copier, et comme on voit assez facilement au travers du crêpe tout ce qui se présente sur le tableau, on dessine tout le trait avec un crayon de craie blanche bien pointu, et de médiocre dureté. »

On transporte le tracé en frottant la gaze avec un morceau de papier à plat et plié en trois ou quatre double et large d'environ trois doigts.

Calque sur un taffetas ciré, dont l'invention est due à M. Jobard, de Bruxelles. Choisissez un carré de taffetas ciré bien uni, ou plutôt faites-en fabriquer une pièce un peu plus forte et moins transparente que celui du

(1) Dans la fabrication de châles, on se sert exclusivement de papier verni.

(2) On peut enduire la surface intérieure du papier gélatine d'une légère couche de carmin mouillé par l'essence de térébenthine, afin de donner à l'artiste plus de facilité pour voir les traits.

(3) Le papier gélatine a toujours une surface lisse et une qui ne l'est pas, ce que l'on reconnaît très bien à l'œil et au toucher.

(4) L'instrument connu en chirurgie sous le nom de *sauge* remplit parfaitement ce but.

(2) Pour éviter de déchirer le taffetas, on coud sur ses bords un galon de fil ou de coton croisé, avec deux rangées de points arrière, et on l'étend sur le châssis en le laçant avec une ficelle. Pour faire mieux, on pose des cillets métalliques sur le galon en ayant soin de les placer uniformément et à petite distance.

(3) Il est à remarquer que le célèbre Bramante, qui florissait à Rome vers le commencement du xvi^e siècle, a indiqué l'emploi de la gaze pour dessiner en perspective.

commerce, et tâchez qu'on lui donne une couleur laiteuse, nous dirons pourquoi.

Faites coudre une tresse de fil autour de votre carré; passez un lacet dans cette tresse pour tendre également ce taffetas, au centre d'un cadre formé d'un fil de fer gros comme un tuyau de plume à écrire.

Placez ce taffetas sur le dessin à copier et suivez les traits avec une plume et de l'encre lithographique.

Voilà bien le fond du procédé, mais vous ne feriez rien de bon sans les explications qui vont suivre :

1° Le taffetas étant translucide, il s'ensuit que le trait que vous tracez, se confondant avec le trait de dessous, vous ne savez pas s'il a la même épaisseur; il faut donc ternir l'envers du taffetas avec une légère solution de lait de chaux ou de blanc quelconque qui permette d'apprécier exactement l'épaisseur et la pureté de vos traits (1);

2° La plume ordinaire ne vaut rien; il faut se servir des petites plumes lithographiques de Perry, qui permettent de tracer les lignes les plus délicates avec une rare facilité;

3° Si votre encre n'est pas assez épaisse, elle s'étale et vous ne faites que des pâtes; il faut donc amener votre encre lithographique à la consistance d'un lait épais; vos traits, au lieu de s'épater, ont une tendance à se resserrer à cause de l'état un peu grasseux du taffetas qui ne repousse pas néanmoins l'encre grasse et alcaline que vous lui confiez;

4° Avant de dessiner, vous aurez soin de passer une couche d'essence de térébenthine ou d'eau de savon sur votre taffetas que vous essuiez bien avec du papier Joseph ou avec un linge.

En très peu de temps vous aurez acquis une habitude parfaite de ce procédé, et ce sera un plaisir pour vous de vous y livrer. Quand on fait un faux trait, rien n'est plus aisé que de l'enlever avec un grattoir, car il ne pénètre point dans la substance du taffetas; il n'est que déposé sur la surface. On peut au besoin enlever à l'essence toute une partie de dessin ou le dessin tout entier. (Extrait du Rapport sur l'Exposition de 1839, par M. Jobard.)

Du reste, on comprend que le dessin fait sur le taffetas gommé peut être décalqué aisément sur le papier, la planche de cuivre, la pierre lithographique, le zinc, etc., par le même procédé que nous avons indiqué plus haut.

Calque et décalque d'un dessin au moyen du papier ordinaire frotté de sanguine, de mine de plomb, ou de noir de fumée. Il y a plusieurs moyens connus de calquer un dessin au moyen de papier frotté de sanguine, afin de le décalquer ensuite sur le papier, le bois, les métaux, etc., à l'aide du frottement d'un instrument convenable ou d'une presse à imprimer; et nous allons les indiquer successivement.

1° Si le dessin peut être sacrifié, on se borne à le frotter par derrière avec de la sanguine, de la mine de plomb, ou du crayon noir pulvérisé que l'on étend bien également avec un linge fin, de manière à ne laisser sur le papier aucun grain grossier qui pourrait troubler le papier. On pose ensuite le côté coloré sur la surface à dessiner, et on suit avec un crayon de mine de plomb très dur tous les contours du dessin qui s'impriment visiblement et dans le sens direct. Il est bien entendu qu'on fixe solidement l'original et le papier sur lequel on veut dessiner, afin qu'ils ne puissent pas se déranger.

Pour obtenir les traits des dessins dans le sens inverse, on se contente de suivre les contours de l'original soit avec un crayon de sanguine, soit avec un crayon noir à dessin, soit avec une plume ou un pinceau, et une en-

(1) On peut obtenir un bon résultat en dessinant tout simplement avec une couleur tranchante avec celle de l'original.

cre liquide d'une couleur tranchante avec celle du modèle, et dans laquelle on aura fait fondre un peu de sucre. On décalque ensuite l'esquisse dans le sens inverse par les procédés déjà décrits;

2° On peut aussi mettre entre le dessin et la surface à dessiner un papier ordinaire enduit de sanguine et de mine de plomb; et on repasse sur tous les traits avec un crayon de mine de plomb, comme il est dit plus haut.

3° Si l'on ne veut pas gâter le dessin, on le calque sur un papier transparent, avec un crayon noir à dessin, de la sanguine, ou avec une plume et de l'encre à écrire un peu sucrée, ou le décalque ensuite sur la surface donnée, que l'on humecte légèrement pour lui donner plus d'aptitude et d'affinité à prendre les traits colorés;

4° Enfin les dessins imprimés fraîchement à l'encre grasse, peuvent être décalqués sur la papier, les étoffes lisses, le bois, le verre, les métaux, la pierre, etc.; en les faisant passer sous la presse de l'imprimeur en taille douce ou sous celle de l'imprimeur lithographe.

Le simple frottement d'une roulette ou d'une raclé en bois suffit ordinairement lorsque le papier qui a reçu le dessin a été enduit d'une couche de colle, d'amidon ou de gomme, etc., avant l'impression. Dans ce cas, on mouille le derrière du papier avec une éponge, afin de dissoudre l'encollage et de détacher plus facilement le dessin qui reste invariablement fixé sur la surface en contact.

Les vieilles impressions elles-mêmes peuvent être ramollies par l'emploi de la vapeur d'eau, par l'ammoniaque liquide, l'éther sulfurique, les huiles essentielles, l'alcool anhydre, les sels alcalins dissous dans l'eau et légèrement chauffés, etc. On réussit même à saponifier l'encre grasse d'impression en imprégnant la gravure d'une solution de soude caustique, dont on neutralise ensuite l'effet par un lavage à l'eau de rivière, saturée par quelques gouttes d'acide sulfurique. Après cette opération, les vieilles impressions sont propres à être décalquées sur le papier, le cuivre, la pierre lithographique, etc. Les contre-épreuves, il est vrai, sont peu marquées, mais on peut augmenter leur intensité et leur vigueur, en les mouillant avec de l'essence de térébenthine et les saupoudrant de mine de plomb et de crayon noir pulvérisés et mêlés ensemble. On peut encore humecter le dessin lui-même, avant d'opérer le décalage, avec de l'essence de térébenthine ou de lavande, mais on mouille préalablement le papier,

Nous dirons plus tard toutes les applications que l'on fait et que l'on peut faire du mode de transport des dessins imprimés (voyez LITHOGRAPHIE, IMPRIMERIE EN TAILLE DOUCE, PEINTURE SUR VERRE, TOILE VERNIE, etc.)

Moyen d'obtenir simultanément deux calques d'un dessin, l'un dans le sens direct, et l'autre dans le sens inverse. Prenez une feuille de papier mince et unie, comme celui dit *serpente*, et posez-la sur une feuille de zinc bien plane et bien propre; incorporez avec du saindoux un peu d'essence de térébenthine très pure, du bleu de Prusse et du noir de fumée en suffisante quantité pour colorer, et broyez le tout avec une molette sur une glace; étendez avec précaution cette composition sur les deux côtés de la feuille de papier avec une éponge, de manière à former une couche légère et uniforme, et laissez-la sécher jusqu'au lendemain. Vous frottez ensuite la feuille noircie avec du papier Joseph non collé que vous renouvelez souvent jusqu'à ce qu'elle ne soit plus tachée.

Vous placez cette feuille noircie entre deux feuilles de papier blanc, deux morceaux de mousseline, de taffetas, de satin ou de tout autre tissu sur lequel vous voulez dessiner; vous posez dessus le dessin à

calquer, et vous fixez le tout sur une feuille de zinc bien unie, à l'aide de poids très pesant. Cela fait, vous suivez les contours du dessin avec un poinçon émoussé fait avec un fil de plomb étiré; alors le dessin se trouve reproduit sur les deux feuilles de papier blanc par le frottement du crayon qui y fait adhérer les parties grasses.

Moyen de copier un dessin de dentelle. Vous attacherez la dentelle bien droite et bien tendue sur du parchemin vert posé sur le métier ou carreau (1). Pour cela, vous ficherez des épingles de place en place sur les deux bords. L'un de ces bords est l'engrèture ou la lisière, et se nomme le pied de la dentelle; l'autre, garni d'une suite de petites boucles attachées après un fil plat, est le picot, et s'appelle la couronne. Fichiez des épingles dans les réseaux de la dentelle, dans la même partie où vous commencez, et finissez d'attacher; ensuite, prenez une aiguille comme un poinçon, ou plutôt un poinçon même, et piquez dans tous les réseaux de la dentelle, en évitant de piquer au milieu des fleurs. Si au lieu d'une dentelle, c'est un dessin tout piqué que vous avez fixé sur le parchemin, cela ne change rien à l'opération. Prenez bien garde, quand vous avancerez la dentelle pour continuer le dessin, de piquer parallèlement aux derniers trous. Le dessin piqué, ôtez le modèle, et suivez à l'encre toutes les parties non piquées, en vous aidant de la vue du modèle.

Autre procédé. On prend un morceau de dentelle que l'on colle avec de la gélatine sur un morceau de carton fort, en ayant soin de l'étirer dans tous les sens. La dentelle étant tendue bien uniformément, on applique dessus un papier très mince frotté d'un côté avec un corps gras, coloré en noir ou en rouge (voy. pag. 4424) que l'on place en dessus; puis on couvre le tout d'un papier blanc, dit serpenté ou pelure; ensuite, à l'aide d'une légère pression ou par le simple frottement d'une roulette, on transporte l'empreinte de la dentelle sur le papier blanc.

Manière expéditive d'obtenir une ou plusieurs copies d'un dessin au moyen d'un poncis, ou d'un patron découpé à jour. D'abord il faut préparer le poncis de la manière suivante :

On choisit une feuille de papier collée, mince, et très résistante (2). On trace ou calque le dessin sur cette feuille de papier par les procédés ordinaires; et on le place sur une table horizontale, recouverte d'un carton garni d'une couverture de laine douce ou d'un morceau de drap plié en double. On fixe la feuille de papier dessiné avec de fortes aiguilles que l'on pique dans le carton, observant de placer, sous le dessin, deux ou trois feuilles de papier de la même qualité et de la grandeur convenable, suivant le nombre d'exemplaires que l'on veut avoir.

Cela fait, on pique avec une aiguille à coudre fine, ayant une large tête de cire, ou mieux à l'aide de la machine de M. Barthélemy, que nous donnons à la suite de ce paragraphe, tous les traits du dessin, surtout les sommets des angles et les extrémités des lignes. Il faut éviter surtout de piquer deux fois dans le même point ou à côté d'un trou et en dehors des contours; de plus, l'aiguille doit être tenue d'aplomb, et perpendiculairement sur le papier, le doigt index sera appuyé sur la tête de l'aiguille. Nous ferons remarquer aussi que plus les traits du dessin sont petits et délicats plus les trous des piqûres doivent être petits et rapprochés les uns des autres.

Lorsque le dessin est entièrement piqué, on enlève les barbes faites à l'envers du papier par les piqûres de

l'aiguille, en les frottant doucement avec une pierre-ponce bien unie.

Si le dessin présente des répétitions ou similitudes, égales à la moitié ou au quart de sa surface, on plie le papier que l'on veut piquer en deux ou en quatre parties égales, et on le pique seulement par moitié ou par quart, de manière que les plis forment les lignes de jonction ou de raccord.

Pour piquer en même temps les deux côtés semblables d'un angle droit, on plie le papier sur lui-même, de manière à former un triangle rectangle. On pique ensuite en suivant la ligne droite, qui forme avec le pli du papier un angle de 45 degrés.

Les autres objets nécessaires sont :

1° Une poncette, formée d'un feutre gris très fin, et roulé fortement sur lui-même en forme de cylindre; puis on pique des épingles, perpendiculairement à son axe, pour arrêter le bout. À défaut de feutre, on prend de la peau de buffle d'une moyenne épaisseur, très souple, et qui est d'un meilleur emploi peut-être;

2° Du charbon, du crayon noir, de la craie, du blanc de plomb, et des poudres résineuses diversement colorées, et réduites en poudre très fine et très sèche (4);

3° Une glace très unie et une molette en verre pour broyer les poudres.

Voici le moyen-pratique de répéter ou de multiplier les copies d'un dessin piqué :

On pose le poncis d'aplomb sur la partie que l'on veut dessiner, et on le fixe avec des épingles ou des poids très lourds. On frotte légèrement la poncette sur la glace, recouverte d'une poudre de charbon, de craie, de crayon noir, ou de toute autre matière d'une couleur tranchante avec le fond de la surface à dessiner, et on la repasse avec précaution sur toute la surface du poncis en décrivant de petits cercles (2). La poudre qui se détache de la poncette passe à travers les trous, et se fixe sur la surface de l'objet en formant une suite de petits points colorés correspondant aux piqûres du poncis. Pour reconnaître si tous les traits du dessin sont bien marqués, on soulève d'une main le poncis, en ayant soin de le bien presser de l'autre main. Puis on recommence à promener la poncette comme précédemment, s'il y a lieu.

Lorsque le dessin est terminé, on enlève légèrement le poncis, sans le frotter, et on souffle dessus pour enlever la poudre qui le couvre et pour dégager les trous; puis on le rajuste délicatement sur une autre partie de l'objet, que l'on a déterminée et marquée au besoin avec un crayon tendre, et ensuite on recommence la même opération du ponçage.

S'il s'agit de répéter uniformément le même dessin, suivant des contours ou rapprochements que l'œil ne saurait reconnaître, on rajuste bien exactement le

(4)

COMPOSITION :

Noir,	{ 5 parties de bitume de Judée, 7 id. de copal, un peu de noir animal pour colorer,	} pour l'impression des tulles.
Noir,	{ copal, 9 parties, colophane, 4 de, noir animal pour colorer.	} pour l'impression de la mousseline.
Vert,	{ sandarac avec un peu d'indigo pour colorer, copal, 9 parties,	
Bleu,	{ mastic en larmes, 4 de, indigo pour colorer.	
Blanc,	{ colophane, 9 parties, copal, 4 de, blanc d'argent pour former la teinte blanche.	

On met ces ingrédients dans un vase de terre et on les fait fondre sur un feu ardent, en ayant soin de ne les projeter que peu à peu, et au fur à mesure de la fusion.

(2) Anciennement on formait un nouet ou petit sac de toile peu serrée, dans lequel on renfermait les poudres fines; on passait ce nouet sur toute la surface des figures, en frappant légèrement afin de faire tomber la poudre.

(1) C'est le métier sur lequel on fabrique la dentelle à l'aide des fuseaux.

(2) Le papier végétal serait excellent pour cet objet, mais il est trop cher; à son défaut on emploie du papier mince connu dans le commerce sous le nom papier bulle.

poncis en le piquant avec deux aiguilles que l'on fixe à l'endroit où le raccord doit commencer.

Il est bien entendu que les traits du dessin poncé avec du charbon, de la craie, du crayon noir, etc., peuvent être enlevés par le frottement d'une brosse ou d'un blaireau, voire même par le vent que l'on souffle avec la bouche, et cette propriété est utilisée souvent pour opérer des changements ou des raccords dans certains détails du dessin; mais on fixe les traits obtenus avec une poudre résineuse (1), en promenant un fer à repasser chaud sur le dessin, recouvert nécessairement d'un papier blanc pour éviter les salissures. On conçoit aisément que la chaleur du fer fond la résine qui adhère fortement au papier, ou bien à l'étoffe, ou à toute autre surface sur laquelle le dessin est imprimé; on ne peut même l'enlever qu'à l'aide d'un lavage à l'eau savonneuse ou à l'alcool.

Machines à piquer les dessins. par M. Barthélemy, ingénieur. Dès l'année 1824, M. Barthélemy inventa un mécanisme à ressort dont les mouvements produisaient le jeu d'une aiguille adaptée à une tige passant à travers un petit tube, que la main dirigeait sur un dessin, en même temps que la projection de cette aiguille perceait à volonté 2 ou 3 papiers superposés les uns sur les autres, en conservant toujours le parallélisme de l'aiguille. Mais les frottements considérables de ce mécanisme avaient bientôt détruit tous les calculs de précision.

Enfin, en 1830, M. Barthélemy convertit ce principe de piquer en un autre mécanisme à pédale. Le dessin ci-dessus en donne une idée exacte (fig. 654). Il a pour effet de faire piquer jusqu'à 200 points en une seconde. L'aiguille est fixée dans un petit tube en cuivre laminé et fixé à vis dans un autre tube muni

tement adapté par le bas et permettant nécessairement le jeu de va-et-vient sans aucune résistance. Le haut de cette tige est attaché à un coussinet qui enveloppe une petite poulie à axe excentrique. C'est le jeu de cette poulie qui tend à faire monter et descendre avec douceur et sans secousse l'aiguille piqueuse. D'autres poulies liées entre elles par de petites cordes de boyaux et mues à une vitesse proportionnées au nombre de tours multipliés par ceux de la grande roue, transmettent le mouvement à volonté suivant la finesse du dessin et l'accélération nécessaire. La pédale est placée à la portée de la personne qui conduit l'opération, c'est-à-dire sous son pied droit; mais il est nécessaire de contracter pendant quelques heures une habitude telle que tous les mouvements du corps de la personne ne soient pas susceptibles de réagir sur l'action de sa main sur le papier à piquer. Il résulte de cette habitude un ensemble de mouvements bien mesurés. Le pied ne doit agir sur la pédale que vers son extrémité, et la plus petite impulsion entretient la rotation de la roue principale. Il y a à l'extrémité du balancier ou conducteur des poulies un contre-poids propre à annuler dans la charge de la main l'excédant de la somme entière du poids de la tige verticale. Ce contre-poids se recule ou s'avance suivant la volonté du piqueur. Les cordes étant sujettes à se contracter et à se dilater, on a placé entre leurs distances des vis de rappel afin de les tendre ou de les détendre suivant le besoin. Enfin, le piqueur se tient assis naturellement sur le devant d'une table recouverte d'un drap assez épais sur lequel il promène et retourne en tous sens, à la manière des graveurs sur bois, son papier à piquer dont il a le soin de savonner la surface pour faciliter le glissement. Quant à la vitesse et à la direction de l'aiguille qui pique, c'est la main de l'artiste qui les donne, et ces effets sont toujours subordonnés à son habileté et à son adresse.

Manière de faire les patrons découpés ou imprimés. Préparation des papiers. — I^{er} Moyen. On met sur une feuille de zinc bien unie une feuille de beau papier de la grandeur convenable, non collée et cylindrée, que l'on enduit de chaque côté avec de l'huile de lin cuite et légèrement chauffée, au moyen d'une éponge ou d'un morceau de flanelle;

II^o Moyen. 1^o Enduisez l'un des côtés de la feuille de papier d'une couche de suif ou de saindoux, à l'aide d'une éponge ou d'un morceau de flanelle;

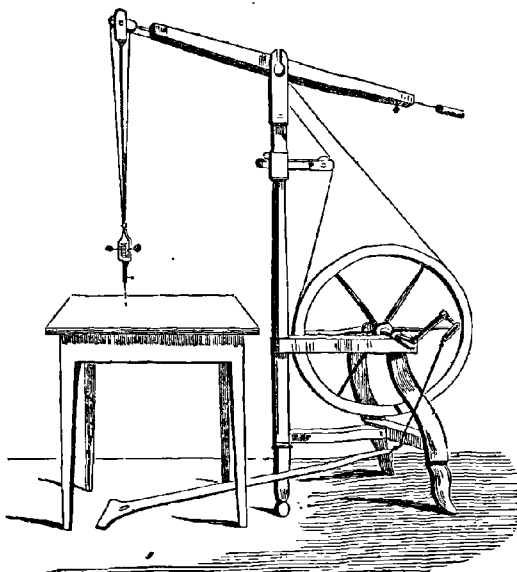
2^o Exposez cette feuille sur une planche de cuivre chauffée, et recouverte d'une feuille de papier gris non collé;

3^o Essuyez-la avec précaution, à l'aide d'un papier souple;

4^o Appliquez avec une éponge ou un blaireau une seule couche d'un vernis composé de colophane, de térébenthine de Venise, par parties égales, ou trempez tout simplement la feuille dans du vernis gras au copal, faites-la sécher et égouttez à l'air libre;

5^o Enfin, lorsque la feuille est sèche, vous dégraissez sa surface avec de l'alcool très pur, ou de la mie de pain, ou de la craie en poudre.

III^o Moyen. On choisit du papier collé très mince et



d'un écrou, lequel tube est adapté à une petite tige brisée. Cette tige entre dans un autre tube très jus-

(1) Ce procédé a été inventé, en 1807, par deux dessinateurs en broderies, MM. Revol et Rigondeit.

très égal, que l'on enduit de chaque côté de trois couches successives de colle animale liquide bien chauffée (1), de parchemin, de colle de poisson, ou de gélatine, ou bien de l'une et l'autre mêlées ensemble; pourtant la troisième couche doit être moins chaude et plus claire que les deux premières.

On fait sécher les feuilles sur des cordes, en les suspendant par un coin au moyen d'une épingle en bois à ressort faisant l'effet d'une pince. Lorsqu'elles sont sèches, on les expose à la cave ou dans tout autre endroit humide, afin de les amollir et de les mouiller, puis on place chaque feuille entre des plaques de zinc polies et frottées légèrement avec de l'huile d'olive, du savon ou du saindoux, à l'aide d'un morceau de flanelle; et on les soumet ainsi à l'action d'une presse à vis pendant vingt-quatre heures au moins, afin d'unir et d'égaliser leur surface. Enfin on les retire de la presse et on les fait sécher, s'il y a lieu, entre les plis d'une étoffe bien sèche; enfin on les soumet de nouveau à l'action de la presse à vis pendant dix à douze heures, en ayant soin de mettre chaque feuille entre du papier humecté avec une infusion tiède de noix de Galles. Il faut avoir bien soin pourtant de conserver les feuilles dans un endroit entretenu à une température modérée.

Manière de découper les patrons. Vous coupez une feuille de papier préparée, à peu près du double de la grandeur du dessin que vous voulez faire. Vous calquez dessus tous les principaux contours du sujet par les procédés ordinaires, comme si vous vouliez exécuter un poncis; puis vous posez cette feuille sur une table de bois blanc bien unie, ou mieux sur une glace bien dressée, en la fixant aux quatre coins avec des poids en plomb, garnis en dessous avec du papier de verre; ensuite, à l'aide d'un canif ou de tout autre outil tranchant, vous découpez et enlevez tous les traits noirs, observant de laisser de distance en distance de petits morceaux de papier pour soutenir le dessin. Vous tiendrez aussi la pointe de l'outil plutôt droite que penchée, et vous appuierez assez fortement pour couper nettement du premier coup.

Au lieu d'un canif on peut encore employer avec plus d'avantage un petit poinçon dont la pointe est taillée à angle vif, et l'on s'en sert alors comme d'un découpoir en frappant sur la tête avec un petit marteau de bijoutier. Par ce moyen on fait un véritable poncis dont les points sont plus grands et à angles vifs; mais on comprend qu'on ne peut en agir ainsi que pour l'exécution des dessins d'une large facture, tels que ceux qui sont destinés pour la broderie nuancée sur étoffe, les estampilles, les vignettes pour affiches, etc.

Manière d'employer les patrons découpés. On place le patron sur la partie que l'on veut imprimer et on le fixe avec les poids ou au moyen de pointes posées à demeure sur la table à dessiner, puis on prend une forte brosse que l'on trempe légèrement dans une encre liquide et gommée; on la frotte sur un garde-main pour voir si elle n'est pas trop mouillée, en ayant soin de la tenir bien droite et de frotter avec vitesse. Lorsqu'on s'est bien assuré de son effet, on la pose sur le patron en décrivant toujours des petits cercles comme on le fait quand on délaie des couleurs dans une soucoupe. Lorsque la brosse n'a plus de couleur, ce dont on s'aperçoit parce qu'elle ne salit plus assez fortement le patron, on en reprend de nouvelle et on l'applique sur les autres parties du dessin, et ainsi de suite jusqu'à son entier achèvement. Au reste, on voit si l'opération s'exécute bien en soulevant de temps en temps le patron.

Si l'encre s'écarte et salit le dessous du patron, on peut en conclure qu'il y avait trop d'encre dans la

(1) La colle doit être assez fluide pour entrer dans le papier.

brosse et que l'on a frotté avec trop de vigueur et de vitesse surtout. Dans tous les cas, il faut bien essuyer le patron avec un linge avant de recommencer.

Toutes couleurs employées pour la peinture à l'aquarelle ou à la gouache peuvent servir lorsqu'on emploie les papiers préparés à l'huile. Les couleurs à l'huile et les encres d'imprimerie sont seules applicables avec le papier préparé à la gélatine; toutefois on y ajoute plus ou moins de térébenthine, suivant le besoin et la nature du principe colorant (4).

EMPLOI DES PROCÉDÉS MÉCANIQUES POUR COPIER DES DESSINS INÉGAUX ET SEMBLABLES, AINSI QUE DES OBJETS VUS EN PERSPECTIVE (2).

Vitre et gaze transparentes.

La première idée de ces machines à dessiner est due à Pietro della Francesca, du bourg San-Sepulero, qui florissait vers l'an 1458 environ. (Voir la *Vie des peintres* par Vasari.) Ce savant, pour démontrer la théorie de la perspective, imagina un tableau transparent placé entre le spectateur et quelque objet; il démontra ainsi que le tracé des rayons, étendu de l'œil aux extrémités visibles de l'objet, formait sur le tableau en le traversant une image semblable à l'objet. Après lui, Léonard de Vinci et Bramante ont indiqué le moyen de dessiner sur une vitre en suivant avec un pinceau enduit de couleur tous les contours des objets tels qu'ils apparaissent à l'œil nu. Bramante ajoute même (voir son *Traité sur la perspective*) :

« Quant à la troisième manière qui consiste à mêler la règle avec la pratique, elle s'obtient à l'aide d'un verre ou du gaze sur laquelle on trace les objets qui sont aperçus au travers. » Or, à l'époque où Bramante écrivait, Viator avait inventé et publié une manière de mettre les objets en perspective sur le papier à l'aide d'une équerre à T de son invention. Voir *De artificiali perspectiva Viator secundo*, traduit par Perigrinus (3).

Dans un ouvrage imprimé en allemand en 1523, et traduit en latin en 1535 (4), Albert Durer, le célèbre peintre et graveur, a donné le dessin et la description d'une vitre verticale pour dessiner les objets, d'après les principes posés par Pietro; mais Albert Durer a inventé le point fixe servant de point de vue; or c'est là le point important pour dessiner exactement les objets en perspective (5).

Depuis, plusieurs auteurs ont indiqué le moyen de dessiner sur une vitre verticale. Pour cela on la frotte de blanc d'œuf battu avec de l'eau-de-vie, ou bien on la frotte de gomme arabique mélangée avec de l'alcool ou du vinaigre. On trace le calque à la sanguine, puis on applique sur cette vitre le papier sur lequel doit être déchargé le calque. On a soin de tenir le papier un peu

(1) On fait encore des *imprimures* avec du cuivre très mince et recuit, avec des feuilles d'étain que l'on colle sur un cadre en bois, et quelquelfois même avec du parchemin. A cette occasion, nous rapporterons un procédé pratiqué anciennement pour rendre le parchemin transparent et propre à calquer :

Vous le laverez à plusieurs reprises avec une lessive légère, et vous le rincerez dans l'eau claire, puis vous l'étendrez et le fixerez sur un cadre en bois avec des clous très rapprochés, et vous le ferez sécher à l'air libre. Lorsque le parchemin sera bien sec vous le vernirez.

(2) Voir l'*Histoire chronologique des machines à dessiner*, publié dans le Bulletin de la Société d'encouragement, octobre 1844.

(3) C'est un procédé semblable que le gouvernement a acheté l'année dernière à M. Amaranthe Rouillet, moyennant la rente viagère de 1,200 fr. (voir le journal *l'Illustration*, année 1844, tome II, page 265; *Moniteur universel*, no janvier 1844).

(4) *Geometria libri quat.*, pages 1 et 483.

(5) Cet instrument est appelé *traquardo* (niveau) par les Italiens; et un marchand de couleurs et de curiosités, à Paris, le vend ou le prône aux curieux comme une découverte ancienne due à *Traquair* !

humide, et comme le dessin est renversé, on en fait la contre-épreuve, lorsqu'il est encore humide, sur un autre papier humide aussi. (Voir Montabert, *Traité complet de la peinture*.)

Cette méthode pourtant a l'inconvénient d'altérer sensiblement la transparence de la glace et d'affaiblir aussi l'éclat des objets; et nous conseillons de dessiner tout simplement sur la glace avec un crayon lithographique.

Chambre noire de Porta.

Porta fit construire des chambres portatives; chacune d'elles était composée d'un tuyau plus ou moins long armé d'une lentille. L'écran blanchâtre en papier ou en carton sur lequel les images allaient se peindre occupait le foyer; le physicien napolitain destinait ses petits appareils aux personnes qui ne savent pas dessiner. Suivant lui, pour obtenir des vues parfaitement exactes des objets les plus compliqués, il devait suffire de suivre avec la pointe d'un crayon les contours de l'image focale.

Ces prévisions de Porta ne sont pas complètement réalisées. Les peintres, les dessinateurs, ceux particulièrement qui exécutent les vastes toiles des panoramas et des dioramas ont bien encore quelquefois recourus à la chambre noire, mais c'est seulement pour tracer en masse les contours des objets, pour les placer dans les vrais rapports de grandeur et de position, pour se conformer à toutes les exigences de la perspective linéaire. Quant aux effets dépendant de l'imparfaite diaphanéité de notre atmosphère qu'on a caractérisés du terme assez impropre de *perspective aérienne*, les peintres exercés eux-mêmes n'espéraient pas que pour la reproduire avec exactitude la chambre obscure pût leur être d'aucun secours. (Extrait d'un rapport fait à la Chambre des Députés par M. Arago sur le daguerréotype.)

Mais quand on a vu les admirables dessins obtenus par les procédés inventés par MM. Niepce et Daguerre, et perfectionnés par MM. Fizeau, Séguier, Claudet, Gaudin, Foucault, Choizelat et autres, personne n'est tenté aujourd'hui de critiquer l'emploi de la chambre noire, et on ne saurait trop recommander à tous les artistes peintres et dessinateurs qui veulent dessiner correctement d'après nature, de faire d'abord des dessins photographiés, pour éviter des fautes d'optique et de perspective, afin de les reproduire ensuite par le moyen du crayon et des couleurs (voyez PHOTOGRAPHIE). Mais pour la reproduction des dessins industriels sur le papier ou sur étoffe, et suivant des dimensions déterminées, la chambre obscure est impuissante ou au moins imparfaite.

Pantographe pour réduire et augmenter les dessins nécessairement tracés sur le papier. C'est M. de Marolais qui a inventé cet instrument vers le commencement du dix-septième siècle (voir sa *Théorie de la perspective*, 4^e édition, 1615).

Le R. P. Scheiner, géomètre souabe, a imaginé plusieurs dispositions de parallélogrammes linéaires ou pantographes. Voir son livre intitulé *Pantographice seu ars delineandi*, etc., (Rome, 1634.)

Tout le monde connaît cet instrument qui permet de faire des figures semblables à une figure donnée (voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE). Bien que son usage se soit étendu dans ces dernières années, néanmoins comme c'est un instrument difficile à conduire et surtout d'une fatigante lenteur, les dessinateurs préfèrent généralement le mode de réduction aux carreaux.

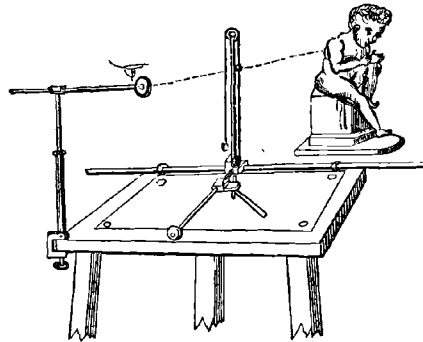
Carreaux. On se sert de ce procédé pour copier ou réduire un dessin à de moindres dimensions. Comme on a souvent besoin dans les arts de dessiner de grandes machines ou des appareils, nous croyons devoir exposer ici un moyen simple et très prompt qui ne suppose presque aucune habitude de l'art du dessin.

Concevez un cadre en bois, dont l'intérieur est vide,

et dont les côtés sont solidement assemblés à angles droits, à tenons et à mortaises. Chaque tringle est divisée en un certain nombre de parties égales, en 40 par exemple; le bois est percé d'un petit trou à chaque point de division qu'on a marqué d'un numéro. On enfle dans ces trous une soie rouge qui, passant d'un bord au bord opposé par les trous de même numéro, forme des séries de lignes fines et parallèles aux côtés du cadre, dont l'espace vide se trouve divisé de la sorte en cent carreaux à jour.

Appliquez cet instrument sur le dessin que vous voulez réduire après avoir tracé au crayon avec une règle et un compas, sur une feuille de papier, un égal nombre de carreaux plus petits portant les mêmes numéros que ceux du cadre; marquez sur ces lignes ou dans l'intérieur de chaque carreau tracé, ce qui se voit sur le carreau de même numéro sur le cadre, et vous n'éprouverez aucune difficulté pour copier ou réduire le modèle assez fidèlement, et avec beaucoup de promptitude. Si vous pratiquez ce procédé en plaçant le carreau devant une machine ou un paysage, et que vous fassiez attention de remettre toujours l'œil au même endroit, lorsque vous voulez regarder les objets à travers le cadre, vous en obtiendrez une perspective exacte.

Equerre de Cigoli, peintre de Florence, en 1600, perfectionnée par M. Ronalds, en 1825. C'est le même instrument que l'on appelle diagraphe de M. Gavard, qui l'a perfectionné. Il avait déjà reçu des perfectionnements importants de MM. Rennekampf et Ronalds; la figure représente celui publié comme étant l'œuvre de M. Ronalds, de Croydon. (Voir le *Journal hebdomadaire des Arts et Manufactures d'Angleterre*, Paris, 1825.)



652.

La vue perspective (fig. 652) fait bien comprendre comment, à l'aide de cet instrument, on peut dessiner les objets d'après nature, sur un plan horizontal et suivant des dimensions déterminées.

Il suffit de tenir à la main le petit chariot qui glisse à volonté sur la tringle horizontale et perpendiculaire sur l'objet à dessiner. Ce chariot porte un crayon, auquel est attaché un fil de soie ou de métal extrêmement fin, qui roule sur deux poulies placées en haut et en bas d'une tige de fer verticale, cette tige verticale est emmanchée et demeure sur une base ou socle en cuivre et forme, avec la première tringle horizontale, une véritable équerre maintenue dans la position verticale au moyen d'une longue tringle fixe et glissant à travers des anneaux qui lui servent de guide. Le fil de soie porte un petit grain d'émail ou de verre coloré, servant d'index ou point de mire, et tendu au moyen d'un petit poids suspendu à son extrémité. On place d'une manière invariable l'œil au point de vue et on promène l'index sur

tous les contours apparents de l'objet, en faisant glisser le curseur qui porte le crayon le long de la tringle horizontale, en même temps qu'on le pousse de droite à gauche ou de gauche à droite. Par ce moyen, la pointe du crayon trace en petit sur la feuille de papier l'esquisse de l'objet vu en perspective, et la réduction est d'autant plus petite que l'objet et le point de vue sont plus éloignés du plan perspectif.

Nous ferons remarquer ici les additions apportées à l'instrument primitif de Cigoli, savoir :

1° Le curseur qui reçoit le crayon et l'extrémité du fil servant de guide, et qui permet de promener plus facilement l'index sur les contours de l'objet;

2° Les poulies sur lesquelles roulent le fil de soie qui, dans l'appareil de Cigoli, passait dans des fourchettes;

3° Le petit trou percé dans une plaque de métal et servant de point de vue, tandis que Cigoli employait à cet effet une verge creusée en angle aigu;

4° Enfin, le mouvement que l'on peut donner à la tige verticale à droite et à gauche, en poussant à la main la tringle horizontale, tandis que dans la machine de Cigoli le même mouvement était opéré en tirant successivement deux cordons attachés à l'extrémité de la tringle horizontale et parallèle à l'horizon, et passant à travers des anneaux fixés à chaque angle de la tablette à dessiner.

M. le baron de Reuenkampff avait imaginé, dès l'année 1808, d'attacher les deux extrémités du fil sur le curseur qui porte le crayon, et de supprimer le contre-poids. (Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, tom. IX, page 434.)

Enfin M. Gavard, en 1830, a eu l'idée de fixer la tige verticale sur un chariot porté sur 2 poulies roulant sur une tringle de fer, posée fixement sur la table à dessiner.

Parallélogramme du R. P. Scheiner, perfectionné par Rènes (quelques auteurs écrivent Wren), pour dessiner les objets vus en perspective. Nous avons extrait le dessin de cette machine (fig. 653) du livre des *Voyages de Monconys en Angleterre*, mais nous devons dire aussi que, dès l'année 1634, le R. P. Scheiner, géomètre et astronome souabe, avait donné la théorie et les gravures de plusieurs parallélogrammes applicables au dessin de tous les objets matériels. Voir son livre ayant pour titre : *Pantographice seu ars delineandi res quas libet per parallelogrammum lineare, seu capum mechanicum mobile.*

Rènes a apporté cependant au parallélogramme de Scheiner deux additions ou modifications notables, savoir :

1° Une équerre ou T en bois, que l'on fixe avec une vis sur le plan du tableau vertical sur lequel on veut dessiner;

2° Un fil sur lequel glisse un curseur servant de point de mire. On tend et fixe ce fil parallèlement aux deux côtés du parallélogramme, sur des pointes de fer disposées à cet effet.

L'usage de cette addition est d'obtenir un dessin ou égal, ou plus grand, ou plus petit que l'objet, selon que l'on attache le fil aux pointes opposées; au milieu il sera égal; plus haut, il sera plus grand; plus bas, il sera plus petit; mais il faut encore proportionner la distance du point de vue au plan carré; ce qu'on

apprendrez mieux par la pratique que par une description.

On trouve dans le même livre le dessin et la description d'une autre machine inventée par M. Laurent, et qui est publié dans le *Magasin Pittoresque*, avril 1844; mais l'auteur de l'article attribue à tort l'invention de cet instrument à Wren, le célèbre architecte de Saint-Paul de Londres.

Au résumé, M. Burnier a imaginé, en 1840, une machine à dessiner fondée sur le même principe que celle de M. Laurent, et qui nous paraît bien plus facile à manier; nous en donnons la figure vue en perspective (fig. 654). On voit très bien que l'artiste ayant



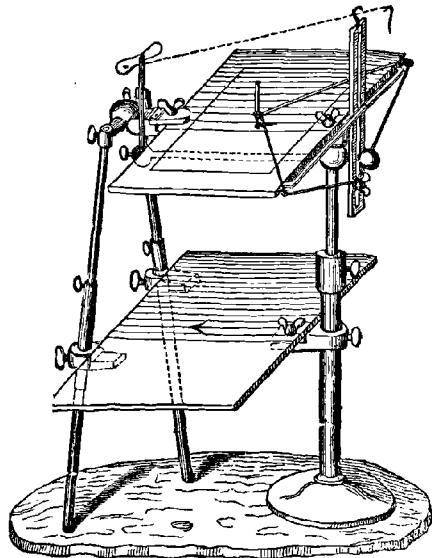
654.

l'œil placé fixement dessine sur une tablette verticale, en promenant une longue baguette en laiton dont l'extrémité supérieure sert d'index; au centre de la baguette se trouve le porte-crayon formé d'un tube en cuivre renfermant un ressort à boudin qui pousse le crayon. Ce

tube est percé d'une fenêtre longitudinale à travers laquelle on peut retenir le crayon avec l'index. Deux cordons métalliques placés parallèlement en haut et en bas de la tablette maintiennent la baguette contre la planchette à dessiner.

De plus, un volet tourne librement autour de deux gonds fixés sur un montant en bois posé verticalement derrière la planchette. Ce volet porte à ses parties supérieure et inférieure une règle fendue pour livrer passage à la baguette, et pour la maintenir dans une position toujours verticale.

Tout l'appareil est monté sur une espèce de chevalet de peintre.



655.

La figure 655 représente le dessin d'une machine de ce genre que nous avons fait construire pour la Société d'encouragement, d'après des idées qui nous avaient été suggérées par l'un de ses membres les plus distingués.

Cette machine se compose : 1° D'un pied en bois sur lequel on pose une tablette horizontale, et mobile à volonté, au moyen d'une genouillère en bois ;

2° D'un pied à fourchette que l'on fixe à l'aide d'une mâchoire sur le devant de la tablette, afin de l'empêcher de tomber ;

3° D'une règle en bois fendue dans toute sa longueur, et mobile dans tous les sens autour d'un point fixe. Cette règle porte à son extrémité supérieure un fil de laiton recourbé servant d'index et de point de mire. Une triangle métallique un peu écartée de la tablette maintient la règle dans la position verticale ;

4° D'une ficelle dont les extrémités sont attachées sur un écrou à oreille et qui glisse dans la rainure de la règle en bois ; le milieu de cette ficelle, qui est posée sur la tablette à dessiner, porte une boucle dans laquelle on engage un crayon quelconque. Cette ficelle passe en outre dans des pitons en fer fixés sur l'épaisseur de la tablette ;

5° D'une tringle en bois rond portant à son extrémité supérieure une plaque de fer blanc percée d'un petit trou servant de point de vue.

Lorsqu'on veut dessiner d'après nature, on règle d'abord l'appareil, de manière que la pointe de l'index et celle du crayon soient perpendiculaires sur le milieu de l'arête de la tablette, et également distantes de ce milieu : ce qu'on obtient facilement en élevant ou en abaissant l'écrout qui retient les bouts de la ficelle. Quand l'appareil est bien réglé, on dessine en suivant les indications données pour l'usage de l'équerre de Cigoli.

Chambre claire à prisme de verre, de Wollaston.

La chambre claire (fig. 656) est un instrument qui permet de voir par double réflexion un objet placé latéralement, tandis que l'œil suit directement la pointe d'un crayon qui trace l'image que l'œil voit sur le papier.

Pour faire usage de cet instrument, il faut fixer la tige de l'appareil invariablement sur une table au moyen d'une vis de pression, et l'incliner de manière que le prisme formé des deux lentilles corresponde au milieu du papier sur lequel on veut dessiner. Puis on allonge la tige, et on tourne le plus grand côté du prisme en face de l'objet à copier, qui est posé verticalement comme la figure l'indique. Ensuite, appliquant l'œil sur le petit trou pratiqué dans la plaque du métal ovale, on continue de faire tourner le prisme sur son axe jusqu'à ce qu'on aperçoive en regardant de haut en bas, l'image droite de l'objet sur le papier sur lequel on doit dessiner et qu'on a soin de fixer avec des épingles ou de la colle à bouche.

Mais cet instrument exige encore une foule de renseignements, de pratiques minutieuses pour avoir des représentations plus ou moins grandes et nettes de l'original ; et pour les faire mieux comprendre, nous laisserons parler l'auteur lui-même :

« Il faut que le dessinateur se place dans une position telle qu'une portion seulement de la pupille soit

interceptée par l'arête du prisme ; alors cette portion de l'œil recevra les rayons émanés des objets éloignés, par la double réflexion prismatique interne, tandis que les rayons venant du papier et du crayon, entreront directement dans la partie de cette même pupille qui est en arrière de l'arête du prisme.

« Selon que l'arête du prisme entame plus ou moins avant le cercle de la pupille, la vivacité relative des deux impressions qui résultent en même temps de la vision directe et des images produites par la double réflexion varie ; si l'œil s'avance trop sur le prisme, on ne voit plus que l'image des objets éloignés, le crayon et le papier disparaissent ; si, au contraire, l'œil est trop en arrière on ne voit plus que le crayon et le papier, les images des objets extérieurs s'évanouissent. Mais il y a une position intermédiaire de l'œil que l'usage fait bientôt acquérir et dans laquelle on aperçoit en même temps avec un degré de clarté égal et suffisant, les images, le papier et le crayon. Pour éviter les inconvénients qui peuvent résulter des mouvements involontaires de l'œil, on peut chercher à fixer sa position et régler les quantités relatives de la lumière qu'il reçoit à la fois du papier et des images réfléchies, au moyen d'un petit trou pratiqué dans une lame de laiton qui, se mouvant autour d'un point fixe, peut s'adapter à toutes les inégalités de lumière. Le trou de cette lame de laiton se présente sur le bord du prisme, et, en poussant la lame plus ou moins en avant ou en arrière, on trouve par un court tâtonnement, le point le plus convenable pour la double vision, lorsque l'œil est placé tout près de cette ouverture.

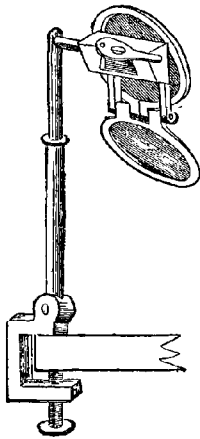
« L'instrument devant être situé très près de l'œil, n'a pas besoin de grandes dimensions, et l'on peut réduire de beaucoup son volume, sans nuire à l'effet. C'est d'après ces motifs et quelques autres que je me suis décidé à le construire aussi petit qu'il est possible de le faire avec précision, et que je l'ai exécuté sur une échelle telle que les lentilles n'ont que 20 millimètres de diamètre.

« Bien que ma première intention eût été de faciliter, au moyen de cet appareil, le dessin des objets naturels dans leur véritable perspective, et que ce soit là son principal usage, cet avantage est loin d'être le seul qu'on en puisse tirer ; car la même disposition des réflecteurs peut tout aussi commodément s'employer pour copier des dessins déjà faits que pour dessiner d'après nature ; et l'instrument peut ainsi aider les commençants à acquérir l'habitude de faire des esquisses correctes. »

Lorsqu'on l'emploie à cet usage, il faut placer le dessin à copier, autant qu'il sera possible, à la même distance de l'appareil que l'est le papier placé au-dessous ; dans ce cas, la copie a la même grandeur que l'original, et l'on n'a besoin de lentille ni du côté du dessin à copier, ni du côté du papier sur lequel on dessine.

En employant convenablement cet instrument, on peut l'appliquer aux mêmes usages que le pantographe ordinaire ; car on peut réduire un tableau dans des proportions données, en le plaçant à une distance qui soit avec celle où se trouve le papier sur lequel on copie, dans le même rapport que la réduction que l'on veut faire ; c'est-à-dire que plus on voudra diminuer les dimensions de la copie, plus il faudra éloigner l'original.

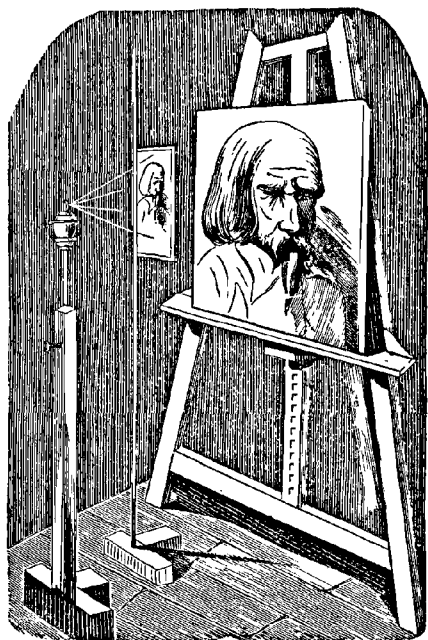
Mais, dans ce cas, il faut se servir d'une lentille, pour que l'œil puisse voir d'une manière également distincte à deux distances inégales ; et afin qu'une lentille puisse servir à tous les cas, on trouve beaucoup d'avantage à ce que l'intervalle que le prisme peut parcourir sur son pied de haut en bas, et de bas en haut, soit un peu grand, parce que cela donne plus d'étendue à l'échelle des réductions. »



656.

En plaçant la lentille convexe sur le devant de l'appareil, et en renversant les distances proportionnelles (c'est-à-dire en plaçant l'original à une distance moindre que la distance au papier), l'artiste pourrait dessiner correctement de petits dessins sur une grande échelle, et le naturaliste, en se servant d'une lentille dont le foyer serait très court, pourrait copier de très petits objets dont les images seraient alors considérablement amplifiées. (Extrait du mémoire de Wollaston, inséré dans le *Philosophical magazine*, tome XXVIII, p. 343.)

Moyen imaginé, en 1843, par M. Amaranthe Rouillet, pour reproduire les dessins amplifiés sur un plan vertical



657.

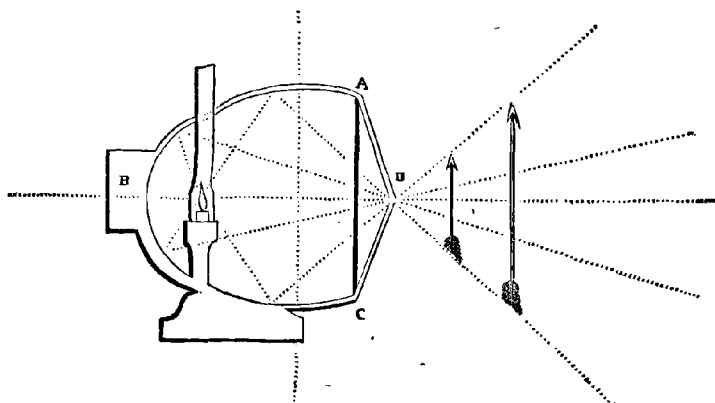
(fig. 657). Pour grandir nettement un dessin, M. Rouillet le trace soit directement, soit en le décalquant sur de la

flambeaux afin de les préserver des mouches. Cette gaze est connue sous le nom de *gaze gommée*. Sur cette gaze on tracera les contours et on marquera les ombres avec de l'encre lithographique, puis on disposera l'appareil comme on le voit dans la figure ci-jointe. A défaut de la gaze gommée, on peut employer une vitre.

La lampe est portée sur un pied disposé de manière à pouvoir l'élever ou l'abaisser à volonté. Sa flamme doit être très petite, et se réduire, autant que possible, à un point lumineux. On emploiera donc, si l'on veut, une mèche cylindrique très grêle, ou bien une lampe à mèche plate préparée de la manière suivante : on coupera à l'extrémité de la mèche une bande rectangulaire d'environ deux ou trois millimètres de hauteur, que l'on ôtera en ayant soin de laisser à l'un des angles de la mèche un petit rectangle d'un millimètre de base sur deux ou trois de hauteur; puis on baissera la mèche jusqu'à ce que le petit rectangle fasse seul saillie au-dessus du rebord de la monture en cuivre; on allumera l'extrémité du rectangle, et l'on placera la lampe de manière à ce que la mèche soit dans un plan perpendiculaire au petit cadre sur lequel se trouve le dessin.

Le placement de la lampe exige quelques précautions : il faut que la flamme soit sur une ligne droite horizontale passant par le centre géométrique du dessin, et à une distance convenable pour avoir le grossissement que l'on désire et des contours nets et bien tranchés. Si le dessin que l'on veut amplifier est lui-même de grande dimension, alors les contours seront élargis et mal terminés. Pour obvier à cet inconvénient, on partage mentalement ou en réalité le cadre du dessin en deux rectangles égaux par une ligne horizontale menée par le milieu des deux bords verticaux, on en fait autant sur la toile destinée à recevoir l'image grossie; puis l'on place d'abord la lampe sur une ligne horizontale passant par le milieu du rectangle supérieur, de façon à ce que le rectangle du grand cadre soit complètement rempli par la moitié supérieure de l'image grossie, et l'on calque sur ce cadre la portion de la figure ainsi agrandie; ensuite on abaisse la lampe jusqu'à ce qu'elle se trouve sur la ligne horizontale passant par le milieu du rectangle inférieur, et l'on calque cette partie à son tour. On conçoit que l'on puisse, si cela est nécessaire, partager la figure en quatre, en huit, en seize, etc., parties égales, et obtenir ainsi un grossissement indéfini. Par cet artifice, on évite l'élargissement des traits et les pénombres qui les rendraient incertains.

Le cadre sur lequel on reçoit l'image grossie doit être tendu avec du papier blanc ou une toile préparée pour



658.

gaze ou de la tarlatane, soit sur une gaze particulière dont on se sert quelquefois pour envelopper les pendules et les

peindre, afin que l'ombre noire fasse contraste avec le fond. Les peintres verront qu'on obtient ainsi de très

beaux effets d'ombres portées qu'il serait intéressant de fixer sur le papier. On dirait des dessins grandioses d'un relief extraordinaire et d'un aspect sculptural (*Extrait du journal L'Illustration*, mai 1844, page 146).

M. Lassus, rapporteur de la commission qui a examiné le procédé de M. Rouillet, a perfectionné la lampe employée pour le grossissement des objets. Pour que l'ombre portée sur la toile soit nette, pour qu'il n'y ait point de pénombre, il faut que la flamme soit réduite à un point lumineux (fig. 658). Il place donc la flamme de la lampe au foyer d'un miroir métallique concave en forme d'ellipsoïde de révolution A B C, qui fait converger tous les rayons vers un orifice très étroit D, à travers lequel ils s'échappent, et qui peut être considéré comme un point lumineux.

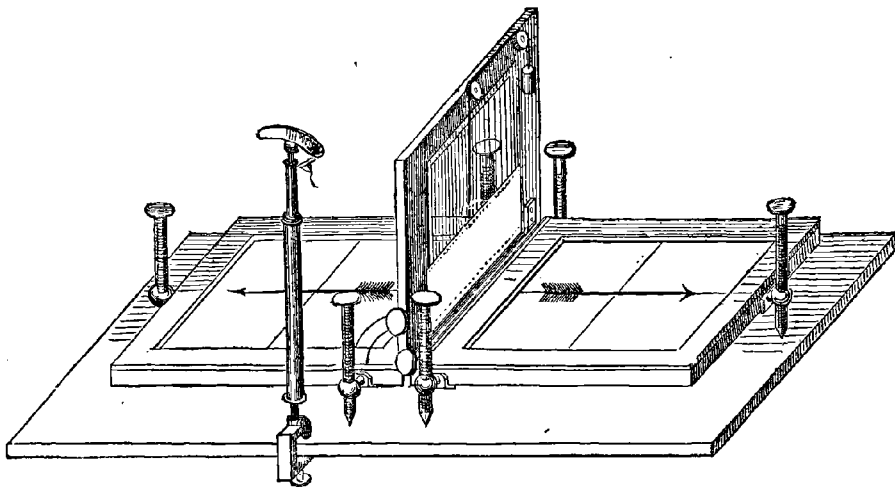
Chalcographe, dit universel, applicable à la reproduction des dessins de fabrique, par Rouget de Liste.

La fig. 659 représente l'instrument en perspective

parce que la glace polie éteint toujours une certaine quantité de lumière.

Lorsque la lumière du jour est trop abondante, on aperçoit une image secondaire qui défigure quelquefois l'image principale en se confondant plus ou moins avec elle. Toutefois, l'image du modèle est suffisamment distincte pour qu'il soit possible d'en dessiner les contours ainsi que les principaux détails. Si l'on éprouve quelque embarras, on compare l'esquisse avec le modèle en les regardant successivement des deux yeux; l'habitude du dessin suffit pour faire cette comparaison et pour apprécier ce qui manque à l'esquisse pour qu'elle représente exactement le dessin original: du reste, on peut encore diminuer la lumière trop vive, soit en lui faisant traverser des milieux plus ou moins transparents, soit en appliquant sur la glace une plaque de verre plus ou moins épaisse.

L'esquisse est dessinée dans le sens contraire à celui



659.

afin de pouvoir mieux saisir l'ensemble de ses diverses parties.

Fonctions de l'instrument. L'appareil est monté d'aplomb sur la table à dessiner; les rayons lumineux tombent sur celle-ci de gauche à droite.

On place le dessin ou le modèle sur le carton à gauche de la glace, et on applique dessus un cadre en carton ou en zinc, qui porte sur le milieu de ses côtés opposés deux fils de soie tendus parfaitement d'équerre. Le papier ou le tissu à dessiner est fixé avec des épingles sur le carton de droite, lequel est recouvert d'un cadre semblable au cadre de gauche.

Cela fait, on appuie le front sur le support fixé sur le devant de la table à dessiner, et on regarde de l'autre côté de la glace en donnant au support le degré d'élevation et d'inclinaison convenable pour obtenir le meilleur point de vision; ce point doit être tel que la vue embrasse le plus grand espace possible.

L'œil étant fixé sur le plan à dessiner placé à droite de la glace, on aperçoit par réflexion l'image du dessin: on peut donc en tracer du premier coup les contours, les ombres et les traits de force avec un crayon ou avec un pinceau et de l'encre d'une couleur tranchante que l'on voit distinctement à travers la glace; seulement l'image réfléchie est moins brillante que le modèle,

qu'occupe le modèle; mais il est facile de l'obtenir dans le sens direct en se servant d'un papier froissé de sanguine ou de mine de plomb et de noir de fumée, qu'on place sous le papier ou l'étoffe à dessiner; dans ce cas, on dessine avec un crayon dur ou avec une pointe émoussée qui trace le dessin sur le revers du papier, c'est-à-dire dans le sens direct et semblable au modèle.

Lorsqu'on esquisse sur du papier ou sur une étoffe blanche qui réfléchit plus ou moins facilement les rayons lumineux, il arrive souvent que l'image se montre trop faible; dans ce cas, il faut projeter de l'ombre sur le papier ou sur l'étoffe à l'aide du store placé au pied de la glace et que l'on déroule successivement en tournant un bouton; mais il est un point qu'il ne faut pas dépasser, afin que l'œil aperçoive également bien la pointe du crayon et l'image produite.

Quelquefois on évite l'emploi du store en copiant un dessin de petite dimension soit sur du papier gris ou noir, soit sur la pierre lithographique, le zinc grené ou la planche vernie pour la gravure, soit enfin sur une étoffe quelconque de couleur terne ou noire qui absorbe et éteint plus ou moins les rayons lumineux.

Règles à observer. 1^o Pour obtenir une copie égale et semblable au modèle, il faut que le cadre sur lequel

repose le modèle et la planchette à dessiner soient placés horizontalement par rapport au plan perpendiculaire de la glace, ce que l'on vérifie facilement au moyen d'une équerre ou d'un fil à plomb. Si la glace était légèrement inclinée sur le modèle, l'esquisse obtenue serait plus allongée dans le sens de la longueur, tout en conservant ses dimensions proportionnelles dans le sens de la largeur.

2° Pour produire un dessin plus grand que le modèle, on élève horizontalement l'appareil au-dessus de la planchette à dessiner au moyen de trois vis formant trépied; mais, pour réduire les dimensions de l'esquisse, il faut élever la planchette à dessiner au-dessus du cadre qui porte le modèle; dans tous les cas, on indique les dimensions vraies du modèle par des lignes droites et perpendiculaires entre elles et légèrement marquées; puis on trace de cette façon les dimensions de l'esquisse. Enfin il faut régler la position de l'appareil et de la planchette à dessiner, de manière que les lignes tracées sur le modèle et sur l'esquisse coïncident parfaitement avec les fils d'écartement tendus sur les deux cadres placés sur le modèle et sur le papier à dessiner, et ceux-ci doivent se superposer et ne former qu'une seule croix.

3° Si l'on veut reproduire exactement les contours d'un grand dessin que le champ de vue n'embrasse pas tout entier, il est nécessaire de tracer d'abord sur le modèle et sur le papier ou l'étoffe à dessiner des divisions égales, quand on veut obtenir un dessin semblable; on tire ensuite des lignes horizontales et verticales pour toutes ces divisions, ce qui forme autant de carreaux que l'on numérote au besoin pour les reconnaître; on fixe le modèle et le papier à dessiner sur les cartons, en ayant soin que la vision embrasse toute l'étendue des carreaux du modèle et de ceux correspondant sur le papier à dessiner, que les lignes de division, surtout, coïncident parfaitement; ensuite tout le travail consiste à reproduire successivement les contours compris dans les carreaux qui servent ainsi à guider l'œil et la main.

4° Quand, après avoir tracé plusieurs contours, on change involontairement la position de l'œil et par conséquent le point de vue, la pointe du crayon et les lignes tracées ne répondent plus à l'image; mais il est facile de retrouver le véritable point en cherchant à rajuster la coïncidence des lignes de divisions ou de dimensions tracées sur le modèle et sur l'esquisse. Enfin, pour éviter les inconvénients qui peuvent résulter des mouvements involontaires de l'œil, on rend sa position immobile en appuyant légèrement le front sur le support placé en avant de la glace.

Observations. On peut encore se servir du calcographe pour dessiner un objet vu en perspective. Pour cela, on fixe le support au moyen de la vis, parallèlement à la glace, et regardant par le petit trou pratiqué dans la plaque circulaire et servant d'oculaire l'objet placé verticalement, on dessine son empreinte sur la glace elle-même avec un crayon lithographique, ou avec un pinceau à l'encre lithographique. Il faut ensuite transporter ce dessin sur une feuille de papier humide qu'on applique dessus et qu'on frotte légèrement, soit avec un plioir, soit avec une roulette ou tout autre instrument; mais, comme le dessin est renversé, on en fait au besoin la contre-épreuve, lorsqu'il est encore humide, sur le papier ou sur l'étoffe à dessiner.

Au lieu d'une glace ou d'un verre ordinaire, on peut employer un cadre en carton sur lequel on tend et colle de la mousseline claire et transparente, de la gaze, ou mieux de la toile à blutoir; mais alors on trace seulement les contours et les traits de force avec de la craie tendre, du fusain, ou avec un crayon de pastel très tendre; puis on reporte ce calque sur le plan à dessiner horizontal, soit dans le sens direct, soit dans le sens

contraire, en frappant avec le doigt; ce seul ébranlement fait traverser ou tomber le fusain sur le plan à dessiner, et le dessin est marqué suffisamment; mais, pour qu'il soit semblable à l'objet, il faut que la glace soit parallèle à cet objet: dans toutes les autres positions, il en différera plus ou moins.

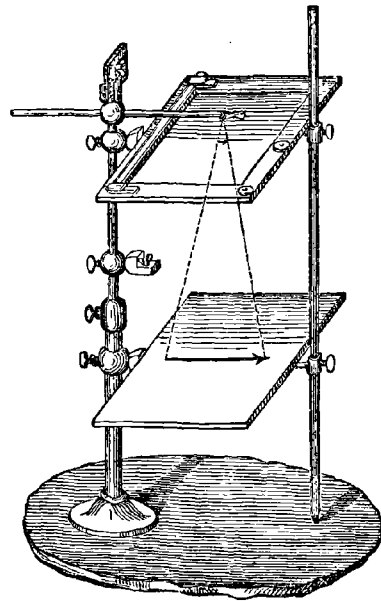
Plus le modèle sera éloigné de la glace, plus la perspective sera petite; toutefois, cette perspective sera plus grande si on éloigne le point de vue de la glace.

Ainsi le plus ou le moins de grandeur de l'esquisse exige qu'on éloigne le point de vue ou qu'on rapproche l'objet de la glace. Cependant le point de vue ne doit pas être trop éloigné de la glace, afin qu'on puisse atteindre celle-ci et dessiner dessus sans peine et sans fatigue. L'objet lui-même ne doit pas être trop rapproché de la glace, pour que la perspective puisse s'y peindre entière.

Réciproquement, l'objet étant dessiné sur la glace, on peut le recopier plus ou moins grand sur une tablette verticale appliquée derrière la glace à la distance voulue.

On conçoit qu'on peut aussi dessiner sur un plan horizontal; on y parvient facilement en disposant le point de vue, la glace et la planchette à dessiner sur une tringle ou tablette verticale, au moyen d'ajustements et de vis de pression qui permettent de les élever ou de les abaisser à volonté: alors on dessine en regardant de haut en bas.

La fig. 660 représente cette disposition. La glace est placée en haut et la planchette est au-dessous; le point de vue est fixé à l'extrémité de la tringle horizontale.



660.

Ainsi la petite flèche ponctuée représente la position du dessin tracé sur la glace, lorsque l'œil est placé au point de vue, et la grande flèche représente l'esquisse plus ou moins amplifiée.

MACHINES POUR LA MISE EN CARTE DES DESSINS DE CHALES.

Pour faire bien comprendre tous les avantages de

ces machines, il suffit de rappeler comment on compose aujourd'hui la mise en carte des dessins pour châles, et généralement de tous les dessins destinés à être reproduits par le tissage à l'aide du métier à la Jacquart.

On compose et trace d'abord l'esquisse du châle en petit sur le papier ordinaire, et on le colorie par quart ou par moitié avec des couleurs vives et brillantes; c'est dans cet état que le dessinateur le présente au choix du fabricant.

Lorsque le dessin est choisi ou vendu, on le calque d'abord sur du papier vernis, puis on le reproduit suivant les dimensions déterminées sur du papier quadrillé, et on le colorie avec quatre ou cinq couleurs au plus, que l'on place dans la limite des carreaux. Les petits carreaux colorés indiquent tout à la fois le montage des lisses du métier, et les fils colorés que l'ouvrier tisserand doit employer (voy. *trissus*).

En 1828, M. Bureau, dessinateur à Nîmes, prit un brevet d'invention, aujourd'hui expiré, pour une autre méthode qui est peu répandue.

« On fait graver, dit l'auteur, une planche en cuivre à la réduction des peignes propres à la fabrication des châles, et on s'en sert pour imprimer le papier, qu'on rend transparent par le vernis. On supprime par cette méthode la transposition de l'esquisse sur le grand papier réglé, puisque le dessinateur, appliquant le papier réglé et vernissé sur sa première idée au crayon, fait la mise en carte en faisant l'esquisse peinte. »

Cette méthode procure une grande économie de temps, puisqu'il ne faut que deux jours de travail pour un ouvrage qui en demande ordinairement huit ou dix. L'ouvrier n'a pas plus de difficulté à lire les dessins que par les procédés ordinaires. Dans tous les cas, on pourrait employer une loupe, qui grossirait le papier-réglé vernis dans les mêmes proportions que la règle ordinaire.

Dès l'année 1778, Storer a pris un brevet d'invention en Angleterre pour un appareil optique qu'il appelait le *parfait dessinateur*, destiné à projeter sur un plan horizontal les images représentées, soit par le microscope, soit par la lanterne magique ou la chambre obscure; et personne en France n'avait pensé à appliquer cet appareil à la reproduction des dessins de fabrique (voir *Repertory of arts*, 1796, tome IV, p. 239).

C'est M. Hedde, dessinateur à Saint-Etienne, qui a inventé, en 1821, la première machine propre à la mise en carte des dessins pour les étoffes façonnées, et les rubans de tous les genres, etc.

Cette machine n'est autre chose qu'une lanterne magique, au devant de laquelle on place, entre la lampe d'éclairage et l'appareil optique, un double châssis, dans lequel on fait glisser à volonté une glace non étamée, de haut en bas et de bas en haut, de gauche à droite, et réciproquement. Le dessin est tracé sur cette glace, et divisé en carrés relatifs au carré donné par le champ de l'appareil optique; ainsi on fait avancer ou remonter la glace au fur et à mesure qu'on a dessiné un carré.

La table sur laquelle on exécute la mise en carte est parallèle à la glace, mais pour la commodité on l'incline sensiblement, ainsi que la lanterne magique. Du reste, on peut voir le dessin et la description de cet appareil dans le tome IV, page 43, des *Descriptions des brevets expirés*.

M. Grillet, en 1843, a perfectionné cette machine avec beaucoup d'adresse et d'intelligence, en y ajoutant des organes qui permettent de dessiner sur un plan horizontal, et de promener le dessin dans tous les sens sans gêne et sans fatigue. A vrai dire, c'est une lanterne magique renversée, de laquelle on peut dire, comme de toutes les inventions, très simples et très originales : *c'était le tout de la trouver*.

Machine propre à la mise en carte des dessins de châles, inventée par M. Grillet. Cette machine, représentée en élévation vue de face, fig. 664, et en projection latérale, fig. 662, se compose de deux montants A A, réunis par trois traverses B, B, B. La traverse supérieure B porte six poulies C, pour le passage des chaînes D; à la traverse intermédiaire B sont fixées deux grandes poulies E armées de rochets, servant à enrouler les chaînes qui font monter et descendre les cadres I et J, et qu'on manœuvre à l'aide de manivelles F, fig. 664; enfin, la traverse d'en bas B sert à relier les pieds du bâti.

À la partie supérieure du bâti, et au-dessus d'un premier châssis I, est adaptée une lampe à double courant d'air L, dont le réflecteur parabolique projette la lumière de haut en bas, afin d'éclairer le dessin à calquer placé horizontalement sur une vitre H.

Le châssis I monte et descend au moyen de deux chaînes du milieu DD qui s'enroulent sur les grandes poulies E E; on l'arrête à la hauteur voulue pour la réduction ou l'augmentation du dessin, en engageant les cliquets dans les dents des rochets. L'extérieur de ce châssis est muni de coulisses, dans lesquelles glisse horizontalement un cadre G de droite à gauche et réciproquement, au moyen de cordons qui y sont attachés, et qui passent sur des poulies disposées à cet effet. Ce châssis porte des rainures, dans lesquelles glisse un autre cadre H, garni d'une glace non étamée sur laquelle on pose le dessin à copier. Le double mouvement de va-et-vient d'avant en arrière et de droite à gauche, qui résulte de la disposition de ces cadres, permet de transporter successivement toutes les parties du dessin, de manière à ce qu'elles viennent chacune à leur tour correspondre avec le centre du second châssis I portant l'appareil K; ce qui a lieu également par des poulies de renvoi et des cordons placés à la portée de l'opérateur.

Le second châssis J monte et descend comme le châssis I, et peut être également fixé à toutes les hauteurs par le même procédé; il reçoit une planchette à laquelle est fixé un appareil optique de chambre obscure. Cet appareil en cuivre est muni de deux lentilles de verre à plan convexe, dont les faces courbes sont diamétralement opposées. Il est muni d'une crémaillère et d'un bouton O, qu'on fait mouvoir de manière à faire varier la hauteur des lentilles, et à les amener au point que les traits du dessin, projetés par la lumière supérieure, la traversent et soient reçus sur le papier posé sur la table à dessiner N.

On conçoit que le dessin à calquer doit être tracé sur papier végétal, afin que la lumière le traverse assez abondamment pour que les traits du dessin soient projetés avec la netteté suffisante.

Le réflecteur de la lampe est muni d'une crémaillère, au moyen de laquelle on l'élève ou on l'abaisse jusqu'à ce qu'on ait obtenu la clarté la plus vive.

Les deux lentilles sont nécessaires, quand on veut amplifier le dessin de plus du double; dans le cas contraire, on dévisse la lentille inférieure et on se sert seulement de celle du haut.

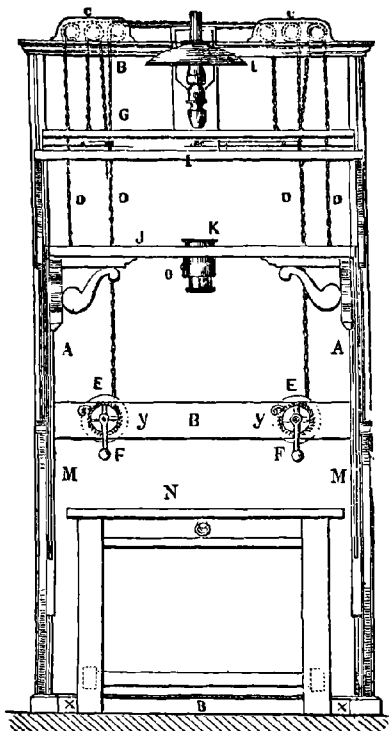
Il faut tracer des carrés de 10 à 15 centimètres sur le dessin qu'on veut reproduire, afin de prendre facilement les raccords.

Usage de la machine. On ne travaille avec cet appareil qu'à la lumière de la lampe, ce qui dispense de l'envelopper d'un rideau comme une chambre noire. Le dessinateur se place devant la table.

Lorsqu'il veut reproduire un dessin de la même dimension que l'original, il retire de la chambre noire la lentille inférieure, puis il élève ou abaisse successivement l'un et l'autre châssis I et J, jusqu'à ce qu'il ait trouvé le point de reproduction, en commençant toujours par le châssis inférieur J.

DESSIN INDUSTRIEL.

Pour amplifier un dessin du double, on élève le châssis inférieur, et on cherche le point précis avec le châssis supérieur.



661.

Quant il s'agit de grossir davantage, on remet la lentille inférieure, puis on cherche le point comme nous venons de le dire.

Les cordons M attachés au châssis portant la glace passent sur des poulies de renvoi, et tombent l'un à la droite et l'autre à la gauche du dessinateur : pour faire mouvoir le dessin à droite, on tire un des cordons de gauche ; et pour le faire aller à gauche, un des cordons de droite. Il en est de même pour faire cheminer le dessin d'avant en arrière.

La réduction du dessin s'opère en approchant la chambre noire de la table. En général, pour amplifier un dessin, on élève la chambre noire, et, pour le réduire, on la descend. (*Extrait du Bulletin de la Société d'Encouragement, février 1845*).

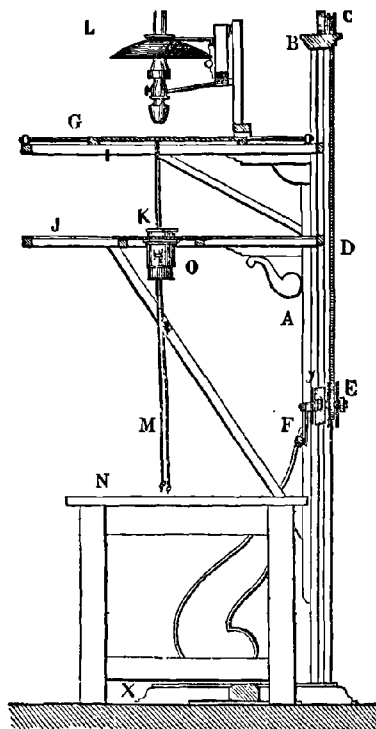
INVENTION ET COMPOSITION DU DESSIN DE FABRIQUE. Nous sommes arrivés à la partie la plus importante de l'art du dessin industriel, c'est-à-dire à l'invention et à la composition du sujet ; les machines ne suffisent plus au dessinateur pour accomplir sa tâche : c'est le goût et l'imagination qui inventent, qui créent les dessins de fabrique, et non pas les machines. C'est le goût seul, puissant créateur des belles choses, qui constitue le bon dessinateur, et le goût ne s'apprend pas ; il est pour ainsi dire inné.

Nous citerons à cette occasion un extrait du discours prononcé par M. Belloc, directeur de l'École royale et spéciale de dessin appliqué aux industries, à la distribution des prix, le 8 décembre 1844.

« Mais s'il y a eu beaucoup de fait, il reste encore plus à faire. C'est un des heureux privilèges des arts que de rêver et de chercher partout l'idéal de la perfec-

DESSIN INDUSTRIEL.

tion. A mesure qu'on avance, la carrière s'allonge, la perspective s'agrandit et recule, vous conviant à avancer toujours, à accomplir tout ce que peuvent le travail,



662.

la constance, le généreux et infatigable effort humain.

« Gardons-nous donc de nous croire arrivés quand nous ne sommes qu'en route ! — Comme on en a pu juger à l'exposition de 1844, le dessin appliqué à l'industrie a fait de rapides progrès, mais il marche encore d'un pas incertain et chancelant. Il vit plus de réminiscences que d'inspirations. Tantôt il se fait moyen âge, tantôt il se guide au style Louis XIV, tantôt il se manie et grimace le Louis XV ; trop rarement il est original.

« Souvent aussi, l'ornement n'est point en rapport avec la destination de l'objet orné. C'est là cependant une des premières lois de la bonne ornementation.

« Le goût et la fabrication gagneraient également à ce que le dessinateur s'inspirât toujours de plus en plus des objets qu'il a sans cesse sous les yeux.

« Les plantes de notre pays lui offrent mille gracieux motifs, dès qu'il sait les agencer : elles valent bien le lotus égyptien ou l'acanthé et la palme grecques, et on y trouverait de plus la variété, la souplesse, la vie, qui manquent en général aux compositions d'ornements traditionnels.

« Nos animaux, bien compris, peuvent lutter aussi de grâce et de caractère avec ceux que l'art antique affectionne. Alors sortirait du sol même de notre France un style national, qui aurait de profondes racines dans l'observation populaire, dans les habitudes, dans les affections de la masse du public.

« Au-dessus de ce faisceau d'inspirations vivantes, planerait la figure humaine, si faible à l'exposition de l'industrie, et dont l'étude réclame tout l'homme pour traduire dignement l'homme.

« C'est dans l'espoir de voir surgir un jour ce style natif, de le voir vivifier et féconder l'industrie, qu'a été introduite à l'École, depuis 8 à 9 ans, pour le dessin et la sculpture, l'étude de la plante vivante, et cette année, le moulage sur la plante même, dû à un ingénieux procédé et aux soins généreux de M. le professeur Jacquot. »

Maintenant parlons de la composition des dessins. La composition comprend quatre parties, qui sont : l'invention du sujet, la disposition ou l'ordonnance des détails, le dessin au trait ou ombré, et le coloris.

L'*intention* est le choix des motifs qui doivent entrer dans la composition du dessin.

La *disposition* est l'arrangement des motifs d'une manière avantageuse et agréable à la vue.

Le *dessin* consiste à tracer les contours du sujet à l'aide d'un crayon ou d'un fusain, d'une plume ou d'un pinceau, à donner aux images des formes et des dimensions qui doivent satisfaire à des conditions données, à varier et multiplier les esquisses par des raccords, des développements ou changements dans certaines parties.

Le *coloris* est le mélange des couleurs, l'art de les assortir toutes (voyez CONTRASTE DES COULEURS), et enfin la manière de les employer d'une certaine façon pour produire le plus d'effet possible.

On distingue plusieurs genres de dessins :

Dessin au trait, celui dont les contours sont indiqués au crayon ou à l'encre sans aucune ombre.

Dessin haché ou croquis, celui dont les traits et les ombres sont seulement indiqués par des lignes sensibles et moins finies.

Dessin estompé, celui dont les ombres sont fondues avec du crayon mis en poudre, et à l'aide d'une estompe, (cylindre de papier roulé et taillé en pointe).

Dessin grainé, celui dont les ombres faites avec le crayon, sont composées de points et de petits traits.

Dessin lavé, celui dont les ombres sont faites au pinceau et à l'encre colorée.

PRATIQUE DU DESSIN INDUSTRIEL.

On trace avec un crayon de sanguine, ou blanc, ou noir, et à l'aide de la règle et du compas, les formes et les dimensions extrêmes du dessin; puis on esquisse, c'est-à-dire on indique par des traits au fusain l'ensemble ou l'idée générale du dessin, sans tâtonnement et sans crainte d'effacer. La composition étant arrêtée, on efface avec de l'amadou tout le fusain inutile; et s'il s'agit de répéter symétriquement la même composition, on replie convenablement la feuille sur elle-même et on la frotte à l'envers avec l'ongle ou un plioir; alors les traits au fusain s'impriment sur la partie correspondante du papier. Ensuite, on commence à dessiner les traits au pinceau ou à la plume et à l'encre, en ayant soin de dessiner avec la plus grande régularité et le plus de finesse possible, si le dessin est destiné à être colorié. Les contours des modèles pour les tapisseries à l'aiguille, au contraire, sont dessinées au trait, plus ou moins fort et noir, de manière à bien faire sentir les ombres et les lumières. Les lignes du côté qui reçoit la lumière sont fines; celles du côté qui en est privée sont plus grosses, et cette grosseur est plus ou moins forte, selon le plus ou moins de relief que l'on veut donner à l'objet.

Généralement on suppose que la lumière part de l'angle supérieure à gauche du dessin et forme avec sa base un angle égal à la moitié d'un angle droit. On considère de plus que la lumière est formée de plusieurs rayons qui se propagent en lignes droites et parallèles. Il résulte donc que les parties qui se trouvent dans l'ombre sont celles que les rayons lumineux ne peuvent atteindre.

Mais, dans les dessins pour tapis, parquet en mosaïque, et généralement pour tous les objets que l'on pose horizontalement, et sous les pieds, il convient de

faire partir les rayons lumineux du centre de l'objet, autrement le dessin est nuageux et sans vigueur.

Lorsque l'esquisse est terminée, on applique les ombres et les demi-teintes, de sorte que celles-ci se fondent bien ensemble, pourtant, sans se confondre ni se mêler, ce qui nuirait à la beauté et à l'effet général du dessin. Il faut autant que possible poser du premier coup les teintes convenables, et n'être pas obligé de les augmenter ou de les diminuer, afin de ne point altérer leur pureté et d'éviter aussi les pertes de temps, qui, pour le dessinateur, sont une perte d'argent. Il faut observer aussi de placer sur les endroits culminants ou creux et privés de lumière, des teintes plus ou moins sombres, tandis que les points culminants ou creux et éclairés seront plus lumineux et plus brillants; enfin, comme les corps opaques projettent toujours une ombre sur une surface quelconque, on l'indique par une teinte sombre distincte et directement opposée à la lumière qui l'a produite; cette teinte, toutefois, ne doit pas être absolument noire, parce que l'ombre ne produit jamais le noir proprement dit.

Les dessinateurs de fabrique, tels que ceux pour les étoffes imprimées et brochées, les châles, les tapis, les tapisseries et broderies de commerce, etc., ont l'habitude de colorier artistement leurs dessins à l'imitation des aquarelles; mais ce n'est là qu'une pratique adroite qui a pour objet de flatter seulement l'œil de l'acheteur, et qui ne donne pas d'ailleurs une idée exacte et vraie du dessin fabriqué. On doit blâmer cet usage; de pareils dessins n'apprennent rien au fabricant sur l'effet réel et possible du dessin manufacturé. De là viennent cette foule de déceptions, de dessins détestables qui demeurent improductifs et invendables entre les mains du fabricant ou du détaillant qui a eu l'imprudence de les acheter. Or donc pour éviter ou atténuer le mal autant que possible, il faut exécuter et colorier les dessins tels que la fabrication peut et doit les reproduire.

Pratique du dessin pour la broderie et la tapisserie. Comme nous l'avons dit à l'article BRODERIE (v. ce mot), les dessins sont de plusieurs espèces et composés par des dessinateurs spéciaux. On les reproduit même par des procédés différents selon la nature de l'étoffe.

Ainsi, pour reproduire un dessin soit sur une étoffe légère, comme de la mousseline, de la gaze, du satin, du gros de Naples, soit sur une étoffe très lisse, telle que le taffetas, la bombazine, le lasting, soit enfin sur les draps, le casimir et la flanelle, on emploie généralement dans la fabrique le poncis et la poudre résineuse que l'on fixe en promenant un fer chaud sur l'étoffe; mais pour les dessins destinés à être brodés par les dames, on trace le dessin après qu'il a été poncé, avec une plume et avec une encre composée de gomme arabique, d'un peu de sucre et de fiel de bœuf. On use la pointe et les côtés de la plume avec une pierre ponce afin de faciliter l'écoulement de l'encre.

Lorsqu'on veut avoir un dessin sur le canevas, on place dessous le dessin nécessairement fait sur le papier selon la grandeur voulue; puis on suit avec un pinceau et un excipient coloré en noir ou en bistre tous les contours du dessin vus et apparents à travers les carreaux ou mailles du canevas; puis on ombre avec une brosse en poils de sanglier coupés courts, en ayant soin de poser la couleur avec un petit pinceau de peinture que l'on tient entre les doigts. On conçoit aisément que cette manière de dessiner exige du temps, de la patience et une bonne vue; du reste, il n'est pas toujours facile de voir le dessin à travers les mailles d'un canevas fin, à la lumière surtout. Dans tous les cas, on peut toujours employer avec un grand avantage le caléographe, qui dispense d'employer le double tracé du calque et du décalque, les poncis, ou tout autre procédé préliminaire.

Moyen de composer des dessins de tapisserie à points

compte. La kaléidoscope, que tout le monde connaît, fournit des images multipliées qu'on peut utiliser dans l'impression des indiennes, la broderie, etc. (voyez KALÉIDOSCOPE).

Moyen de former ou tourner une bordure en coin, et de copier en sens inverse, soit un coin ou la moitié d'un carré, soit un dessin entier imprimé sur le papier. Il suffit de placer une glace étamée perpendiculairement sur la bordure ou le dessin que l'on veut former en coin, et obliquement par rapport à l'œil du dessinateur, de manière que celui-ci aperçoit l'image de la bordure réfléchie par la glace et formant un coin régulier. Le dessin placé en avant de la glace et coupé par elle, est la partie qu'il faut répéter en sens inverse pour former les coins. On répète de même, soit un coin pour former la moitié d'un carré, soit la moitié d'un carré pour former un carré régulier, soit un dessin tout entier.

Enluminure des dessins. La condition essentielle que doit remplir un dessin enluminé, est que la forme des objets soit élégante et vraie; que les détails se présentent aux yeux sans confusion, sans crudité, avec des couleurs vives et le plus contrastées possible, afin que les lignes qui circonscrivent les objets soient plus distinctes, que les lumières et les ombres soient plus différentes. Or, pour atteindre le but sans peine et sans tâtonnement, il ne suffit pas de suivre les règles qui se rapportent à la composition du dessin, il faut encore appliquer fidèlement le contraste simultané des couleurs, qui sert à diriger vers ce qui est beau et vrai (voyez CONTRASTE DES COULEURS).

Au résumé, la table chromatique renferme les types des couleurs nécessaires à l'enluminure; et nous allons indiquer celles qu'il faut employer pour imiter les objets matériels (4).

Choix des couleurs à employer pour imiter tel ou tel objet. Coloris des figures et portraits. Les tons clairs des gammes franches, rouge, violet-rouge et violet, mélangés avec les tons rabattus de ces mêmes gammes, forment toutes les carnations de femme et d'enfant.

Le mélange des tons des gammes franches rouge, rouge-orangé et orangé, avec les tons rabattus de ces mêmes gammes, peut former les carnations d'homme.

Les sourcils, l'ombre du nez, du menton, seront exécutés avec un mélange des tons francs et rabattus de ces mêmes gammes.

(4) Le dessinateur des machines emploie aussi des teintes conventionnelles pour représenter les différents matériaux, savoir :

Pour imiter la fonte et le fer, un mélange de carmin, bleu de Prusse et encre de Chine.

Pour imiter le bois, un mélange de gomme-gutte, carmin, encre de Chine, ou terre de Sienna calcinée.

Pour imiter le cuivre, un mélange de gomme-gutte, carmin, encre de Chine.

Pour imiter le lait, un mélange de gomme-gutte, carmin ou jaune des Indes.

Pour imiter la brique refractaire, un mélange de carmin, gomme-gutte, encre de Chine ou vermillon.

Pour imiter la brique, un mélange de carmin, gomme-gutte ou encre de Chine.

Pour imiter la pierre meulière, un mélange de carmin sur un fond briqueté.

Pour imiter la pierre, un mélange de carmin, mais plus clair, sur un fond uni.

Pour imiter l'étaupe, un mélange de gomme-gutte, carmin, sur un fond haché.

Pour imiter le béton, un mélange de gomme, encre de Chine, carmin, sur un fond liqueté.

Pour imiter l'eau, un mélange de bleu de Prusse et de gomme-gutte, en teintes dégradées.

Pour imiter le terrain ordinaire, un mélange de terre de Sienna calcinée et encre de Chine, avec des gradations des teintes.

Pour imiter le terrain primitif ou roche, un mélange de terre de Sienna calcinée, gomme-gutte, carmin avec des veines sur un fond dégradé.

Nuances plus ou moins claire et uniforme.

Les yeux, les cheveux, la barbe en général, avec les tons rabattus, mélangés avec le gris pur, savoir :

Yeux et cheveux noirs avec la gamme rabattue, violet et le gris pur.

Yeux et cheveux bruns avec la gamme rabattue, violet-rouge pur.

Yeux et cheveux châtain avec la gamme rabattue, rouge pur.

Yeux et cheveux blonds foncé avec la gamme rabattue, rouge-orangé pur.

Yeux et cheveux blonds clair avec la gamme rabattue, orangé pur.

Les cheveux portent sur le front une ombre qui participe de la couleur des cheveux et de la chair, et cette ombre sera exécutée avec les tons foncés des gammes franches, violet, violet-rouge, rouge, rouge-orangé, orangé, combinés avec le gris.

Le blanc de l'œil ne doit pas être trop brillant; il recevra une demi-teinte qui fera sentir sa sphéricité et son enfoncement dans le sourcil, et qui sera prise dans la gamme du gris-bleu, combinée avec les gammes franches qui font les carnations.

Le plus souvent, la prunelle sera faite avec un mélange de noir et de blanc.

Les mains, comme les autres parties du visage.

La bouche, avec les tons des gammes franches de carnation; la lèvre inférieure plus brillante.

Vêtements, draperies, étoffes et rubans. Les étoffes doivent être faites avec les tons qu'elles offrent à la vue, et pris dans toutes les couleurs indiquées par la table chromatique.

Les draps et étoffes de laine, avec les tons des gammes primitives franches; et le velours, qui a de nombreux reflets et des demi-teintes changeantes, avec les mêmes couleurs, auxquelles on ajoute celles des objets qui les avoisinent.

Les étoffes de soie seront faites de même; les couleurs des tulles, dentelles, mousselines ou autres tissus à jour, se combinent avec celles des objets qui sont placés dessous.

Pierreries. Les pierreries, avec les tons purs et brillants des gammes franches rouge-orangé, orangé-jaune, vert-bleu et bleu-violet. Il faut faire un blanc sur l'une des facettes.

Plumes, fourrures et poils. Les fourrures, leurs poils, leurs ombres et leurs brillants, avec les gammes rabattues qui servent pour les carnations et les cheveux.

Broderies d'or. Avec les gammes orangé, orangé-jaune, jaune, jaune-vert.

Broderies d'argent. Avec la gamme du gris pur; les lumières se feront avec le blanc, et seront rehaussées par les gammes rabattues violet, bleu-violet, vert-bleu, suivant les ombres qui les avoisinent.

Paysages, ciel. Avec tous les tons de la gamme du bleu franc dégradé de haut en bas, et qui se fondera avec une teinte rouge orangé franc qui doit former l'horizon.

Nuages. Avec la gamme du gris.

Le soleil levant ou couchant. Dans les tons clairs des gammes rouge-orangé, orangé et orangé-jaune, mélangés avec les tons des gammes rabattues pour arriver au bleu.

Lointain. Avec les tons les plus faibles de la gamme bleu franc, et mélangés avec les tons de la gamme rabattue.

Montagnes. Les montagnes qui se trouvent dans les lointains seront dégradées avec soin par le bleu rabattu, et le plus souvent par la gamme du vert-bleu rabattu.

Premier plan. Les devantes, les arbres, terrasses et autres parties qui se trouveront plus rapprochées, y compris les clairs et les ombres, seront exécutés avec les gammes rabattues, bleu-violet, bleu, vert-bleu,

vert dans les ombres; jaune-vert, jaune, orangé-jaune et orangé dans les clairs.

Arbres variant de forme et d'espèce. Avec les tons foncés et francs des gammes orangé, orangé-jaune, jaune, jaune-vert et vert.

Quelques-uns, comme le bouleau, seront faits avec la gamme vert rabattu.

Les terrains, sables et terrasses, se trouveront dans les tons clairs des gammes rabattues orangé, orangé-jaune, et dans les bruns des gammes rabattues rouge et rouge-orangé.

Les plantes vivaces seront faites avec du jaune-vert, du vert et du vert-bleu francs. Les plantes mortes, avec leurs gammes rabattues.

Rochers. Avec les tons des gammes rabattues, pris à volonté du rouge au vert.

Bâtiments. L'architecture, avec les gammes rabattues bleu, rouge et jaune.

Eaux. Les lumières avec les tons des gammes franches vert-bleu et bleu, et les ombres avec les tons foncés de leurs gammes rabattues.

Plantes et fleurs. Les feuilles, avec les gammes franches vert-bleu dans les foncés, vert et jaune-vert dans les clairs.

Les tiges, avec les tons rabattus de ces mêmes gammes.

Les fleurs seront faites avec les gammes franches de la table chromatique, selon la couleur qu'elles ont naturellement en ayant soin de faire les plans qui sont dans l'ombre, ou les parties fuyantes, avec un mélange des tons de leurs gammes rabattues.

Métaux polis. Comme les broderies d'or et d'argent.

Métaux bruts, ouvrés et non polis. Avec les tons francs des gammes qui rendent leurs couleurs, et mélangés avec les gammes rabattues, orangé, orangé-jaune, jaune, bleu, bleu-violet, violet.

Boiseries, meubles. Avec les tons des gammes rabattues, orangé, orangé-jaune, jaune.

Mise en carte des dessins. Le dessin mis en carte, c'est-à-dire enluminé en points carrés sur le papier-canevas, est sans contredit l'élément utile, nécessaire, et indispensable pour la fabrication des étoffes à l'aide du métier à la Jacquart (voyez TISSUS), des tapisseries à l'aiguille; car il représente les fils colorés qu'on doit employer.

Voici la manière d'opérer :

On trace sur le papier-canevas tous les contours du dessin par des traits fins et peu marqués qui doivent disparaître sous la couleur, sans cela le dessin serait toujours sec.

On assortit les couleurs convenables pour imiter l'objet que le dessin représente, et de telle sorte que les teintes soient vues distinctement. Ensuite, on pose les teintes les unes après les autres, en ayant soin qu'elles remplissent exactement les carreaux qui circonscrivent les contours du dessin. Les teintes sont posées avec hardiesse, et sans repasser plusieurs fois sur le même endroit; c'est le seul moyen de leur conserver leur éclat et leur fraîcheur.

Quant au mode de lisage ou lecture de ces dessins, soit à la plaque, soit au simple, nous en parlerons à l'article TISSUS.

ROUGET DE LISLE.

DÉTENTE. Dans les machines à vapeur les plus simples, la vapeur agit à pleine pression, c'est-à-dire qu'elle est introduite derrière l'une ou l'autre des faces du piston pendant toute la durée de sa course, et c'est au moment même où cette course se termine que les deux extrémités du cylindre sont mises en communication, l'une avec le condenseur ou l'atmosphère, l'autre avec la chaudière (voyez MACHINE À VAPEUR). Ce mode d'action de la vapeur présente de nombreux inconvénients que nous allons énumérer en peu de mots :
1° Il ne permet pas d'utiliser la détente de la vapeur,

c'est-à-dire le travail qu'elle est susceptible de développer par son expansion dans le cylindre, entre certaines limites; 2° la communication avec le condenseur ne commençant à s'ouvrir qu'aux extrémités de la course du piston, la condensation ou l'évacuation de la vapeur n'est pas assez rapide, pour qu'il n'en résulte pas un travail résistant très appréciable, pendant la première partie de la course du piston; 3° enfin, la vapeur agissant constamment à pleine pression, il en résulte, aux extrémités de la course du piston, des efforts considérables qui consomment en pure perte une grande quantité de force et tendent à disloquer la machine. Ces vices peuvent être singulièrement aggravés par un léger défaut d'ajustage, ou un dérangement des parties de la machine, et depuis longtemps on a cherché à y porter remède.

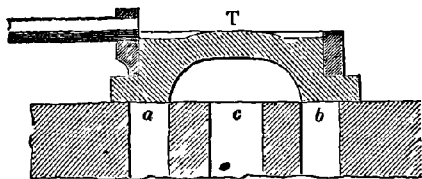
Sous le rapport du mode de distribution de la vapeur, on peut diviser les machines à vapeur en deux grandes classes, suivant que cette distribution y est réglée par des soupapes ou des tiroirs. Les premières qui sont des machines fixes, ordinairement de très fortes dimensions et employées sur les mines pour l'épuisement des eaux, sont souvent à simple effet; en fixant à différentes hauteurs les tasseaux qui servent à décrocher les soupapes, on peut admettre la vapeur pendant toute la durée de la course du piston, ou seulement pendant telle partie que l'on voudra de cette course. Dans ces machines, qui ne sont guère répandues que dans le Cornouailles, on utilise la détente dans une très forte proportion, en admettant la vapeur dans le cylindre que pendant $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ de la course du piston. Pour éviter autant que possible les déperditions de chaleur, on enveloppe d'une chemise de vapeur le cylindre de la machine, et on recouvre l'enveloppe extérieure en fonte de corps mauvais conducteurs du calorique, tels que la sciure de bois, qui ont pour but de diminuer autant que possible le refroidissement de la chemise de vapeur. On prévient ainsi, lors de la détente, la liquéfaction d'une partie de la vapeur motrice, qui aurait lieu par suite de l'abaissement de température dû au rayonnement des parois et à la dilatation même de la vapeur. D'un autre côté, la présence de l'enveloppe de vapeur maintenant la température sensiblement constante dans l'intérieur du cylindre, l'eau entraînée mécaniquement à l'état vésiculaire par la vapeur, et dont la quantité s'élève quelquefois jusqu'aux 25 centièmes du poids de celle-ci, se vaporise pendant la détente au fur et à mesure que la pression diminue, aux dépens de la chaleur qu'elle prend aux parois du cylindre, et vient par suite augmenter d'autant le travail développé et la limite au delà de laquelle il n'y a plus avantage à prolonger la détente.

Parlons maintenant des machines les plus usitées, dans lesquelles la distribution de la vapeur est réglée par des tiroirs nus par des excentriques; dans les machines sans détente ces excentriques sont calés sur l'arbre du volant à angle droit avec la manivelle, de manière à ce qu'aux limites de la course du piston, le bord intérieur du tiroir coïncide exactement avec le bord extérieur de l'orifice correspondant; lorsque cela n'a pas lieu, on dit qu'il y a *avance* ou *retard* à l'admission de la vapeur. On donne généralement une légère avance à l'admission de la vapeur, lorsque le piston doit prendre un mouvement très rapide, comme dans les machines locomotives. Le piston éprouvant ainsi, à la fin de sa course, une résistance considérable de la part de la vapeur, sa vitesse s'éteint sans qu'il en résulte une forte pression sur l'arbre coudé, qui, dans les locomotives, est l'essieu des roues mouvantes, et sur les paliers qui le supportent; la vapeur se comprime d'ailleurs derrière le piston, au point d'avoir acquis une tension presque égale à celle de la chaudière, au moment où la vapeur motrice est admise, de sorte que la pression sur

DETENTE

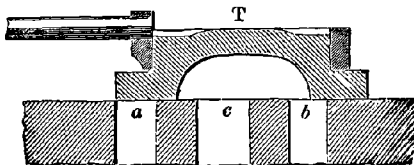
le piston varie d'une manière continue ; sous ce rapport, l'avance à l'admission peut être favorable à la conservation de l'appareil. Si dans l'établissement des autres machines on donne une faible avance, c'est uniquement pour éviter un retard accidentel à l'admission, qui pourrait résulter d'un léger défaut d'ajustage, ou d'un petit dérangement des pièces du mécanisme.

Le moyen le plus simple de tirer parti de la détente dans une assez forte proportion, est de donner aux rebords du tiroir A (fig. 663), une largeur plus grande



663.

que celle des orifices qu'ils doivent masquer et démasquer alternativement, en laissant l'intervalle vide qui les sépare égal à celui compris entre les bords internes des orifices a et b, qui communiquent avec les deux extrémités du cylindre. L'amplitude des excursions du tiroir est égale à la somme des largeurs de ses rebords ; enfin, on cale l'excentrique sur l'arbre du volant, de telle sorte que l'orifice d'admission de la vapeur commence à être démasqué, au moment où le piston, arrivé à la limite de sa course, doit commencer à rétrograder, disposition que représente la fig. 664. On voit qu'à ce



664.

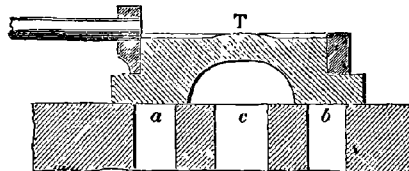
moment l'ouverture b est déjà plus ou moins démasquée, pour laisser écouler la vapeur dans le condenseur par l'ouverture c. Lorsque le piston est arrivé à l'une des extrémités de sa course, le tiroir devra, d'après le calage de l'excentrique, avoir dépassé le milieu de sa course (fig. 664) d'une quantité égale à la largeur du recouvrement, c'est-à-dire de l'excédant de largeur de ses rebords sur l'un des orifices a et b, et la vapeur cessera d'être admise derrière le piston lorsque le tiroir, après être revenu à la position indiquée par la fig. 664, a encore à effectuer une course en arrière égale au double de la longueur du recouvrement, avant que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, comme il est facile de le voir en examinant la figure. Il n'y aura donc pas de détente s'il n'y a pas de recouvrement, et la détente sera d'autant plus grande que le recouvrement sera plus considérable ; mais elle ne croîtra pas proportionnellement, parce que la vitesse du piston et celle du tiroir sont variables. Soit m, le rapport entre la largeur du recouvrement et celle des orifices a et b, $\frac{1}{n}$, la fraction de la course du piston pendant laquelle on veut

DÉTENTE.

que la vapeur soit admise, on aura pour déterminer m, l'équation $m = n - 1 + \sqrt{n(n-1)}$; de sorte que si l est la largeur de l'orifice a, la largeur du rebord du tiroir A sera $L = l(1 + m) = l(n + \sqrt{n(n-1)})$; si, par exemple, on veut que la vapeur soit admise pendant les 0,75 de la course du piston ; $n = 4/3$ et $L = 2l$; la course du tiroir sera dans ce cas de 4 l. L'échappement de la vapeur commencera lorsque le tiroir aura encore à parcourir une longueur égale à celle du recouvrement, avant la fin de la course du piston ; mais, par suite des vitesses variables du tiroir et du piston, il aura toujours lieu dans une fraction variable de la course de ce dernier. Soit k cette fraction, elle sera donnée par la formule :

$$k = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{l}{L} \right)^2} \right),$$

dans le cas que nous avons cité $k = 0,065$, de sorte que la détente n'aura lieu que pendant 0,15—0,065 ou 0,085 de la course du piston. On augmente quelquefois la détente, en retardant le moment de l'échappement de la vapeur, au moyen d'un léger recouvrement intérieur que l'on donne aux rebords du tiroir, comme il est indiqué fig. 665. Cette disposition n'est guère adoptée



665.

que lorsqu'on veut obtenir, au moyen d'un seul tiroir à recouvrement, une détente considérable.

Le tiroir simple à recouvrement est actuellement d'un emploi général, et les bords du tiroir sont réglés de manière à supprimer la vapeur aux $\frac{7}{8}$ à $\frac{8}{10}$ de la course du piston.

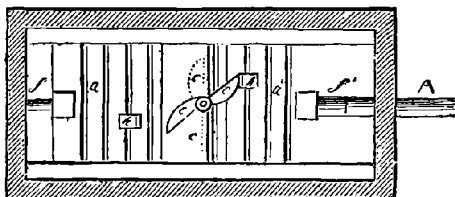
Lorsqu'on emploie un tiroir simple ou à recouvrement, il n'y a d'autres moyens de proportionner la puissance de la machine aux résistances variables qu'elle a à surmonter, que de laisser tomber la tension de la vapeur dans la chaudière, ou de rétrécir à l'aide du régulateur la communication entre la chaudière et le cylindre, moyens qui équivalent à la destruction en pure perte d'une partie de la puissance motrice que la vapeur pourrait développer.

MM. Stéphenson, Allcard et Buddicom, ont employé dernièrement dans leurs locomotives différents systèmes pour faire varier la course du tiroir à recouvrement, de manière à faire également varier la fraction de la course du piston pendant laquelle la vapeur est admise, ainsi que celle de la détente ; mais ces systèmes, qui se recommandent d'ailleurs par une grande simplicité, ne donnent pas des résultats aussi avantageux que la détente variable obtenue par les mécanismes du genre de ceux que nous allons décrire.

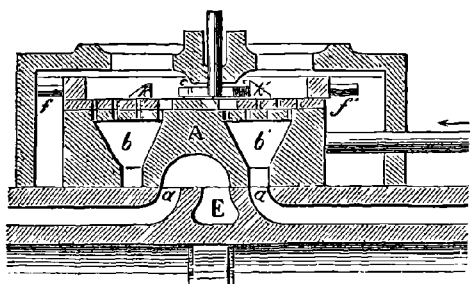
M. Farcot est le premier constructeur qui, dès 1834, ait appliqué à ses machines un système de détente variable. Les fig. 666, 667, 668 et 669 donnent les détails du premier système qu'il emploie. Les fig. 666 et 667 donnent le plan et la coupe de la boîte à vapeur, lorsque le piston du cylindre est arrivé au milieu de sa course. La fig. 668 donne la coupe de cette même boîte à vapeur, lorsque le piston est arrivé à l'extrémité de sa course et est sur le point de changer de mouvement, et la fig. 669 en donne une troisième coupe, lorsque le piston est arrivé au milieu de sa course en sens inverse. L'organe principal de la distribution est un tiroir A,

DÉTENTE.

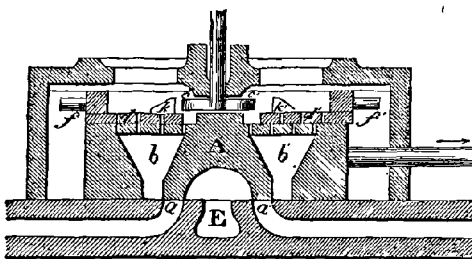
sur lequel se placent deux glissières d, d' , percées de plusieurs ouvertures rectangulaires, pouvant correspondre avec d'autres ouvertures pratiquées sur le dos du tiroir et communiquant dans des cabinets b, b' ; ces ou-



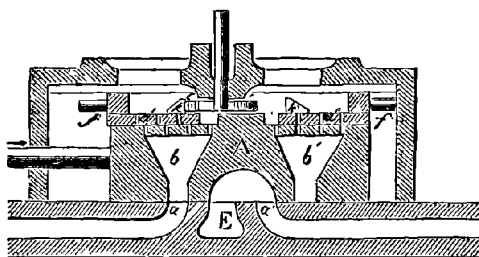
666.



667.



668.



669.

vertures ont une faible largeur dans le sens de la longueur du tiroir et s'étendent sur presque toute sa largeur; leur écartement est égal à la largeur des ouvertures a, a' , d'admission de la vapeur aux deux extrémités du cylindre, ou à la moitié de l'excursion totale du tiroir A. Lorsque les ouvertures des glissières

DÉTENTE.

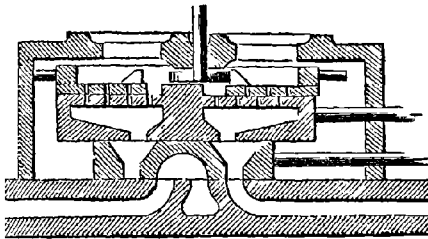
sont mises en regard avec celles du dos du tiroir, la vapeur entre dans les cabinets b, b' , et peut arriver aux cheminées a, a' , qui la conduisent sur les faces du piston, quand elles sont découvertes par le mouvement alternatif du tiroir A. Les glissières d, d' , sont entraînées avec le tiroir, tant qu'elles ne sont pas arrêtées soit par les goujons f, f' , qui viennent buter contre les extrémités de la boîte à vapeur, soit par les talons k, k' , lorsqu'ils rencontrent la touche cc . La longueur des goujons f, f' , est calculée de manière à replacer les ouvertures des glissières en face de celle du tiroir chaque fois que ce dernier, dans son mouvement alternatif, arrive à la fin de sa course. La touche cc (fig. 666) est une double came mobile autour de son axe qui, suivant sa position angulaire, arrête plutôt ou plus tard les talons k, k' , et par conséquent intercepte plutôt ou plus tard la communication de la boîte à vapeur avec les cabinets b, b' , et par suite avec le cylindre à vapeur; c'est donc en variant la position de la double came que l'on fait varier l'étendue de la détente. Le mouvement du tiroir étant réglé par un excentrique et n'étant pas par conséquent semblable à celui du piston, il faut, pour que les longueurs d'introduction de la vapeur soient égales de chaque côté du piston, indépendamment de l'obliquité des bielles qui transmettent son mouvement, que les courbures des deux côtés de la double came ne soient pas semblables et aient un tracé spécial pour chaque côté du piston. Pour que la vapeur puisse arriver dans le cylindre au commencement de la course du piston, il faut que les ouvertures des glissières et du dos du tiroir soient encore en regard, comme l'indique la fig. 668, lorsque le tiroir a déjà parcouru la moitié de sa course. Le talon k venant ensuite buter plutôt ou plus tard contre la came cc , la vapeur cessera d'être admise dans le cylindre, et comme l'espacement des ouvertures de la glissière est égal à la demi course du tiroir, elles ne pourront découvrir de nouveau celles du tiroir pendant la fin de son mouvement; lorsque ensuite le tiroir reviendra en sens contraire, le talon k quittera la came et la glissière d sera entraînée par le tiroir, sans découvrir les ouvertures pratiquées sur le dos de celui-ci; ces ouvertures ne seront découvertes par l'effet du goujon f , que lorsque la vapeur ne pourra plus passer du cabinet b dans la cheminée a , par suite du mouvement progressif du tiroir, comme le représente la fig. 667. Lorsqu'on voudra marcher à pleine pression et sans détente, il suffira d'amener la double came dans la position $c'c'$, indiquée en lignes ponctuées sur la fig. 666; les talons k, k' , ne pourront plus venir toucher la came pendant l'excursion du tiroir, les glissières seront toujours entraînées avec le tiroir et la vapeur affluera constamment dans les cabinets b, b' , de sorte que l'on se trouvera tout à fait dans le cas d'un tiroir simple.

Il est à remarquer que ce système de détente ne permet de supprimer l'admission de la vapeur que pendant la première moitié de la course du piston, et que par suite la détente minimum que l'on puisse obtenir est de $1/2$; cette latitude est bien suffisante pour le plus grand nombre de cas, lorsqu'on veut que les machines fonctionnent avec économie de combustible.

Si l'on veut que la détente puisse varier pendant toute la course du piston, il faut aussi que les talons k, k' , marchent, ainsi que le tiroir qui les porte, pendant toute la durée de cette course, vers la double came cc . Ce résultat a été obtenu par M. Farcot, par la disposition aussi simple qu'ingénieuse indiquée fig. 670, en plaçant les glissières sur un second tiroir glissant sur le dos du premier tiroir, et mené par un excentrique placé à angle droit de celui qui commande le premier tiroir.

Les glissières de M. Farcot laissent facilement passer la vapeur qui peut ainsi arriver sur le piston à une pres-

sion voisine de celle des générateurs ; elles interceptent rapidement le passage au moment où l'on veut com-



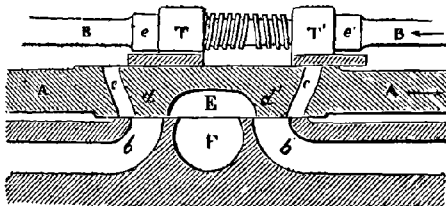
670.

mencer la détente, et permettent de faire varier celle-ci à la main ou au moyen du modérateur, pendant la marche de la machine ; les longueurs d'introduction qu'elles procurent sont à volonté égales de chaque côté du piston, ou inégales si l'on veut avoir égard à la surface perdue par la tige du piston, d'après la forme donnée à chacune des cames de détente. Enfin, on peut avoir des fermetures encore plus rapides que celles dues à l'excentrique circulaire en employant des excentriques à bosses ; mais ceux-ci ne sont pas à recommander, parce qu'ils sont plus compliqués, plus sujets à l'usure, difficiles à réparer, et qu'en définitive l'avantage qu'ils offriraient dans les machines de M. Farcot serait à peine sensible.

Il est facile d'apprécier tout l'avantage que l'on trouve à faire conduire la détente par le régulateur. En effet, quand la résistance que surmonte la machine varie, qu'elle diminue, par exemple, momentanément, la détente augmentant de suite, la pression diminue ; le mouvement reste régulier, et la consommation de vapeur est la moindre possible.

Cet ingénieux système de détente variable, le meilleur de ceux actuellement employés, a valu à son auteur une médaille d'or à la dernière exposition. M. Farcot adopte en outre à toutes ses machines une double enveloppe, l'une de vapeur et l'autre d'air stagnant ; disposition qui sans en augmenter de beaucoup le prix donne lieu à une économie notable de combustible en réduisant considérablement les pertes de chaleur. Ce même constructeur vient de prendre un brevet pour une nouvelle chaudière, d'une disposition très simple, que l'expérience a fait voir comme très avantageuse, l'eau d'alimentation y circulant en sens inverse de la fumée.

Le système de détente variable employé par M. Meyer sur les locomotives, système qui lui a également valu une médaille d'or à la dernière exposition, offre beaucoup d'analogie avec le précédent. La fig. 674, que nous



674.

empruntons au rapport de M. Combes sur les locomotives de M. Meyer, donnera une idée de ce système. Les rebords du tiroir de distribution ordinaire ont une

largeur telle qu'ils ne découvrent jamais les lumières, et la vapeur est admise par des ouvertures rectangulaires ménagées dans ces rebords, lorsque celles-ci correspondent aux lumières. E, est l'ouverture d'échappement ; b, b', sont les ouvertures des lumières qui aboutissent aux extrémités du cylindre ; c, c', les ouvertures rectangulaires ménagées dans les rebords du tiroir A pour l'introduction de la vapeur. On voit que ce tiroir équivaut à un tiroir ordinaire qui, quand il est au milieu de sa course, comme l'indique la figure, masque les deux lumières b, b', par les parties pleines d, d'. Le tiroir A est mené par un excentrique ordinaire calé sur l'arbre des roues motrices, de manière à ce qu'il y ait une très faible avance à l'admission de la vapeur.

Pour obtenir la détente, c'est-à-dire pour supprimer l'admission de la vapeur dans le cylindre, après que le piston a parcouru une fraction déterminée de son excursion totale, M. Meyer a ajouté deux plaques planes ou glissières, enchâssées dans des cadres qui tiennent aux deux taquets T, T', fixés sur une même tige B. Ces plaques glissent sur le dessus du tiroir et viennent masquer à propos et alternativement les deux ouvertures rectangulaires ménagées dans les bords de ce tiroir. Les taquets T, T', sont enfilés sur des parties de la tige B, qui sont filetées en vis à filets carrés, dont les écrous sont taraudés dans l'épaisseur des taquets. Les spires des deux vis serpentent autour de la tige en sens inverse. Il résulte de cette disposition qu'en imprimant à la tige B un mouvement de rotation autour de son axe, les taquets qui ne peuvent participer à ce mouvement de rotation prennent nécessairement un mouvement longitudinal sur cette tige, en s'approchant ou en s'écartant l'un de l'autre, suivant le sens de la rotation imprimée à la tige. Les taquets peuvent ainsi être amenés jusqu'au contact, et leur écartement intérieur peut varier depuis zéro jusqu'à une limite supérieure déterminée par des bagues e, e', fixées sur la tige. La fig. 674 représente les taquets à leur maximum d'écartement.

La tige B traverse les deux parois antérieure et postérieure de la boîte à vapeur. Son prolongement, du côté de l'essieu coude de la locomotive, est lié par un fourreau cylindrique ou un genou sphérique à une bielle fixée en dessous de la machine, qui reçoit de la tige du piston, par l'intermédiaire d'un petit balancier à bras inégaux, un mouvement rectiligne alternatif qu'elle transmet à la tige B et aux taquets T, T' ; mouvement toujours en sens inverse de celui du piston. Le second prolongement de la tige B, au-delà de la paroi antérieure de la boîte à fumée, porte une roue dentée commandée par une chaîne sans fin qui vient passer sur une seconde roue dentée, que le mécanicien peut faire tourner sur son axe au moyen d'un système de tiges tournant dans des colliers fixés aux parois de la chaudière. La tige qui arrive sur le devant de la chaudière se termine par une manivelle sur laquelle le mécanicien agit, quand il veut faire varier, pendant la marche, l'écartement des taquets et l'étendue de la détente qui dépend de cet écartement. Cette étendue est indiquée par une aiguille qui se meut sur un limbe convenablement gradué. L'aiguille indicatrice est commandée, au moyen d'une roue dentée montée sur son axe, par le filet d'une vis sans fin adaptée à la tige que le mécanicien fait tourner, pour agir sur la détente.

La fig. 674 indique clairement le jeu du mécanisme qui produit la détente variable. Supposons, par exemple, le piston à l'origine de sa course directe, le tiroir A a déjà un peu dépassé le milieu de sa course directe, et les glissières fixées aux taquets T, T', sont à l'extrémité de leur excursion directe, prêtes à commencer leur course rétrograde. La lumière b, est déjà démasquée de quelques millimètres par le rebord du tiroir : son bord postérieur se trouve un peu au-delà du bord anté-

rieur *c*. Quant à la lumière *b'*, elle est sous l'échappement du tiroir *A*; par conséquent, la vapeur commence à entrer dans la partie postérieure du cylindre, pour pousser le piston en avant, tandis que la vapeur contenue dans la partie antérieure du cylindre s'écoule, à travers la lumière *b'*, vers le tuyau d'échappement. Le piston du cylindre, marchant en avant, ainsi que le tiroir *A*, la tige *B* marche en sens inverse, de sorte que l'ouverture rectangulaire *c* et la plaque *T* se rapprochent l'une de l'autre. La première se trouve ainsi masquée par la plaque *T*, et l'admission de la vapeur est supprimée, après que le piston a fait une partie de son excursion d'autant moins étendue que le taquet *T* est placé plus en arrière sur la tige *B*, ou que les taquets sont plus écartés l'un de l'autre. L'étendue de la détente augmente donc avec l'écartement des taquets.

Dans le système que nous venons de décrire, on ne peut faire varier la détente qu'entre certaines limites, au-delà desquelles la vapeur serait admise de nouveau dans le cylindre avant la course du piston; mais, en conduisant la tige des taquets de détente par un excentrique, au lieu de la conduire par un balancier lié à la tige du piston, on peut parvenir à admettre la vapeur pendant une fraction quelconque de la course du piston. Cette modification a été du reste introduite par M. Meyer dans la construction de ses machines les plus récentes.

Enfin, nous ferons remarquer que si les dimensions des taquets sont réglées de manière à ce que, pour un certain degré, la détente soit la même sur les deux faces du piston, elle ne sera plus symétrique pour un autre degré quelconque de détente, inconvénient essentiellement inhérent au système employé, et que l'on ne pourrait faire disparaître en donnant aux deux vis des pas inégaux.

Le système de détente variable de M. Galifant consiste dans l'emploi d'un tiroir analogue à celui de M. Meyer, mais dans lequel les deux cheminées pratiquées dans le tiroir et destinées à admettre la vapeur dans le cylindre sont courbes et viennent se réunir à une même ouverture placée au milieu du dos du tiroir, par laquelle elles communiquent avec la boîte à vapeur. Un seul taquet mû par un excentrique glisse sur le dos du tiroir. La détente varie suivant le calage de l'excentrique de détente.

Enfin le système de détente variable de M. Trésel consiste en un premier tiroir tout à fait semblable à celui de M. Meyer, mené par un excentrique circulaire, sur le dos duquel se ment, au lieu de taquets, un tiroir de détente construit comme un tiroir de distribution ordinaire et mené par un excentrique à bosses; les courbes des bosses de cet excentrique sont calculées de manière à opérer très rapidement l'ouverture et la fermeture complète des cheminées du premier tiroir, avantages que l'on obtient du reste d'une manière plus simple et tout aussi efficace par le système de M. Farcot. On fait varier la détente, comme dans le système précédent, en faisant varier la position de l'excentrique sur l'arbre de rotation. L'inconvénient que présente ce système, du reste très habilement étudié, consiste dans l'emploi d'excentriques à bosses, emploi que l'on doit rejeter toutes les fois qu'il est possible de s'en passer, à cause de leur complication, des causes d'usure qu'ils présentent et de la difficulté de les réparer facilement; ce n'est que dans les filatures qu'on doit s'en servir parce qu'il est impossible de faire autrement.

En outre, dans ces deux derniers systèmes, on ne peut régler la détente au moyen du modérateur de la machine, lorsque celle-ci est en marche, comme cela s'exécute si aisément avec les systèmes de MM. Farcot et Meyer.

F. DEBETTE.

DEXTRINE. Voyez AMIDON.

DIAMANT (*angl.* diamond, *all.* diamant). D'après les expériences de Guyton-Morveau et de Dumas, le diamant est du carbone parfaitement pur qui, chauffé à une haute température dans de l'oxygène, brûle sans résidu en se transformant en acide carbonique. C'est le plus dur de tous les corps; il possède un éclat extrêmement vif et caractéristique connu sous le nom d'éclat adamantin. La densité est de 3,50 à 3,55. Par le frottement il acquiert l'électricité positive. Il cristallise dans le système régulier; on le trouve ordinairement en octaèdres, en cubes, en tétraèdres ou en dodécaèdres rhomboïdaux à faces très souvent curvilignes. Il possède quatre clivages principaux qui conduisent à l'octaèdre régulier et un grand nombre de clivages secondaires, ce qui le rend très facile à pulvériser malgré sa dureté. L'existence de ces clivages est d'une grande importance pour le lapidaire, en lui permettant d'abréger considérablement le travail de la taille. Il existe des diamants dits *diamants de nature* qui se trouvent à l'état brut sous forme sphéroïdale, qui ne possèdent aucun clivage et qu'on n'a pu parvenir jusqu'ici à tailler par aucun procédé; on les pulvérise pour faire de l'égrisée; l'étude de cette variété de diamants est encore à faire et serait fort intéressante; ce sont probablement des diamants maclés.

Le diamant possède un pouvoir réfringent et un pouvoir dispersif très considérable, ce qui avait fait présumer à l'illustre Newton que c'était un corps combustible bien avant que l'analyse fût venue vérifier ce fait. Ce sont ces propriétés auxquelles le diamant taillé doit ses magnifiques effets de lumière.

Le diamant est le plus communément incolore et transparent, cependant on en trouve de légèrement colorés, et même il y en a de noirs et presque opaques. Après les diamants jaunes, les verts sont les plus communs; les bleus sont beaucoup plus rares et ne sont presque jamais d'une belle eau. Les diamants roses sont les plus estimés des diamants colorés, et lorsqu'ils sont sans défaut et d'une belle nuance, ils sont même d'un prix plus élevé que les diamants incolores. Cependant les diamants incolores sont les plus chers.

Le diamant devient phosphorescent lorsqu'on le chauffe presque au rouge, ou par l'isolation, c'est-à-dire lorsqu'on l'expose à l'action des rayons solaires, et dans ce dernier cas, il conserve sa phosphorescence pendant un certain temps après qu'il a été soustrait à l'action de la lumière; ce sont les rayons bleus du spectre solaire qui lui donnent la phosphorescence la plus durable.

La taille du diamant date de 1476. Elle est fondée sur l'observation faite par Louis de Berquem, que deux diamants frottés mutuellement l'un contre l'autre s'usent et se réduisent mutuellement en poussière. On exécute cette opération au moyen d'une plate-forme en acier très doux. Le diamant à polir est soudé avec de la soudure d'étain dans une coquille en cuivre, qui est elle-même pincée dans une tenaille en acier. Cette tenaille, qu'on tient chargée d'un poids, presse le diamant sur la plate-forme à laquelle on imprime un mouvement de rotation très rapide, et qu'on a préalablement arrosée avec de la poussière de diamant ou *égrisée* délayée dans de l'huile. On use et on polit successivement toutes les faces.

Les plus gros diamants sont taillés en *brillants*, les plus petits en *roses*.

Les diamants de rebut ou qui sont trop petits pour être taillés sont réduits en poudre dans un mortier en acier trempé, et servent à la taille des autres diamants.

Les petits diamants que l'on enchâsse dans des tiges et que l'on emploie pour couper le verre doivent présenter un angle curviligne, autrement ils ne feraient que rayer le verre sans le couper. Il faut au contraire

DIAMANT.

rejeter ceux qui présentent cet angle, lorsqu'on veut seulement graver sur le verre. On se sert aussi de petits diamants de rebut pour armer les pointes des forets destinés à percer des trous dans des pierres dures, telles que le rubis, etc.

Enfin, on fait des lentilles simples achromatiques en diamant, d'un prix très élevé il est vrai, mais qui jouissent d'un grossissement considérable, et présentent, par suite du grand pouvoir réfringent que possède le diamant, une image beaucoup mieux éclairée que les microscopes ordinaires.

Le diamant tient le premier rang parmi les pierres précieuses par son éclat, sa dureté et son prix. On compte dans le commerce son poids en carats qui se divisent en 4 grains. Le carat vaut 205 milligrammes.

Le prix des diamants, toujours très élevé, est cependant susceptible de grandes variations : lorsqu'ils ne sont pas propres à la taille, on les vend en général de 30 à 40 fr. le carat. Dans le cas contraire, quand leur poids est au-dessous d'un carat, ils se vendent à raison de 48 fr. le carat. Enfin, si leur poids dépasse un carat, on obtient la valeur du diamant en multipliant le carré de son poids, exprimé en carats, par 48. Toutefois ces bases ne sont applicables qu'aux diamants bruts ; lorsqu'ils sont taillés, leur valeur est beaucoup plus élevée, et varie avec la forme, le poids, la teinte, etc. En général, on admet qu'un diamant brut perd la moitié de son poids à la taille et que, par conséquent, un diamant taillé a une valeur quadruple d'un diamant brut de même qualité et de même poids. D'après cela, la valeur d'un diamant taillé

de 4 carat . . .	serait de	492 francs.
— 2 — . . .	—	768 —
— 3 — . . .	—	4,728 —
— 4 — . . .	—	3,072 —
— 5 — . . .	—	4,800 —
— 6 — . . .	—	6,912 —
— 7 — . . .	—	9,408 —
— 8 — . . .	—	12,288 —
— 9 — . . .	—	15,552 —
— 10 — . . .	—	19,200 —
— 20 — . . .	—	76,800 —

Au-delà de 40 carats, le prix des diamants ne suit plus la loi que nous venons d'indiquer et croît plus rapidement.

Le plus gros diamant connu est celui du rajah de Bornéo ; il est d'une très belle eau et pèse 367 carats, et a la forme d'un œuf. Vient ensuite celui que possédait le Grand-Mogol et qui pesait 279 carats, d'après Tavernier qui l'estimait à 44 millions $\frac{1}{2}$ de fr. Le diamant de l'empereur de Russie est brut, de la grosseur d'un œuf de pigeon, et pèse 493 carats ; il a été acheté par l'impératrice Catherine 2,360,000 fr. comptant et une rente viagère de 445,000 fr. Le diamant de l'empereur d'Autriche est légèrement jaunâtre et pèse 439 carats ; il est estimé 2 millions $\frac{1}{2}$. Le plus beau des diamants connus est le Pitt ou le Régent, qui appartient au roi de France actuel et pèse 436 carats ; il en pesait plus de 400 avant d'être taillé ; il est estimé 4 millions $\frac{1}{2}$ de francs, quoi qu'il n'en ait coûté en réalité que 2 millions $\frac{1}{2}$. Tous les diamants que nous venons de citer viennent des Indes-Orientales. Le plus gros diamant trouvé jusqu'ici au Brésil, appartient à la couronne de Portugal, et pèse brut, d'après les plus fortes estimations, 420 carats.

Les diamants se rencontrent au Brésil et dans plusieurs contrées des deux Indes, principalement dans les royaumes de Visapour et de Goloondé, et l'île de Bornéo ; on a aussi rencontré isolément, dans l'Oural, quelques diamants, mais en trop faible quantité pour donner lieu à une exploitation. Les terrains dans lesquels on les trouve sont toujours des terrains d'alluvion très modernes. Au Brésil, ces terrains sont prin-

DIASTASE.

cipalement formés par la destruction de roches ferrugineuses qui appartiennent à la formation du schiste argileux, et on connaît même quelques rares échantillons de diamants enchâssés dans de l'hématite brune (fer oxydé hydraté) subordonnée à cette formation. On en retire le diamant par le lavage.

Les diamants qui présentent une croûte verdâtre sont, en général, les meilleurs, et sont ceux qui possèdent la plus belle eau après la taille.

On estime que le Brésil produit annuellement de 20,000 à 30,000 carats, ou de 4 à 6 kilogrammes de diamants bruts, et les frais d'extraction s'élèvent moyennement à 32 fr. 20 c. par carat.

DIASTASE. La diastase, découverte par MM. Payen et Persoz, est un ferment très remarquable contenu dans l'orge germé ou malt, et qui lui communique la propriété de transformer l'amidon en dextrine et en sucre de raisin (voyez AMIDON et FERMENTATION). On l'obtient ainsi qu'il suit : on fait digérer du malt d'orge broyé avec une petite quantité d'eau froide ; on exprime ensuite le malt, on filtre la liqueur, et on la chauffe au bain-marie à 70° C., afin de coaguler la plus grande partie de l'albumine végétale que l'on sépare ensuite par filtration. On ajoute à la liqueur filtrée de l'alcool pour en précipiter la diastase ; on la recueille sur un filtre, on la redissout dans l'eau, et on la précipite de nouveau par l'alcool ; enfin, on la dessèche à une douce chaleur. La diastase ainsi obtenue est une substance blanche, solide, très soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool concentré. Sa dissolution aqueuse n'a aucune réaction acide ou alcaline et est presque sans saveur ; au contact de l'air, elle se décompose à la longue et devient acide ; elle se décompose également à la température de l'ébullition.

DIFFÉRENTIEL (MOUVEMENT). Si l'on imprime par une action extérieure un mouvement à une partie seulement d'une machine (il n'y a nul intérêt à examiner le cas d'un mouvement imprimé à la machine tout entière), en général la communication cessera entre cette partie de la machine et les autres. Il ne peut en être autrement, qu'autant que les mouvements que prennent les guides des pièces sont tels que celles-ci continuent à agir l'une sur l'autre comme lorsque les axes et les guides sont fixes. Ce dernier cas n'est donc qu'un cas particulier d'un problème plus général, celui où la vitesse des guides des pièces se réduit à zéro. C'est ce que nous allons rendre clair par un exemple.

Lorsqu'une vis se meut, la vitesse du mouvement de rotation de la tête de la vis est à son mouvement rectiligne dans le rapport du rayon du filet au pas de la vis. Mais ceci suppose que l'écrou est fixe, ce qui n'est qu'un cas particulier du mouvement, celui qui correspond à la vitesse zéro ; si, au contraire, il pouvait se mouvoir comme la vis, la vitesse de celle-ci serait évidemment modifiée ; si, par exemple, il tournait en même temps que la vis avec une vitesse de rotation variant de zéro à celle de la vis, la translation rectiligne de celle-ci dans le même temps varierait de la longueur du pas à zéro.

On voit que par une disposition semblable la vitesse absolue d'un organe change suivant la vitesse des guides du mouvement.

Les mouvements produits dans les systèmes qui réalisent ce genre de disposition sont généralement appelés *mouvements différentiels*, parce que la vitesse absolue est souvent une différence, plus généralement une combinaison de deux vitesses comme dans l'exemple donné plus haut, et que ce n'est que par un mouvement de même nature que celui de l'organe que les guides peuvent modifier la vitesse de celui-ci. Nous voyons que l'étude de ces systèmes revient à la solution de ce problème :

Déterminer le rapport des vitesses dans un organe de

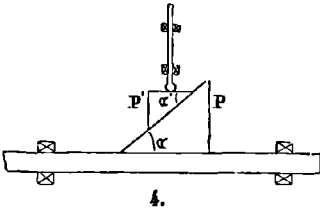
transformation de mouvement lorsque le guide de l'organe prend un mouvement de même nature que celui de cet organe, d'où résulte avance ou retard du mouvement, combinaison de vitesses.

Le problème ainsi nettement posé va nous permettre de réunir dans une même étude des systèmes fréquemment utilisés, dont l'analogie n'a jamais été clairement indiquée.

Passons en revue les diverses transformations du mouvement et les types des organes qui servent à les produire. Nous en déduisons l'indication des systèmes possibles de mouvements différentiels.

I. Mouvement rectiligne en mouvement rectiligne.

Plans inclinés. On sait qu'à l'aide de deux plans inclinés on peut transmettre le mouvement rectiligne de la barre AB à la barre CD. Pour cela le plan incliné P étant fixé à la barre AB (fig. 1), le plan in-



cliné P, qui repose sur le premier, est assujéti à ne pouvoir que s'élever dans la direction de CD. Mais si on lui donne la faculté de se mouvoir aussi dans la direction de AB (qui est celle des guides de cette pièce), qu'il ait un mouvement propre parallèle à AB, il est clair que le mouvement de CD résultera de la somme ou de la différence des mouvements des deux plans inclinés suivant qu'ils iront l'un vers l'autre ou s'éloigneront.

Poulies mobiles. En y réfléchissant, on voit facilement que si la poulie mobile est soumise aux lois du mouvement différentiel, c'est-à-dire si la vitesse d'un brin est double de celle de l'axe de la poulie, lorsque les chemins sont parallèles, c'est qu'en réalité elle est un organe du genre différentiel dans lequel le mouvement rectiligne de déplacement de l'axe de rotation de la poulie se combine au mouvement rectiligne de la corde qui le produit. La poulie étant supportée par la corde qui entoure sa circonférence, son axe peut prendre un mouvement de progression d'où naissent les propriétés des mouffes.

II. Mouvement circulaire en mouvement rectiligne.

Les organes qui servent à cette transformation peuvent fournir deux systèmes différentiels, suivant qu'on considère le mouvement circulaire ou le rectiligne, et qu'on laisse prendre au guide de l'un des éléments le mouvement de l'autre.

PREMIER CAS.—GUIDES A MOUVEMENT RECTILIGNE.

1° Du mouvement circulaire.

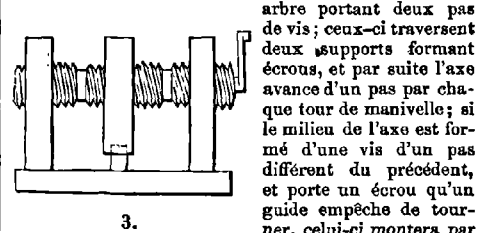
Le moyen d'astreindre l'axe de mouvement circulaire à se mouvoir en ligne droite consiste à la rendre solidaire d'une pièce glissant dans des guides rectilignes, de faire par exemple porter les coussinets par une pièce qui glisse sur une barre rectangulaire. Disons en passant que cette combinaison d'un mouvement rectiligne et d'un mouvement circulaire, fournit un instrument simple propre à tracer le cycloïde, si un point du cercle est muni d'un traçoir, et que l'axe du cercle soit porté

par un petit bâti dans lequel est pratiquée une douille qui glisse sur une règle.

Si la roue dont l'axe est ainsi mis en mouvement, est munie de dents qui engrènent avec une crémaillère (fig. 2) dont la direction est parallèle à la ligne que décrit le centre de la roue, on aura un mouvement différentiel, et le mouvement C de la crémaillère pour un tour de la roue et un déplacement l de son axe, sera :

$$C = 2\pi r \pm l.$$

Vis différentielle. Si l'axe de mouvement circulaire est à angle droit avec la direction du mouvement rectiligne, la vis fournira un système différentiel en faisant prendre un mouvement rectiligne parallèle à l'axe, aux collets de la vis que l'on suppose fixes dans la disposition ordinaire. Le moyen le plus naturel d'obtenir ce résultat consiste à filer les collets de la vis et à transformer en écrou les coussinets qui les reçoivent, ce qui fournit le système inventé par M. Prony, et auquel il a donné le nom de vis différentielle (fig. 3). Il consiste dans un

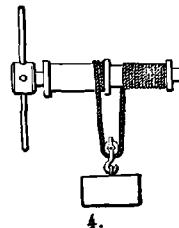


arbre portant deux pas de vis; ceux-ci traversent deux supports formant écrous, et par suite l'axe avance d'un pas par chaque tour de manivelle; si le milieu de l'axe est formé d'une vis d'un pas différent du précédent, et porte un écrou qu'un guide empêche de tourner, celui-ci montera par chaque tour d'une quantité égale au pas de la vis. Son mouvement absolu, égal au transport de l'axe moins son mouvement propre, sera donc égal à la différence des deux pas de vis ($h-h'$), quantité qu'on peut obtenir aussi petite qu'on le voudra, en conservant au filet de la vis toute la solidité nécessaire.

2° Du mouvement rectiligne.

Treuil différentiel. On appelle ainsi un treuil tel que le mouvement rectiligne de la résistance à surmonter s'y trouve la différence de deux mouvements rectilignes, produits par les enroulements des deux bouts de la corde.

Considérons un treuil employé à soulever un fardeau, la corde est guidée en ligne droite par la pesantour lors de son enroulement autour du cylindre. Si le



pois est suspendu à une poulie mobile soutenue par une corde pliée en deux parties, dont les extrémités s'enroulent dans deux sens opposés sur le cylindre du treuil (fig. 4), et que ce cylindre soit formé de deux parties de diamètres différents, on aura le treuil différentiel. Le fardeau n'est plus alors soulevé pour chaque tour que de la moitié de la différence des deux chemins parcourus par la corde sur les deux cylindres, ou par tour de $e = 2\pi \left(\frac{R-r'}{2} \right) = \pi(R-r)$.

Le travail résistant dû à la raideur de la corde détruit les avantages apparents de ce système.

DIFFÉRENTIEL.

DEUXIÈME CAS. — GUIDES A MOUVEMENT CIRCULAIRE.

Considérons maintenant le cas où l'on donne un mouvement circulaire à la pièce mue d'un mouvement rectiligne.

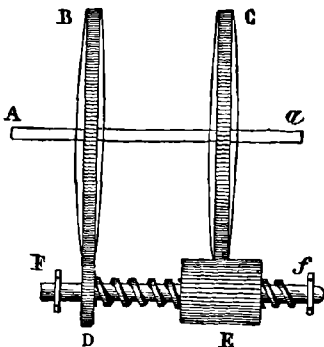
Soit d'abord le cas d'une crémaillère. Si on fait tourner celle-ci autour de l'axe de rotation de la roue en montant ses guides sur un disque tournant autour de cet axe, on voit :

1° Que si le disque a la même vitesse angulaire que la roue, la crémaillère n'aura qu'un mouvement de rotation ;

2° Que si cette vitesse angulaire est différente, la crémaillère aura en même temps un mouvement de rotation et un de progression, ce dernier étant pour deux angles ω , ω' parcourus en un même temps $r(\omega' - \omega)$. Si $\omega' = 2\omega$, rapport bien facile à établir par deux engrenages moteurs, cette progression sera $2r\omega$, et, en roulant sur la circonférence, la crémaillère tracera par un de ses points les développantes du cercle primitif; dans tous les cas, des développantes allongées ou raccourcies.

Soit maintenant le cas de la vis, et supposons que l'écrou ait la liberté de tourner autour du même axe que la vis. Cette disposition pourra être réalisée en montant sur l'axe moteur deux roues qui engrenent, l'une avec une roue montée sur la tête de la vis, l'autre avec le contour extérieur de l'écrou formant pignon.

Aa est l'axe moteur (fig. 5) sur lequel sont montées



5.

les deux roues B et C, Ff est l'axe de la vis tournant sur deux collets; vers sa tête est montée une roue D, et elle porte un pignon E dont l'intérieur est taillé en écrou, qui peut par suite avancer ou reculer en tournant autour de la vis.

Si les roues B, C, D, E étaient égales deux à deux, il est clair que l'écrou et la vis tourneraient ensemble comme s'ils ne faisaient qu'une seule pièce; mais si les rayons sont différents, il en résulte un mouvement relatif, un mouvement différentiel, dont la vitesse résulte de la différence des vitesses des mouvements composants.

En effet, représentons par B, C, D, E, les nombres de dents des roues représentées par les mêmes lettres, et par P le pas de la vis. Les rotations simultanées des axes Aa, Ff et de l'axe de l'écrou étant L, L', L_e, on a :

$$L_e = \frac{LC}{E}, L_r = \frac{LB}{D}.$$

Mais si la vis fait L_r rotations et l'écrou L_e dans le même sens, la vis et l'écrou font L_r - L_e rotations l'un par rapport à l'autre, et par suite le déplacement de

DIFFÉRENTIEL.

l'écrou parallèlement à l'axe de la vis, dont le pas est P, est :

$$(L_r - L_e)P = LP \left(\frac{B}{D} - \frac{C}{E} \right),$$

quantité qu'on peut rendre très petite par rapport à L.

Cette combinaison est employée dans quelques appareils (soit qu'on fasse déplacer la vis, soit que ce soit l'écrou qui se déplace); M. Poncelet en a fait une application à un dynamomètre à ressort. (Voyez MÉCANIQUE-GÉOMÉTRIQUE.)

III. Mouvement circulaire en mouvement circulaire.

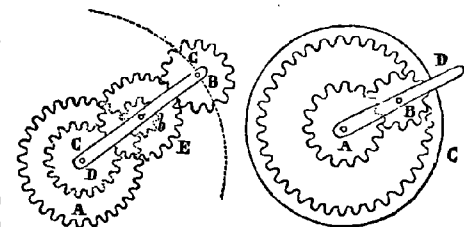
Le mouvement différentiel existera dans un système de roues ou de pièces douées d'un mouvement de rotation, lorsque l'on donnera à l'axe de rotation d'un des systèmes un mouvement de rotation autour de l'autre axe. C'est évidemment d'une combinaison de roues dentées que pourra résulter ce mouvement de rotation.

DES DIVERS SYSTÈMES ÉPICYCLOÏDAUX.

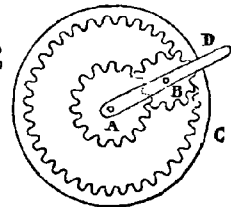
Nous appellerons trains épicycloïdaux les systèmes dérivant du mouvement de rotation de l'axe d'une roue dentée autour de l'axe d'une autre roue dentée avec lequel la première engrene; c'est le seul mouvement que l'on puisse donner, lorsque les roues sont dans un même plan, pour que l'action d'engrenement continue.

Il y a dans un système épicycloïdal trois parties est essentielles à considérer; les deux roues extrêmes, et le levier concentrique à l'une d'elles qui porte l'axe de l'autre; les relations de positions différentes de ces trois éléments donnent lieu aux systèmes représentés dans les figures suivantes :

1° Les roues sont extérieures, le plus souvent l'axe de la première (fig. 6) étant fixe, le mouvement est imprimé à l'autre roue extrême B et au levier;



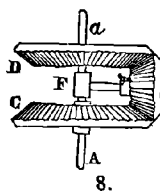
6.



7.

2° L'une des roues est intérieure à l'autre, généralement l'axe de la roue extrême (fig. 7) extérieure est fixe; le mouvement est imprimé au levier qui entraîne la première roue A;

3° Enfin les deux roues ne sont plus situées dans un même plan, elles sont parallèles et montées sur un même axe, le mouvement de la roue D (fig. 8) montée sur l'arbre Aa, imprimé par l'intermédiaire de la roue E supportée par le levier C qui tourne librement sur l'axe Aa.

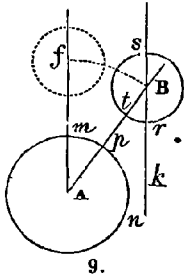


8.

DÉTERMINATION DES RAPPORTS DE VITESSE DANS LES SYSTÈMES ÉPICYCLOÏDAUX.

Soit AB un levier tournant autour de A (fig. 9) et conduisant un train dont la première roue est A concentrique au levier, et dont la dernière B peut être concentrique ou non concentrique avec A. Ces deux roues

sont réunies par un nombre quelconque de roues dentées transportées par le levier AB. Les révolutions d'un point de ces roues doivent être estimées : 1° par rapport à la position initiale du levier, ce qui s'obtient en mesurant la distance angulaire d'un rayon passant par le point décrivant avec la ligne fixe Af, ou si cette roue est excentrique comme B, avec une ligne Bk parallèle à Af; 2° par rapport au levier qui transporte les axes. Le premier arc mesure les révolutions absolues, le second les révolutions relatives ou par rapport avec le levier en mouvement. Le levier transportant le train de la position Af à AB, et pendant ce même temps le point m de la roue A arrivant en n par une action extérieure, le point r de la roue B passe en s en vertu de la connexion de cette roue avec la roue A (nous supposons que ces mouvements ont lieu dans le même sens). mA n, rBs sont les mouvements absolus des points correspondants sur les roues A et B, et pAn, tBs sont leurs mouvements par rapport au levier.



Mais $mAn = mA p + pAn$ et $rBs = rBt + tBs = mA p + tBs$; mA p étant le mouvement du levier. Si les roues se meuvent dans des directions opposées, $mAn = pAn - mA p$ et $rBs = tBs - mA p$.

Relation qui subsiste, quelle que soit la grandeur des angles décrits, et est vraie toutes les fois que les rapports des vitesses angulaires sont constants, comme il arrive avec les roues dentées. Ce qui revient à dire que les révolutions absolues des roues d'un système épicycloïdal sont égales à la somme de leurs révolutions par rapport avec le levier et de celles de ce levier lui-même, quand les directions sont de même sens, et égales à la différence de ces deux quantités quand elles sont de sens contraire.

Soient a, m, n les révolutions absolues simultanées du levier, de la première et de la dernière roue, et soit ϵ la raison du train épicycloïdal, c'est-à-dire le quotient du nombre des révolutions relatives de la dernière roue divisé par le nombre de celles de la première.

ϵ est une quantité de la forme $\frac{T_m}{T_1}$, identique à celle obtenue pour un système de roues fixes, car elle se rapporte aux mouvements estimés par rapport au levier.

Puisque les révolutions relatives de la première roue par rapport au levier $= m - a$ et celles de la seconde roue $= n - a$, les mouvements du train considérés par rapport au levier étant les mêmes que ceux d'un système ordinaire de roues dentées, on a :

$$n - a = \epsilon (m - a) \text{ ou } \epsilon = \frac{n - a}{m - a} \text{ d'où :}$$

$$a = \frac{m\epsilon - n}{\epsilon - 1} \quad (1), \quad n = a + (m - a)\epsilon \quad (2), \quad m = a + \frac{n - a}{\epsilon} \quad (3).$$

Appliquons ces formules à divers cas simples :

1° Si la première roue du train est fixe, comme il arrive le plus souvent, le nombre m de ses révolutions absolues est 0, et on a :

$$a = \frac{n}{1 - \epsilon} \text{ et } n = (1 - \epsilon)a;$$

2° Si c'est la dernière qui est fixe $n = 0$, et on a :

$$a = \frac{m\epsilon}{\epsilon - 1} \text{ et } m = \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)a.$$

Enfin 3° quand aucune des roues n'est fixe :

$$a = \frac{m\epsilon - n}{\epsilon - 1} = \frac{m\epsilon}{\epsilon - 1} + \frac{n}{1 - \epsilon} \quad [4],$$

c'est-à-dire que les révolutions du levier sont égales à la somme des révolutions qu'il fait quand on suppose successivement fixes les roues extrêmes.

Dans ces formules les rotations sont considérées comme étant toutes du même sens; s'il en est autrement, pour celles de sens opposé, le signe de m, n , ou a , doit être différent.

Prenons pour application des formules précédentes, les trains épicycloïdaux représentés dans les fig. 6, 7 et 8, et supposons que les lettres qui désignent les roues représentent les nombres de dents.

Le train formé des roues A, B, C, dans la fig. 7, est tel de sa nature que les roues A et C tournent en sens opposé, par suite ϵ est négatif; de même dans le système de la fig. 8; mais dans celui de la fig. 6, les roues extrêmes tournent dans le même sens, et par suite ϵ est positif. D'ailleurs, on a pour le système de la fig. 6 :

$$\epsilon = + \frac{AE}{bB}; \text{ dans la fig. 7, } \epsilon = - \frac{A}{C},$$

$$\text{et fig. 8, } \epsilon = - \frac{C}{D} = -1.$$

Lorsque la première roue des trains est fixe, c'est-à-dire lorsque $m = 0$, on a, d'après la formule (2) :

$$\text{Pour le système fig. 6, } n = \left(1 - \frac{AE}{bB}\right)a,$$

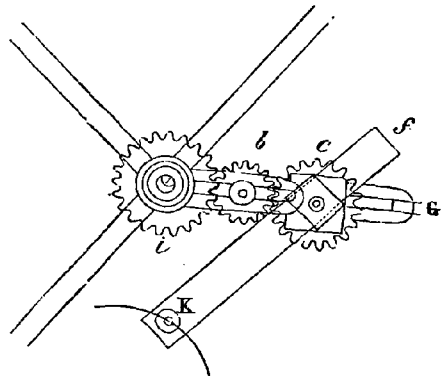
$$\text{Pour le système fig. 7, } n = \left(1 + \frac{A}{C}\right)a,$$

$$\text{Pour le système fig. 8, } n = 2a,$$

n et a étant respectivement les rotations simultanées de la dernière roue et du levier.

Les trains épicycloïdaux ont de curieuses applications; nous allons en donner les exemples les plus remarquables. On les emploie :

1° Pour des mécanismes dont la production du mouvement épicycloïdal est le but, comme la plume géométrique qui sert pour le tracé des courbes épicycloï-



40.

dales, et que représente la fig. 40. Ce n'est que le système de la fig. 6, si on applique un crayon à une barre portée par l'extrémité du levier, ou dans des systèmes qui offrent la même disposition que dans le cas que nous venons de rappeler;

2° Pour établir un rapport de vitesse déterminé avec une grande exactitude entre deux axes de position

fixe, lorsque ce rapport est composé de termes qu'on ne peut faire entrer dans un train de roues dentées à axe fixe ;

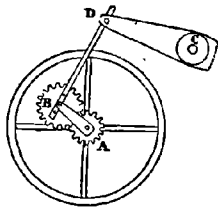
3° Pour produire un mouvement différentiel, une accélération ou retard d'un mouvement de rotation ;

4° Pour concentrer l'effet de deux ou plusieurs pièces différentes et indépendantes sur une même roue, quand l'action d'une ou plusieurs de ces pièces est variable.

Le levier ou barre qui porte les axes reçoit diverses formes. En général, la partie qui se meut doit être aussi légère que possible, et comporter un petit nombre de roues, surtout quand la révolution se fait dans le plan vertical, parce qu'à cause de l'excentricité le poids est une cause de dérangement, à moins qu'il ne soit exactement équilibré. En général, quand le train excentrique est nécessairement lourd, on en dispose les axes verticalement.

Premier système de trains épicycloïdaux.

Mouche ou roue planétaire. La disposition que nous prenons ici pour exemple avait d'abord été employée par Watt pour convertir le mouvement alternatif du piston de la machine à vapeur en mouvement circulaire. Sur l'axe du volant est montée une roue dentée A (fig. 44),



44.

qui engrène avec une roue dentée B fixée à l'extrémité de la bielle DB, le centre B étant réuni au centre A par le levier BA qui maintient le contact des deux roues. Quand le piston, par son action exercée sur le balancier, entraîne le levier BA, celui-ci tournerait autour du centre A comme une manivelle ordinaire, si la roue B, attachée à la bielle DB, ne venait modifier cette action.

En effet, les roues A, B, avec le levier AB, constituent un train épicycloïdal, dans lequel $\frac{A}{B} = \epsilon$ est négatif, puisque les roues tournent dans des directions opposées, et la dernière roue n'a pas de rotation absolue puisqu'elle est fixée à la bielle. La formule générale qui est : $m = a + \frac{n-a}{\epsilon}$, deviendra donc en

$$\text{faisant } n = 0 \text{ et } \epsilon = -\frac{A}{B}, \frac{m}{a} = 1 + \frac{B}{A}.$$

Dans la machine de Watt les roues sont égales, par suite $m = 2a$, et le volant fait deux tours pour un de la manivelle.

Cet appareil est curieux et susceptible de quelques applications pour obtenir simplement des multiplications de vitesses.

Son effet s'analyse facilement a priori en calculant les vitesses angulaires.

Soit V_1 la vitesse angulaire avec laquelle le centre B se meut autour de A, R le rayon de chacune des roues dentées, $2RV_1$ sera le chemin parcouru en une seconde par le centre de la roue B. Puisque cette roue est fixée invariablement à la bielle, tous les chemins parcourus simultanément par tous les points de cette roue sont égaux à celui que parcourt son centre, sont transportés comme lui. Ainsi $2RV_1$ sera aussi le chemin parcouru par la roue B à son point de contact avec la roue A. Soit V' la vitesse angulaire de cette dernière, le chemin parcouru par le point de contact, en tant qu'il appartient à la roue A, sera représenté par $V'R$. Donc $V'R = 2V_1R$ ou $V' = 2V_1$; c'est-à-dire que la vitesse angulaire ou le nombre des tours du

volant est double de la vitesse angulaire de l'extrémité de la bielle, ou du nombre des oscillations complètes de celle-ci.

Et en général, si

$$AB = (n + 1) R, V_1 = (n + 1) V_1.$$

Ainsi les vitesses des deux roues de rayons R et R' l'une fixée à la bielle, l'autre montée sur l'arbre du volant, étant dans le rapport de 1 à $1 + \frac{R}{R'}$.

On voit que pour :

$$R = R', \text{ chaque oscillation donne 2 tours du volant,}$$

$$R = 2R', \text{ — — — — — 3 — —}$$

$$R = \frac{1}{2}R', \text{ — — — — — } 1 + \frac{1}{2} \text{ — —}$$

et ainsi de suite.

On aura donc ainsi un nombre de tours du volant plus grand que le nombre d'oscillations de la bielle et dans le rapport que l'on voudra, pourvu que le mouvement de la bielle ait une amplitude convenable.

Si l'on voulait obtenir un nombre de rotations inférieur à celui des oscillations de la bielle, on ne pourrait y parvenir par le système précédent. Mais si, comme le propose M. Saladin, de Mulhouse, qui a analysé ces mouvements, on interpose entre les deux roues une roue intermédiaire quelconque, l'effet de cette roue est de changer le sens de la rotation due à l'engrenement, et le rapport des vitesses devient

$1 - \frac{R}{R'}$. En effet, si la roue fixée à la bielle tourne dans un sens, l'engrenage au moyen de la roue intermédiaire communique une rotation inverse, et le résultat définitif sera la différence de ces deux mouvements.

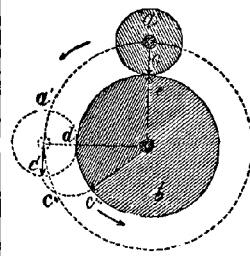
Ainsi $R = R'$ donne zéro, le balancier marchant, l'arbre du volant n'aura pas de rotation ; $R = 2R'$ donne -1 ou un tour en arrière ; $R = \frac{R'}{2}$ donne $\frac{1}{2}$ tour dans le sens du mouvement de la bielle.

On voit ainsi comment, pour un même mouvement de la bielle, l'arbre du volant peut rester fixe, ou tourner soit à droite, soit à gauche, avec une vitesse qu'on est libre de varier avec les engrenages.

Les mêmes effets peuvent s'obtenir au moyen de poulies et de courroies ou de cordes. Si la courroie est croisée, l'effet est le même qu'avec deux roues de mêmes rayons que les poulies, tandis que la courroie non croisée répond au même système augmenté d'une roue intermédiaire.

Nous empruntons à M. Saladin deux figures qui indiquent bien les circonstances du mouvement.

Ainsi, dans le système représenté fig. 42, dans lequel la roue fixe est double de la roue stellaire, la rotation du volant est de un tour et demi pour une oscillation du balancier. En effet, considérons la roue stellaire après qu'elle a parcouru un quart de circonférence ; le rayon vertical ac est toujours vertical en



42.

$a'c'$, puisque la roue ne tourne pas. Cherchons ce qu'est devenu le point c sur la roue b.

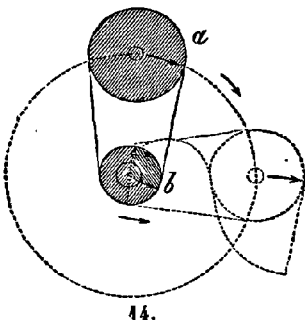
Si le disque a, au lieu d'être fixé à la bielle, eût été fixé à la manivelle, le cercle b eût tourné d'un quart de circonférence et le point de contact fût resté cons-

tant. Mais comme cette roue *a* est fixée à la bielle, le point de contact primitif s'est éloigné par l'effet des dents des roues, en parcourant des longueurs égales sur les deux circonférences à partir du point de contact. Si donc on développe *dc'* et qu'on enveloppe cet axe sur la circonférence *b*, *c''* sera la nouvelle position du point *c*, et la rotation de *b* pour celle de $\frac{1}{4}$ de *a* sera $\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \frac{1}{4} = \frac{3}{8}$, puisque *dc''* $\frac{1}{4} a = \frac{1}{8} b$. Le rapport des vitesses sera donc de 4 à $\frac{3}{2} = 4 + \frac{1}{2}$.

La fig. 13 représente un système à trois roues, *a* roue de commande et à translation, *c* roue intermédiaire aussi à translation, *b* roue commandée d'un rayon double de celui de la roue motrice. Lorsque le disque *a* est venu en *a'*, son rayon *d* restant vertical sera venu en *d'*. Si du point de contact *e* comme centre de mouvement, nous développons l'arc *ed'* pour le porter sur le disque *c'*, nous trouvons que le rayon *f* du disque *c* est venu en *f'*, et que le rayon opposé *g* est venu en *g'*; si enfin du point de contact *h'* nous reportons sur *b* l'arc développé *g'h'*, la développante qui part du point *g'* rencontrera *b* en *h''*, et le rayon vertical de *b* aura parcouru $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ seulement de tour pour $\frac{1}{4}$ de tour de *a*, soit $\frac{1}{2}$ tour de *b* pour un tour de *a*.

On voit que si les rayons de *a* et *b* étaient égaux, *b* resterait immobile, les deux mouvements en sens contraire étant égaux, et qu'enfin si la roue stellaire était celle du plus grand rayon, le mouvement serait rétrograde.

La fig. 13 représente le cas d'un tour en arrière en employant des courroies non croisées, et une roue *a* d'un rayon double de celui de la roue *b*. Après un quart de tour, les positions relatives de points situés au départ sur des rayons perpendiculaires au même brin, s'obtiendront en enroulant sur la circonférence de *a*,



14.

à partir de la position du rayon primitif, une longueur de la courroie égale à un quart de circonférence et l'enroulant autour de la seconde par la rotation de celle-ci; c'est-à-dire en traçant deux arcs de développantes. La rotation définitive sera :

$\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \times 2 = -\frac{1}{4}$, puisque $\frac{1}{4}$ de *a* = $\frac{2}{4}$ de *b*.

Pour une rotation, complète de *a*, la rotation de *b* sera donc de -1 , ou un tour en arrière.

Nous avons supposé que la bielle restait toujours parallèle à elle-même, était infinie; les tracés précédents montrent comment, quand la bielle est courte, les inégalités de la vitesse de rotation croissent avec les inclinaisons de la bielle, et que cette vitesse est plus grande dans les parties placées au-dessus du diamètre horizontal que pour celles placées au-dessous. Cela résulte de la position du rayon vertical de la roue stellaire au point de contact, qui reste toujours dans la direction de la bielle, ce qui rend l'arc à retrancher ou à ajouter plus grand ou plus petit que dans le cas de la bielle infinie.

Second système des trains épicycloïdaux.

Nous allons étudier l'emploi des trains épicycloïdaux pour établir un rapport exact de vitesse angulaire entre deux axes par des sommes ou des différences de vitesses, lorsqu'il ne peut être obtenu par le seul emploi de roues dentées, et lorsqu'une grossière approximation est inadmissible.

Nous avons vu que si ϵ est la raison d'un train épicycloïdal et si l'axe menant est réuni avec la première roue par un système dont la raison est μ , et avec la dernière roue par un système dont la raison est ν , μp et νp étant les rotations simultanées de ces deux roues, p celles de l'arbre moteur, on a [4] :

$$\frac{a}{p} = \frac{\mu}{4 - \frac{1}{\epsilon}} + \frac{\nu}{4 - \epsilon}$$

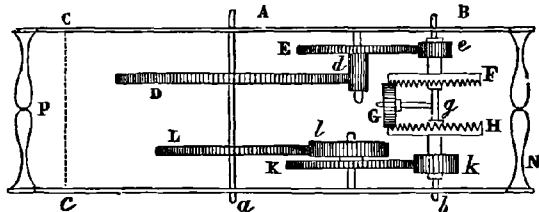
quand a et p sont les rotations simultanées du levier portant le train et de l'axe qui conduit; c'est-à-dire que l'effet des deux trains μ et ν est concentré sur l'axe du levier.

Ce système est appliqué sous une forme simple dans la disposition représentée sur la fig. 45.

Bb est un axe sur lequel est monté le levier Gg, qui porte la roue G; celle-ci engrène avec deux roues égales F et H, qui sont concentriques avec l'axe Bb, mais sont montées sur des tubes qui tournent librement autour de celui-ci.

Le train épicycloïdal consiste donc en trois roues F, G, H; F pouvant être considérée comme la première roue et H comme la dernière.

Aa est l'axe moteur, qui porte les deux roues BD et L; D sert à mettre l'axe en rapport avec la première roue F du train épicycloïdal (avec le tube qui la porte); au moyen du système de roues dentées et pignons *d*, *E*, *e*; de même L constitue avec *l*, K et *k* un système de roues dentées qui réunit l'axe Aa avec la dernière roue H. On a par suite :



45.

$$\mu = \frac{DE}{de} \text{ et } \nu = \frac{LK}{lk}$$

Le mouvement du train épicycloïdal étant considéré par rapport au levier, on voit que les roues extrêmes

DIFFÉRENTIEL.

F et R se meuvent dans des sens opposés, par suite α est négatif et égal à :

$$-\frac{F}{H} = -4$$

Par suite :

$$\frac{a}{p} = \frac{1}{2}(\mu + \nu) = \frac{1}{2}\left(\frac{PE}{ds} + \frac{LK}{tk}\right).$$

Si donc le rapport $\frac{a}{p}$ est donné, que son numérateur ou son dominateur, ou tous les deux, ne soient pas décomposables en facteurs premiers, il devient facile de déterminer deux fractions décomposables dont la somme soit égale à la fraction proposée, et de les employer pour former un système semblable à celui de la figure.

Cet emploi des systèmes épicycloïdaux a été décrit par M. Francœur, auquel nous empruntons les calculs ci-après, et est indispensable pour la haute horlogerie. Il attribue ce mécanisme à MM. Pecqueur et Perrelet, qui l'ont employé en 1823; la première idée de ces méthodes, suivant M. Willis, est due à Mudge, qui a construit vers 1767 une horloge qui donnait le mouvement lunaire par trains épicycloïdaux.

Appliquons ces résultats aux cas pour lesquels le système simple de roues dentées ne suffit plus, ce qui a lieu quand $\frac{T_m}{T_1} = \alpha$, α n'étant plus un nombre commensurable et que les deux termes ne peuvent se décomposer en nombres premiers.

Premier cas. Soit $\frac{a}{p}$ une fraction dont le dominateur est décomposable en facteurs, mais non le numérateur.

Soit le dénominateur $p = fgh$, la fraction qui représente le rapport des vitesses est $\frac{a}{fgh}$. Le dénominateur pouvant souvent se décomposer en trois facteurs de diverses manières, chacun fournit une solution distincte du problème.

On décomposera $\frac{a}{fgh}$ en deux fractions convenables, en posant :

$$\frac{a}{fgh} = \frac{fx}{fgh} + \frac{gy}{fgh},$$

c'est-à-dire $a = fx + gy$.

Il est facile de résoudre cette équation en nombres entiers pour x et y , et d'obtenir une infinité de valeurs de x et y , qui satisfont au problème et donnent :

$$\frac{a}{fgh} = \frac{x}{gh} + \frac{y}{fh},$$

Soit, par exemple, la fraction $\frac{271}{216}$. Puisque $216 = 4 \times 9 \times 6$, nous poserons $271 = 9x + 4y$ ou $f=9, g=4$. Les méthodes ordinaires de l'analyse indéterminée donnent pour toutes les valeurs qui satisfont à ces équations les deux expressions $x=31-4t$ $y=9t-2$, t étant tout nombre entier positif ou négatif.

On a ainsi : $x = 27, 23, 19 \dots 31, 45, 39$
 $y = 7, 16, 25 \dots -2, -11, -20$
 pour les valeurs de $t, 1 \ 3 \ 3 \dots 0 \ -1 \ -2$

Comme $gh=24, fh=54$, la fraction $\frac{271}{216}$ est donc égale à :

$$\frac{27}{24} + \frac{7}{54}, \frac{23}{24} + \frac{16}{54}, \frac{19}{24} + \frac{25}{54},$$

ou encore à :

DIFFÉRENTIEL.

$$\frac{31}{24} - \frac{2}{34}, \frac{35}{24} - \frac{11}{54}, \frac{39}{24} - \frac{20}{54},$$

et ainsi de suite.

La première série se rapportant au cas où les roues tournent dans la même direction; la seconde, quand les sens de rotation sont différents.

Le dénominateur 216 peut aussi être décomposé en $8 \times 3 \times 9$ et en posant $271 = 8x + 3y$, on a :

$$x = 3t - 1 \quad y = 93 - 8t,$$

d'où $x = 2, 5, 8 \dots -1, -4, -7$
 $y = 85, 77, 69 \dots 93, 101, 109,$

ce qui fournit les nouvelles décompositions :

$$\frac{2}{27} + \frac{83}{72}, \frac{5}{27} + \frac{77}{72}, \frac{8}{27} + \frac{69}{72}, \frac{93}{72} - \frac{1}{27} \dots$$

et ainsi de suite pour d'autres solutions.

En général, le dénominateur de la fraction proposée pouvant être décomposé en facteurs premiers et mis sous la forme $m \times n^6 \times p \dots$, chaque paire de ces diviseurs peut être prise pour les quantités f et g , pourvu qu'ils soient premiers l'un par rapport à l'autre, puisque a est premier par hypothèse. Si donc alors on résout l'équation $a = fx + gy$ en nombres entiers, on a les valeurs des fractions composantes

$\frac{x}{gh} + \frac{y}{fh}$, dans lesquelles h est le produit du reste des facteurs du dénominateur après qu'on a retiré f et g .

Second cas. On suppose dans ce cas que le numérateur et le dominateur sont tous deux premiers.

Formons deux fractions $\frac{a}{A}$ et $\frac{a_1}{A}$, a, a_1 étant le numérateur et le dénominateur de la fraction proposée et A une quantité arbitraire commodément décomposable en facteurs; obtenons pour chacune de ces fractions les sommes ou les différences de deux fractions qui lui sont égales, comme nous avons fait ci-dessus.

Soit un axe Aa (fig. 45) réuni à un autre Bb par des roues dentées et un train épicycloïdal comme dans la figure, et en outre avec un autre axe Cc par un système semblable. Les rotations simultanées des axes Aa, Bb, Cc seront $A, a, a_1; \mu, \nu$ seront les raisons des trains réunissant Aa avec Bb , et μ_1, ν_1 celles des trains réunissant Aa avec Cc . On aura donc :

$$\frac{a}{A} = \frac{\mu + \nu}{2} \text{ et } \frac{a_1}{A} = \frac{\mu_1 + \nu_1}{2} \text{ et } \frac{a}{a_1} = \frac{\mu + \nu}{\mu_1 + \nu_1}$$

pour rapport des rotations simultanées de Bb et Cc . Nous allons voir comment l'introduction de ce double système ou de A rend la solution du problème facile.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de faire faire à un axe 17324 tours quand un autre en fait 44643; les deux nombres étant premiers la fraction $\frac{17324}{44643}$ est irréductible et indécomposable en facteurs premiers.

Prenons un diviseur $5040 = 7 \times 8 \times 9 \times 10$, et formons deux trains dont les vitesses soient représentées par 17324 et 44743 $\frac{17324}{5040}$ et $\frac{44743}{5040}$.

Pour la première, on obtient par la méthode précédente :

$$\frac{17324}{5040} = \frac{1480}{630} + \frac{783}{720} = \frac{148}{63} + \frac{87}{80},$$

d'où les trains $\frac{296}{63}$ et $\frac{87}{40}$ comme dans la précédente méthode, puisque la moitié de ces nombres égalera $\frac{a}{p}$.

Pour le second train :

$$\frac{44743}{5040} = \frac{830}{633} + \frac{729}{720} = \frac{83}{63} + \frac{81}{80},$$

DIFFERENTIEL.

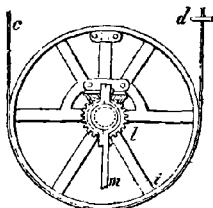
d'où les trains $\frac{166}{63}$ et $\frac{84}{40}$. Le problème consistant à obtenir les deux mouvements demandés sera ainsi complètement résolu.

Troisième système des trains épicycloïdaux.

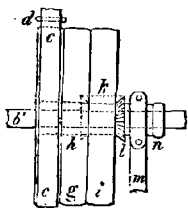
Nous avons dit que cette troisième application avait pour objet de produire un mouvement accéléré ou retardé. Le premier problème trouve son application dans les bancs à broches à mouvement différentiel.

Nous allons en décrire la disposition, d'après M. Saladin, de Mulhouse.

Transmission à deux vitesses. Le mouvement est imprimé à un axe (fig. 16 et 17) par une courroie *e*, pas-



16.



17.

sant sur une poulie folle *e* montée sur l'arbre moteur; *d* guide de la courroie; *g* poulie fixée sur l'arbre, *h* roue d'angle fixée sur la douille de cette poulie; *i*, poulie folle de même diamètre que les deux premières, servant à la double vitesse; *k*, deuxième roue d'angle portée transversalement par la poulie *i*, engrenant avec la première *h*; *l*, troisième roue d'angle à douille, de même nombre de dents que la première *h*, engrenant avec la seconde *k*, et montée librement sur l'arbre *b'*; *m*, frein pouvant être serré sur la douille de la roue d'angle *l*, et pouvant la rendre fixe.

Lorsque la courroie *c* passe de la poulie folle *e* sur la poulie fixe *g*, elle transmet à cette dernière la vitesse qu'elle reçoit du tambour moteur *b*; mais lorsqu'elle commande la poulie *i*, l'arbre tourne avec une vitesse double.

En effet, le système devient alors tout à fait semblable à celui de la fig. 8, pour lequel nous avons trouvé $n = 2a$, lorsque la roue *l* devient immobile. Si on fait abstraction de la roue *l*, et qu'on suppose pour un instant la poulie *i* assemblée sur l'arbre, les poulies *g*, *i*, tourneront ensemble d'une même vitesse, et les deux roues d'engrenage tourneront avec elles sans agir. Mais lorsque, par l'action du frein, la roue *l* cesse de tourner avec l'axe, la vitesse de la circonférence de la poulie restant constante, la roue *k* tourne, et elle est ici la roue supportée par le levier dans le train épicycloïdal, dont la première roue *l* est fixe.

Si, au lieu d'être immobile, la roue *l* avait une vitesse angulaire *v*, la vitesse de l'arbre deviendrait $v \pm 2v'$ (*v* étant la vitesse angulaire de l'arbre communiquée par la courroie), suivant que le mouvement initial de la roue *l* serait en sens contraire ou dans le même sens que celui imprimé par la courroie. C'est ce que donne la formule (2) : $n = a \pm (m - a)s$, dans laquelle on fait $s = \pm 1$, d'où $n = -m \pm 2a$.

Il faut observer que lorsque la double vitesse commence, le frein doit laisser glisser un peu la roue *l*, lorsque l'effort est trop grand, dans le but d'éviter le changement instantané de vitesse et les ruptures qui pourraient en résulter.

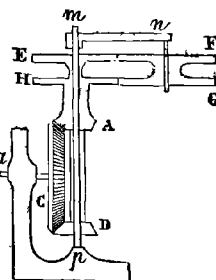
Second exemple. — Compteurs. Voyons maintenant l'emploi des trains épicycloïdaux pour produire un mouvement très lent.

DIFFERENTIEL.

Reportons-nous à la formule $\frac{a}{p} = \frac{\mu s - v}{s - 1}$, dans laquelle tous les termes sont considérés comme positifs. Si, au contraire, *s* est négatif, μ et *v* ont des signes différents, la formule devient : $\frac{a}{p} = \frac{\mu s - v}{s + 1}$, dans laquelle en choisissant convenablement les systèmes de roues, *a* peut être très petit par rapport à *p*, et par suite le levier tourner très lentement.

Si au contraire on veut faire tourner l'axe, dont les révolutions sont *p*, lentement par rapport au levier, alors le numérateur de la fraction $\frac{a}{p}$ doit être une somme et le dénominateur une différence voisine d'une unité, c'est-à-dire que *s* doit être positif dans l'expression $\frac{a}{p} = \frac{\mu s - v}{s - 1}$ et très voisin de l'unité μ , et *v* avoir des signes différents.

La fig. 18 représente une combinaison qui répond à



18.

cette disposition. *mn* est un axe fixe autour duquel tourne un long tube dont l'extrémité inférieure porte la roue *D* et l'extrémité supérieure la roue *E*. Un tube plus court tourne autour du premier, et porte à ses extrémités les roues *A* et *H*. La roue *C* engrène à la fois avec les roues *D* et *A*, et le levier *mn*, qui tourne librement autour de *m*, porte sur un axe *n* les roues réunies *F* et *G*.

Dans le train épicycloïdal, composé des roues *E*, *F*, *G* et *H*, *s* est évidemment positif, les roues extrêmes *E*, *H* tournant dans la même direction, *A* étant la première roue du train épicycloïdal, et on a :

$$s = \frac{HF}{GE}$$

D'ailleurs, $\mu = \frac{C}{A}$ et $v = \frac{C}{D}$, et ont des signes différents, puisque *A* et *B* tournent dans des sens différents, donc :

$$\frac{a}{p} = \frac{\frac{C}{A} \cdot \frac{HF}{GH} + \frac{C}{D}}{\frac{HF}{GE} - 1}$$

Si, par exemple, *A* = 10, *C* = 100, *D* = 40, *E* = 64; *F* = 49, *G* = 44, *H* = 54, on aura $\frac{a}{p} = 25000$, c'est-à-dire qu'il se produira 25000 rotations du levier *mn* pour un tour de la roue *C*.

Généralement la première roue du train épicycloïdal est fixe; dans ce cas, la formule qui convient est $\frac{n}{a} = 1 - s$.

Si *s* est positif et très voisin de l'unité, cette valeur sera très petite, et *n* petit par rapport à *a*, c'est-à-dire que le mouvement de la dernière roue du train est lent par rapport à celui du levier.

Des formes simples des trains épicycloïdaux des figures 6, 7 et 8, les deux dernières ne sont pas propres à réaliser ce système, parce que *s* est négatif, mais la disposition de la fig. 6 peut être employée; *A* étant fixe et $\frac{a}{n} = 1 - \frac{AE}{BD}$ et pour avoir le

plus petit mouvement possible, il faut poser $A E - b D = \pm 1$.

Soit $n = \frac{414 \times 9}{400 \times 40}$, $\frac{n}{a} = \frac{1}{4000}$, ou $n = \frac{34 \times 429}{32 \times 429}$
 $\frac{n}{a} = \frac{1}{4000}$.

Quatrième système des trains épicycloïdaux.

Cette dernière application se rapporte aux systèmes qui ont pour but de concentrer les effets de deux ou d'un plus grand nombre de systèmes de rotation sur une pièce unique.

Comme exemple de cette application, nous prendrons l'équation des horloges, curieux problème dont la solution occupe une place importante dans l'histoire de l'invention des mécanismes, et a été l'objet de nombreux travaux depuis une époque reculée jusqu'à nos jours.

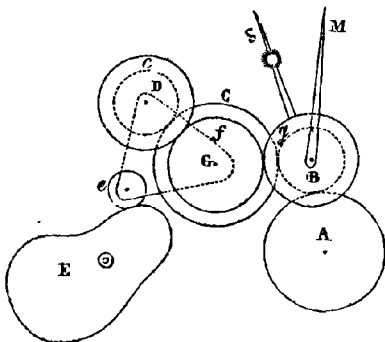
Le but à atteindre est de faire marquer à l'aiguille d'une horloge non seulement l'heure, mais aussi le temps vrai. Pour cela, on agit comme les astronomes pour analyser le mouvement du soleil, c'est-à-dire qu'on divise ce mouvement en deux mouvements élémentaires, l'un uniforme qui correspond au temps moyen, et l'autre qui correspond à la différence du temps moyen et du temps vrai ou à l'équation du temps. On réunit deux mécanismes, l'un celui d'une horloge ordinaire, et l'autre disposé de manière à communiquer un mouvement lent correspondant à l'équation du temps, et on concentre les effets des trains séparés sur une seule aiguille à l'aide d'un train épicycloïdal. Il y a trois arrangements possibles :

Le mouvement de l'équation peut être communiqué à une extrémité du train et le mouvement moyen à l'autre, le levier possédant alors le mouvement solaire (Lebon proposait un système semblable en 1722).

Le mouvement de l'équation peut être communiqué à une extrémité du train, et le mouvement moyen au levier; l'autre extrémité du train donnera le mouvement solaire.

Enfin, le mouvement de l'équation peut être communiqué au levier; le temps moyen à une extrémité du train, l'autre extrémité recevra le mouvement solaire (c'est le système des horloges de Du Tertre, 1742, et d'Enderlin). Nous allons décrire cette dernière disposition.

La fig. 49 permet de voir la disposition des roues dentées et de l'équation qui communiquent le mouvement aux aiguilles.



49.

G est le centre de mouvement du train épicycloïdal, GDe le levier sur lequel sont montés les axes. Les

roues f et C tournent librement autour de l'axe eG, et l'axe D est entraîné par le levier ainsi que les deux roues c, D qui tournent avec lui et qui engrenent respectivement avec f et C. Le train épicycloïdal consiste donc en quatre roues C, c, D, f, et C est la première roue. Maintenant si on suppose la roue C menée par la roue B, dont le mouvement dérive de celui de la roue A faisant partie d'une horloge ordinaire, et si l'aiguille des minutes est montée sur l'axe de B, elle indiquera le temps moyen à la manière ordinaire.

Le mouvement de l'équation est communiqué à la pièce GDe comme il suit :

E est un excentrique dont la révolution s'accomplit en une année. Un rouleau de frottement adapté au levier repose sur le contour de cet excentrique, et est maintenu en contact par un poids ou un ressort. L'excentrique est taillé de manière à faire prendre au levier un mouvement angulaire convenable.

La première roue du train reçoit le mouvement moyen; l'autre extrémité engène avec une roue concentrique avec la roue à minutes M, et tourne librement autour de son axe; l'aiguille solaire S est fixée au tube qui porte cette roue et reçoit la combinaison du mouvement moyen et de l'équation.

La formule applicable à ce cas est $n = a(1 - \epsilon) + m\epsilon$, dans laquelle ϵ est positif et égal à $\frac{Cc}{Df}$. Si nous dési-

gnons les relations simultanées de l'aiguille des minutes M et de C par M et c respectivement, on a :

$m = M \frac{B}{C}$, et celles de f et g par n et s, on a : $n = s \frac{g}{f}$,

substituant ces valeurs dans la formule, on a :

$s = a \frac{Df - Cc}{Dg} + M \frac{Bc}{Dg}$,

dont la première partie se rapporte à l'équation et la deuxième partie au mouvement moyen.

Mais le mouvement moyen de S doit être le même que celui de M, on doit donc avoir $\frac{Bc}{Dg} = 1$. Et pour

la partie du mouvement de S due à l'équation, l'expression $a \frac{Df - Cc}{Dg}$ montre le rapport qui doit exister entre la vitesse angulaire du levier portant les axes et celle de l'aiguille.

Si le levier se meut avec la même vitesse angulaire que l'aiguille, alors $\frac{Df - Cc}{Dg} = 1$, ce que l'on peut obtenir en faisant $f = c = g$ et $C = 2D$; d'ailleurs puisque $Bc = Dg$, si $c = g$, on a $B = D$; ce sont les proportions employées par Enderlin.

Si on veut que le levier se meuve d'un angle plus petit que l'aiguille, moitié par exemple, il faut alors poser $C = 3D$, et ainsi de suite.

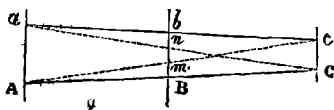
IV. Mouvements alternatifs en mouvements alternatifs.

Dans ce qui précède, nous nous sommes occupés des organes de transformation de mouvement qui correspondent aux mouvements circulaires et rectilignes. Nous avons ainsi étudié les roues dentées, les plans inclinés, les cordes, qui servent généralement pour les mouvements continus, mais aussi dans beaucoup de cas pour des transformations de mouvements alternatifs; il nous reste à étudier, au point de vue du mouvement des guides, les leviers et les bielles, éléments principaux de transformation des mouvements alternatifs.

Soit une longue bielle ABC (fig. 20), B un de ses points, son milieu par exemple, je suppose qu'un petit mouvement Aa, perpendiculaire à sa longueur soit

DIFFERENTIEL.

communiqué à son extrémité A, l'autre extrémité C



20.

restant en repos, le point B décrira sensiblement l'espace $Bn = \frac{Aa}{2}$.

Si au contraire A restant en repos, on eût imprimé à C un petit mouvement Cc transversal à la barre, le point B aurait décrit sensiblement le chemin $Bm = \frac{Cc}{2}$.

Donc si les deux mouvements en question sont communiqués, soit simultanément, soit successivement aux deux extrémités, le centre B parcourt le petit chemin $Bb = \frac{Aa + Cc}{2}$, ou si ces deux mouvements imprimés étaient de sens contraire, de manière à amener la bielle dans la position αC , le milieu de la bielle décrivant le petit chemin $m\alpha = \frac{Aa - Cc}{2}$.

Il est clair qu'on suppose ici la barre assez longue pour que Cc, Aa, Bb puissent être considérés tous trois comme perpendiculaires à la bielle.

Donc si l'on communique deux mouvements virtuels ou élémentaires indépendants, aux extrémités d'une bielle perpendiculairement à sa direction, son milieu décrit la moitié de leur somme ou de leur différence, suivant que ces mouvements sont de même sens ou de sens contraire.

Si ce sont les points A et B auxquels on fait décrire successivement de petits chemins, le point C décrit alors un chemin égal à celui que parcourt A, mais en sens contraire, et deux fois le chemin que parcourt B, dans le même sens que ce dernier point.

Un système fondé sur ces propriétés, dit zigzag, permet de transformer, par une combinaison de leviers, un double mouvement circulaire alternatif en un mouvement rectiligne.

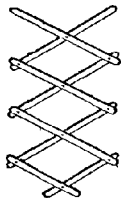
Ce système dérive de celui de la transformation du mouvement circulaire alternatif en rectiligne alternatif à l'aide de la bielle et de la manivelle, si l'on change les bielles, en les prolongeant, en deux autres leviers oscillant autour d'un centre mis en mouvement par le premier système. On obtient ainsi la disposition de la fig. 21, dans laquelle le point de rencontre des deux premiers leviers est le seul point fixe.

Ce système se trouve ainsi formé d'une réunion de parallélogrammes par l'articulation de barres parallèles deux à deux.

Il est facile d'évaluer les vitesses dans cet appareil. Pour un seul losange, le système n'est que celui de la bielle comme nous l'avons vu, c'est-à-dire pour passer de l'angle ω à l'angle ω' du levier avec la diagonale, l étant la longueur entre deux articulations, r la longueur des leviers moteurs, le mouvement angulaire sera $r(\omega - \omega')$, et le mouvement rectiligne $l(\cos. \omega' - \cos. \omega)$.

Appelons a cette quantité, elle se répétera pour chaque parallélogramme, et s'il y en a n égaux entre eux, le chemin parcouru par le point extrême sera na .

Les deux limites du mouvement sont $n\alpha$ lorsque les

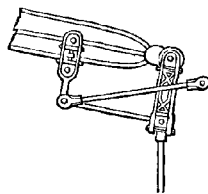


21.

DIFFÉRENTIEL.

bielles sont parallèles à la diagonale passant par l'articulation fixe et se touchent, et np , p étant l'épaisseur des barres lorsqu'ils sont en ligne droite et que toutes les barres sont en contact. Le chemin total, qui pourra être parcouru par l'articulation extrême, pour un mouvement angulaire de 0° à 90° est donc $n(l - p)$.

Parallélogramme de Watt. C'est surtout pour fournir des guides du mouvement rectiligne, comme moyen de produire par le mouvement circulaire alternatif un mouvement rectiligne alternatif, que le système des articulations est employé par diverses méthodes qui dérivent de celles que Watt a le premier appliquées à la machine à vapeur (fig. 22).

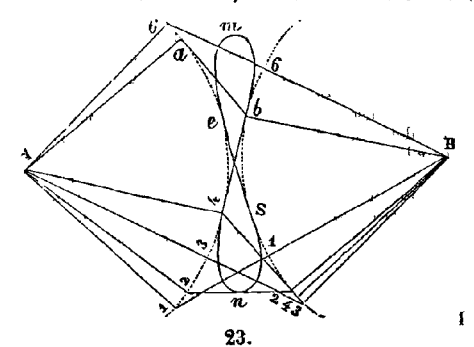


22.

Aa, Bb sont les deux bras ou rayons qui tournent autour des centres A et B, ab est la bielle articulée à

machine à vapeur (fig. 22).
Considérons d'abord une bielle dont les deux extrémités sont assemblées à deux leviers ou rayons décrivant des arcs de cercle, système employé dans la plupart des machines à vapeur ou à piston en général, piston dont on cherche toujours à diriger sensiblement en ligne droite la tige assemblée à un point de cette bielle.

leurs extrémités mobiles; la fig. 23 indique diverses positions du système.



23.

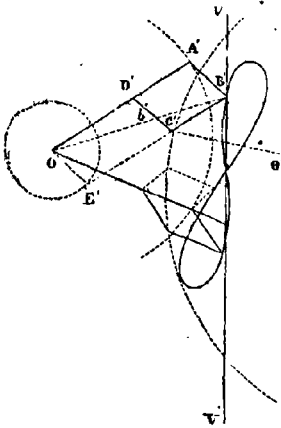
Un point c pris vers le milieu de la bielle décrit la courbe en forme de 8, mcn ; et le chemin qu'il décrit est une courbe connue sous le nom de courbe à longue inflexion, qui se confond très sensiblement dans une partie du mouvement avec une droite.

M. de Prony a donné l'équation complète de cette courbe, mais elle est beaucoup trop complexe pour être d'aucune utilité dans la pratique, et il est bien plus simple et suffisamment exact, au lieu d'en faire usage, de recourir aux approximations que nous avons données dans notre TRAITÉ DE CINÉMATIQUE.

Cette courbe est souvent considérée comme tracée par le sommet libre du parallélogramme, dont un des sommets se meut sur une circonférence, et son étude offre quelque intérêt au point de vue géométrique. On la décrit facilement en donnant au point C toutes les positions qu'il peut prendre (même en retournant le parallélogramme). Cette courbe est encore la courbe en 8 dont nous avons déjà parlé; la partie de celle-ci qui se confond sensiblement avec une ligne droite appartient à la tangente au point d'inflexion.

Il est facile de démontrer que cette ligne est la même que celle décrite par un point d'une droite mobile de longueur constante, dont les extrémités glissent sur deux circonférences fixes; c'est par un semblable mouvement que nous y avons été conduits précédemment.

En effet, si par le centre O (fig. 24) on mène une



24.

parallèle au côté DC, elle rencontrera le prolongement du côté BC en un point E, et l'on aura $OE = D'C' =$ constante, et de même $E'C' = OD' =$ constante. Donc la droite $C'E'$, de longueur constante, se meut de manière que ses extrémités glissent sur deux circonférences ayant leurs centres en C et O' et pour rayons $O'E'$, $O'C'$. Le point B' de la droite prolongée parcourt la courbe en question.

Le parallélogramme de Watt peut guider en ligne droite deux tiges à la fois. En effet, la droite OB' rencontre le côté $D'C'$ en un point b qui reste le même sur cette droite, quelle que soit la position du parallélogramme; et ce point b décrit une ligne semblable à celle décrite par le point B', ces deux lignes ayant leur centre de similitude au point O. Il s'ensuit que la seconde approche d'une ligne droite de même que la première.

La démonstration est facile; en effet, on a :

$$\frac{D'b'}{A'b'} = \frac{OD'}{OA'} \text{ ou } D'b' = \frac{OD' \times A'b'}{OA'} = \text{constante,}$$

à cause de la similitude des triangles $OD'b'$, $OA'B'$.

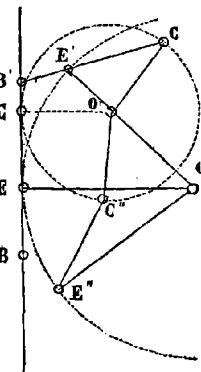
On a de même $\frac{O'b'}{OB'} = \frac{OD'}{OA'} = \text{constante}$; les deux

courbes sont donc semblables.

Puisque les points C' et E' se meuvent sur deux circonférences, il suffira de lier (fig. 25) ces points aux rayons des deux cercles par des articulations, en supprimant les côtés du parallélogramme et les remplaçant par le rayon OE' qui devient le balancier. Le mécanisme ayant moins de solidité, il faut rapprocher le point B' du balancier OE' .

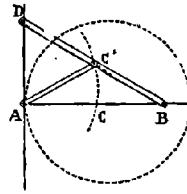
La fig. 25 représente cette disposition, qui est celle dont nous sommes partis d'abord, le tracé devant comprendre les points extrêmes de la course.

Un autre système, dû à la combinaison d'un guide plan et d'une articulation, a été quelquefois employé. Bien qu'il soit défectueux au point de vue de la solidité de la construction, nous



25.

l'indiquerons sommairement; c'est le parallélogramme d'Olivier Evans (fig. 26).



26.

Soit BD une barre assemblée à l'extrémité D avec une tige AD qui doit se mouvoir en ligne droite, et dont l'extrémité B peut se mouvoir horizontalement sur la ligne AB.

Une barre AC, dont la longueur est égale à la moitié de BD, peut tourner autour d'un point fixe A et est assemblée à charnière avec le milieu C' de BD; menons la

ligne AD perpendiculaire à AB.

Quelle que soit la position du point C' sur l'arc de cercle CC', l'angle DAB est toujours droit.

En effet, les trois points D, A, B étant situés à égale distance du point C', appartiennent à une circonférence décrite du point C' comme centre avec C'B pour rayon. Les deux points B et D' étant les extrémités d'un même diamètre, l'angle inscrit DAB est droit.

Le point D se trouvant constamment sur la perpendiculaire AD élevée sur AB, se meut en ligne droite.

On voit donc que BD étant un balancier, le point D se meut en ligne droite s'il est porté par une tige articulée autour d'un point fixe A, et si les coussinets de l'axe placé en B sont assujettis à se mouvoir dans une glissière. Comme le mouvement rectiligne du point B est peu étendu dans le cas des machines à vapeur, on le remplace par un petit arc de cercle décrit par un support qui porte les coussinets de B, et qui oscille autour d'une articulation placée à sa partie inférieure.

CH. LABOULAYE.

DILATATION (*angl.* dilatation, *all.* ausdehnung). La chaleur, en agissant sur les corps, augmente l'écartement de leurs molécules, les dilate. Si l'on considère une des dimensions des corps, le rapport de l'accroissement de cette dimension à sa longueur primitive constitue ce qu'on appelle leur *dilatation linéaire*. Dans les corps non cristallisés, cette dilatation linéaire est la même dans toutes les directions, et par suite, comme elle est très faible, on peut admettre sans erreur appréciable que la *dilatation cubique*, ou augmentation de volume d'un corps par l'effet de la chaleur, est triple de la *dilatation linéaire*. Entre certaines limites, la dilatation des corps est proportionnelle à la température. L'eau seule fait exception à cette règle, et présente un maximum de contraction à 4°,4. Nous renvoyons aux traités de physique pour la description des procédés divers employés pour mesurer la dilatation des solides, des liquides et des gaz, et nous nous contenterons d'en donner ici les résultats.

Dilatation linéaire des solides.

SUBSTANCES.	DILATATION		NOM de l'observateur.
	linéaire de 0° à 100°.		
Baquettes de verre.	0,00080833	4/1237	Roy.
Tubes de verre. . .	0,00083433	4/1475	Smeaton.
ditto.	0,00077615	4/1289	Roy.
ditto.	0,00082300	4,1416	Deluc.
ditto.	0,00086430	4/1448	Dulong et Petit.
ditto.	0,00081466	4/1228	Lavoisier et Laplace.
Verre à vitres. . .	0,00089089	4/1122	ditto
Crown-glas. . . .	0,00087572	4/1142	ditto
ditto.	0,00089760	4/1144	ditto
ditto.	0,00091751	4/1090	ditto

DILATATION.

SUBSTANCES.	DILATATION linéaire de 0° à 100°.		NOM de l'observateur.
Bois de sapin.	0,00077615	4/1289	Roy.
Platine.	0,00085653	4/1450	Borda.
dito,	0,00088420	4/1434	Dulong et Petit.
dito.	0,00099480	4/1008	Troughton.
Palladium.	0,00400000	1/1000	Wollaston.
Antimoine.	0,00408333	4/923	Smeaton.
Fonte (prisme de).	0,00411000	1/904	Roy.
Acier.	0,00418990	1/840	Troughton.
dito (verge d').	0,00414450	1/874	Roy.
dito (poule).	0,00415000	1/870	Smeaton.
dito (trempe).	0,00422500	1/816	dito
dito (non trempé).	0,00407880	1/927	Lavoisier et Laplace.
dito dito.	0,00407945	1/927	dito
dito dito.	0,00407960	1/926	dito
dito (trempé jaune et recuit à 65°).	0,00423956	1/807	dito
Fer.	0,00415600	1/874	Borda.
dito.	0,00425833	1/795	Smeaton.
dito (doux, forgé).	0,00422045	1/819	Lavoisier et Laplace.
dito (rond), passé à la filière.	0,00423504	1/812	dito
dito.	0,00418210	1/846	Dulong et Petit.
Bismuth.	0,00439167	1/719	Smeaton.
Or de départ.	0,00446606	1,682	Lavoisier et Laplace.
dito (au titre de Pa- ris, recuit).	0,00451304	1,661	dito
dito (au titre de Pa- ris, non recuit).	0,00455155	1,645	dito
Cuivre rouge.	0,00471220	1,584	dito
dito.	0,00471733	1,582	dito
dito.	0,00472240	1,581	dito
dito (battu).	0,00470000	1,588	Smeaton.
dito.	0,00491880	1,521	Troughton.
dito.	0,00474820	1,582	Dulong et Petit.
Cuivre jaune au lai- ton.	0,00186670	1/535	Lavoisier et Laplace.
dito.	0,00187821	1/533	dito
dito.	0,00188970	1/529	dito
dito (fondu).	0,00187500	1/533	Smeaton.
dito (en fil).	0,00193333	1/547	dito
dito, de Ham- bourg.	0,00185550	1/539	Roy.
dito, anglais.	0,00189296	1/528	dito
dito dito.	0,00189450	1/528	dito
Alliage de cuivre 8 p., étain 1 p.	0,00181667	1/550	Smeaton.
Métal des miroirs de télescopes.	0,00193333	1/517	dito
Soudure de cuivre 2 p., étain 1 p.	0,00205833	1/486	dito
Argent.	0,00208260	1/480	Troughton.
dito (au titre de Paris).	0,00490868	1/524	Lavoisier et Laplace.
dito (de coupelle).	0,00490974	1/524	dito
étain de Malacca.	0,00493765	1/516	dito
dito, de Falmouth.	0,00217298	1/462	dito
dito, fin.	0,00228333	1/438	Smeaton.
dito, en larmes.	0,00248333	1/403	dito
Soudure blanche.			

DILATATION.

SUBSTANCES.	DILATATION linéaire de 0° à 100°.		NOM de l'observateur.
étain 1 p., plomb 2 p.	0,00250533	1,399	Smeaton.
Alliage de zinc 8 p., étain 1 p., un peu forgé.	0,00269467	1/372	dito
Plomb.	0,00284836	1/354	Lavoisier et Laplace.
dito.	0,00286667	1/349	Smeaton.
Zinc fondu.	0,00294467	1/340	dito
dito, allongée au marteau de 1/12°.	0,00340833	1/322	dito

Dilatation cubique des liquides.

SUBSTANCES.	DILATATION cubique de 0° à 100°.		NOM de l'observateur.
Mercure.	0,018048	1/55,5	Dulong et Petit.
dito (dilatation appa- rente dans le verre).	0,015432	1/65	dito
Eau (de 4°, 1 à 400°).	0,043320	1/23	Kirwan.
dito dito.	0,042133	1/24	Hallstrom.
Acide hydro-chlorique d'une densité de 1,137.	0,060000	1/17	Dalton.
— sulfurique — 1,85.	0,060000	1/17	dito
— nitrique — 1,40.	0,110000	1/9	dito
Huiles grasses.	0,080000	1/12,5	dito
Essence de térében- thine.	0,070000	1/14	dito

Les gaz se dilatent, ainsi que les vapeurs, sensible-
ment d'une même quantité pour une même augmenta-
tion de température. Selon M. Regnault, la dilatation
de l'air de 0° à 100° est de 0,366 ou 3/8 de son vo-
lume primitif.

On peut utiliser la dilatation et la contraction des
corps solides doués d'une grande ténacité, comme le
fer, pour produire des efforts mécaniques considéra-
bles; car ces efforts sont les mêmes que ceux qu'il
faudrait exercer sur ces corps, pour les allonger ou les
comprimer de la même quantité (voyez ELASTICITÉ).
C'est ainsi que M. Molard, l'un des principaux fonda-
teurs du Conservatoire des arts et métiers, est parvenu
à redresser les pieds-droits d'une des salles du Conser-
vatoire, qui s'étaient déversés par suite de la pression
de la voûte, en les reliant par des tirants en fer chauffés
au rouge et boulonnés: la contraction des tirants, due à
leur refroidissement, ramena les pieds-droits dans leur
position primitive.

DIORAMA. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS DE PEIN-
TURE ET D'ÉCLAIRAGE INVENTÉS PAR M. DAGUERRE.
Ces procédés ont été principalement développés dans
les tableaux de la Messe de minuit, l'Éboulement dans la
vallée de Goldau, le Temple de Salomon et la Basilique de
Sainte-Marie de Montréal. Tous ces tableaux ont été re-
présentés avec des effets de jour et de nuit. A ces ef-
fets étaient jointes des décompositions de formes, au
moyen desquelles, dans la Messe de minuit, par exem-
ple, des figures apparaissaient où l'on venait de voir
des chaises, ou bien, dans la Vallée de Goldau, des ro-

chers éboulés remplaçaient l'aspect pittoresque de la vallée.

Procédé de peinture. La toile devant être peinte des deux côtés, ainsi qu'éclairée par réflexion et par réfraction, il est indispensable de se servir d'un corps très transparent, dont le tissu doit être le plus égal possible. On peut employer de la percale ou du calicot. Il est nécessaire que l'étoffe que l'on choisit soit d'une grande largeur, afin d'avoir le plus petit nombre possible de coutures, qui sont toujours difficiles à dissimuler, surtout dans les grandes lumières du tableau.

Lorsque la toile est tendue, il faut lui donner de chaque côté au moins deux couches de colle de parchemin.

Premier effet. Le premier effet, qui doit être le plus clair des deux, s'exécute sur le devant de la toile. On fait d'abord le trait avec de la mine de plomb, en ayant soin de ne pas salir la toile, dont la blancheur est la seule ressource que l'on ait pour les lumières du tableau; puisque l'on n'emploie pas de blanc dans l'exécution du premier effet, Les couleurs dont on fait usage sont broyées à l'huile, mais employées sur la toile avec de l'essence, à laquelle on ajoute quelquefois un peu d'huile grasse, seulement pour les vigueurs, que du reste on peut vernir sans inconvénient. Les moyens que l'on emploie pour cette peinture ressemblent entièrement à ceux de l'aquarelle, avec cette seule différence que les couleurs sont broyées à l'huile, au lieu de gomme, et étendues avec de l'essence au lieu d'eau. On conçoit qu'on ne peut employer ni blanc, ni aucune couleur opaque quelconque, par épaisseurs, qui ferait, dans le second effet, des taches plus ou moins teintées, selon leur plus ou moins d'opacité. Il faut tâcher d'accuser les vigueurs au premier coup, afin de détruire le moins possible la transparence de la toile.

Deuxième effet. Le second effet se peint derrière la toile. On ne doit avoir, pendant l'exécution de cet effet, d'autre lumière que celle qui arrive du devant du tableau en traversant la toile. Par ce moyen, on aperçoit en transparent les formes du premier effet; ces formes doivent être conservées ou annulées.

On glace d'abord, sur toute la surface de la toile, une couche d'un blanc transparent, tel que le blanc de Clichy, broyé à l'huile et détrempé à l'essence. On efface les traces de la brosse au moyen d'un blaireau. Avec cette couche, on peut dissimuler un peu les coutures, en ayant soin de la mettre plus légère sur les bords dont la transparence est toujours moindre que celle du reste de la toile. Lorsque cette couche est sèche, on trace les changements que l'on veut faire au premier effet.

Dans l'exécution du second effet, on ne s'occupe que du modelé en blanc et noir sans s'inquiéter des couleurs du premier tableau qui s'aperçoivent en transparent; le modelé s'obtient au moyen d'une teinte dont le blanc est la base, et dans laquelle on met une petite quantité de noir de pêche pour obtenir un gris dont on détermine le degré d'intensité en l'appliquant sur la couche de derrière et en regardant par devant pour s'assurer qu'elle ne s'aperçoit pas. On obtient alors la dégradation des teintes par le plus ou moins d'opacité de cette teinte.

Il arrivera que les ombres du premier effet viendront gêner l'exécution du second. Pour remédier à cet inconvénient et pour dissimuler ces ombres, on peut en raccorder la valeur au moyen de la teinte employée plus ou moins épaisse, selon le plus ou moins de vigueur des ombres que l'on veut détruire.

On conçoit qu'il est nécessaire de pousser ce second effet à la plus grande vigueur, parce qu'il peut se ren-

contrer que l'on ait besoin de clairs à l'endroit où se trouvent des vigueurs dans le premier.

Lorsqu'on a modelé cette peinture avec cette différence d'opacité de teinte, et qu'on a obtenu l'effet désiré, on peut alors la colorer en se servant des couleurs les plus transparentes broyées à l'huile. C'est encore une aquarelle qu'il faut faire; mais il faut employer moins d'essence dans ces glacis, qui ne deviennent puissants qu'autant qu'on y revient à plusieurs reprises et qu'on n'emploie plus d'huile grasse. Cependant, pour les colorations très légères, l'essence seule suffit pour étendra les couleurs.

Eclairage. L'effet peint sur le devant de la toile est éclairé par réflexion, c'est-à-dire seulement par la lumière qui vient du devant, et le second reçoit sa lumière par réfraction, c'est-à-dire par derrière seulement. On peut, dans l'un et l'autre effet, employer à la fois les deux lumières pour modifier certaines parties du tableau.

La lumière qui éclaire le tableau par devant doit autant que possible venir d'en haut; celle qui vient par derrière doit arriver par des croisées verticales; bien entendu que ces croisées doivent être tout à fait fermées lorsqu'on voit le premier tableau seulement.

S'il arrivait qu'on eût besoin de modifier un endroit du premier effet par la lumière de derrière, il faudrait que cette lumière fût encadrée de manière à ne frapper que sur ce point seulement. Les croisées doivent être éloignées du tableau de deux mètres au moins, afin de pouvoir modifier à volonté la lumière en la faisant passer par des milieux colorés, suivant les exigences de l'effet; on emploie le même moyen pour le tableau du devant.

Il est reconnu que les couleurs qui apparaissent des objets en général ne sont produites que par l'arrangement des molécules de ces objets. Par conséquent, toutes les substances employées pour peindre sont incolores; elles ont seulement la propriété de réfléchir tel ou tel rayon de la lumière qui porte en elle-même toutes les couleurs. Plus ces substances sont pures, plus elles réfléchissent les couleurs simples, mais jamais cependant d'une manière absolue, ce qui, du reste, n'est pas nécessaire pour rendre les effets de la nature.

Pour faire comprendre les principes sur lesquels ont été faits et éclairés les tableaux du Diorama ci-dessus mentionnés, voici un exemple de ce qui arrive lorsque la lumière est décomposée, c'est-à-dire lorsqu'une partie de ses rayons est interceptée:

Couchez sur une toile deux couleurs de la plus grande vivacité, l'une rouge et l'autre verte, à peu près de la même valeur, faites traverser à la lumière qui devra les éclairer un milieu rouge, tel qu'un verre coloré, la couleur rouge réfléchira les rayons qui lui sont propres et la verte restera noire. En substituant un milieu vert au milieu rouge, il arrivera au contraire que le rouge restera noir tandis que le vert réfléchira la couleur verte. Mais ceci n'a complètement lieu que dans le cas où le milieu employé refuse à la lumière le passage de tous ses rayons excepté un seul.

Cet effet est d'autant plus difficile à obtenir entièrement, qu'en général les matières colorantes n'ont pas la propriété de ne réfléchir qu'un seul rayon; néanmoins dans le résultat de cette expérience, l'effet est bien déterminé.

Pour en revenir à l'application de ce principe aux tableaux du Diorama, bien que dans ces tableaux il n'y ait effectivement de peints que deux effets, l'un de jour peint par devant, et l'autre de nuit peint par derrière, ces effets, ne passant de l'un à l'autre que par une combinaison compliquée des milieux que la lumière a à traverser, donnent une infinité d'autres effets semblables à ceux que présente la nature dans

DISTILLATION.

ses transitions du matin au soir et *vice versa*. Il ne faut pas croire qu'il soit nécessaire d'employer des milieux d'une couleur très intense pour obtenir de grandes modifications de couleur, car souvent une faible nuance suffit pour opérer beaucoup de changement.

On comprend, d'après les résultats qui ont été obtenus au Diorama par la seule décomposition de la lumière, combien il est important d'observer l'état du ciel pour pouvoir apprécier la couleur d'un tableau, puis que les matières colorantes sont sujettes à des décompositions si grandes. La lumière préférable est celle d'un ciel blanchâtre, car lorsque le ciel est bleu, ce sont les tons bleus et en général les tons froids qui sont les plus puissants en couleur, tandis que les tons colorés restent ternes. Il arrive au contraire, lorsque le ciel est coloré, que ce sont les tons froids qui perdent de leur couleur, et les tons chauds, le jaune et le rouge par exemple, qui acquièrent une grande vivacité. Il est facile de conclure de là que les rapports d'intensité des couleurs ne peuvent pas se conserver du matin au soir; on peut même dire qu'il est physiquement démontré qu'un tableau ne peut pas être le même à toutes les heures de la journée. C'est là probablement une des causes qui contribuent à rendre la bonne peinture si difficile à faire et si difficile à apprécier, car les peintres, induits en erreur par les changements qui s'opèrent du matin au soir dans l'apparence de leurs tableaux, attribuent faussement ces changements à une variation dans leur manière de voir, tandis qu'ils ne sont souvent causés que par la nature de la lumière.

DISTILLATION (*angl.* distillation, *all.* branntweinbrennerei). Sous ce titre nous n'entendons parler que de la préparation des liqueurs spiritueuses et alcooliques, en renvoyant pour la description des appareils employés à l'article **ALAMBIC**.

L'eau-de-vie est un mélange d'eau et d'ALCOOL; ce dernier est produit par la FERMENTATION vineuse ou alcoolique des liqueurs sucrées et amilacées. La préparation des eaux-de-vie est fondée sur ce fait, qu'en soumettant à une distillation partielle ces liqueurs fermentées, l'alcool plus volatil se concentre dans les premiers produits de la distillation, tandis que les matières organiques, les sels et la plus grande partie des matières aqueuses, restent dans les *vinasses* ou résidus de la distillation. Le sucre est la seule substance qui se transforme en alcool par la fermentation; l'amidon se transforme d'abord en sucre de raisin. Le VIN, le CIDRE, la BIÈRE et les autres liqueurs fermentées, donnent à la distillation des eaux-de-vie qui ne diffèrent que par la présence d'une faible proportion d'huiles volatiles diverses qui leur communiquent des saveurs différentes.

Les sucres de fruits doux renferment tous une espèce de ferment qui leur fait éprouver peu à peu la fermentation; les décoctions de céréales brutes ou maltées, au contraire, n'entrent en fermentation qu'après l'addition d'une certaine quantité de levure, matière qui se produit dans la fermentation même. Lorsqu'il s'agit de préparer du vin et de la bière, on arrête la fermentation avant la complète transformation du sucre en alcool, afin que la liqueur conserve un certain goût sucré, et qu'il ne s'y développe pas la moindre trace de fermentation acéteuse. Lorsque l'on veut au contraire préparer de l'eau-de-vie, on cherche à obtenir la plus grande quantité possible d'alcool, et, par suite, on pousse la fermentation jusqu'à ce que la transformation du sucre en alcool soit complète, et même qu'il commence à se former un peu d'acide acétique, lequel se sépare par la distillation et donne naissance à une petite quantité d'éther acétique qui rend l'eau-de-vie plus agréable au goût. Tantôt, comme en Angleterre, on prépare à l'aide des céréales un extrait limpide, qui, soumis à la fermentation, puis distillé, donne des eaux-de-vie plus exemptes d'huiles essentielles; tantôt, comme dans le nord de l'Europe,

DISTILLATION.

on les laisse dans la liqueur à fermenter et qu'on soumet le tout à la distillation.

En résumé, la fabrication des eaux-de-vie se divise, d'après la nature des matières premières, en deux branches principales que nous allons examiner :

I. FABRICATION DE L'EAU-DE-VIE AU MOYEN DE SUCS VÉGÉTAUX SUCRÉS. La première substance dont nous avons à parler est le *vesou*, ou jus exprimé de la canne à sucre, qui contient 42 à 46 p. 400 de sucre, et qui, de même que le suc de raisin, éprouve de lui-même la fermentation vineuse sans l'addition d'un ferment, puis qui, soumis à la distillation, donne le *rhum*, liqueur spiritueuse qui doit sa saveur particulière à une certaine huile volatile renfermée dans le jus de la canne à sucre.

Quoique, comme nous venons de le dire, le *vesou* éprouve de lui-même la fermentation vineuse, celle-ci marche si lentement et d'une manière si irrégulière, que l'on y ajoute ordinairement un peu de ferment pour l'accélérer. A cet effet, on suspend dans la liqueur des chiffons de laine qui s'imprègnent du ferment qui se forme, et que l'on laisse ensuite sécher jusqu'à la récolte suivante pour les ajouter alors au *vesou* que l'on veut faire fermenter. Très souvent, au lieu d'employer le *vesou*, on fabrique le *rhum* en faisant fermenter un mélange de mélasse, d'écurages de la fabrication des sucres, d'eaux provenant du lavage du sucre brut ou terre, et même quelquefois de sucre cristallisé, puis soumettant le tout à une ou deux distillations dans des alambics simples.

Le suc de palmier, le lait de coco, etc., traités comme le *vesou*, donnent des liqueurs spiritueuses qui portent le nom d'*arrack*, etc. Le miel étendu d'eau et traité de même fournit l'*hydromel*.

Les vins, le cidre, le poiré, etc., fournissent diverses sortes d'eau-de-vie par la distillation. Le jus de cerises fermenté et distillé, donne la liqueur connue sous le nom de *kirsch-wasser*.

Beaucoup de racines sucrées, telles que les betteraves, les carottes, etc. (voyez SUCRE), sont susceptibles de produire des liqueurs spiritueuses. On peut en retirer 40 à 42 p. 400 de la betterave.

II. FABRICATION DE L'EAU-DE-VIE AU MOYEN DES MATIÈRES AMILACÉES. Déjà à l'article BIÈRE nous avons traité de la transformation de l'amidon en sucre de raisin et en alcool, il nous restera donc ici peu de chose à dire.

1° Eau-de-vie de grains. Toutes les céréales propres à la fabrication de la bière, le froment, le seigle, l'orge et l'avoine, servent à la fabrication de l'eau-de-vie, ainsi que le blé de Turquie ou maïs. La quantité d'eau-de-vie qu'on en retire est en proportion de celle de l'amidon qu'elles renferment. La différence qu'elles présentent consiste surtout dans le prix d'achat des 100^k par exemple. L'orge et le seigle sont les plus employés. On emploie l'orge en tout ou en partie à l'état de malt, tandis que l'on ne fait subir aucune préparation aux autres céréales, et qu'on se contente d'y ajouter une certaine quantité de malt d'orge pour fournir la **DIASTASE** nécessaire pour opérer la transformation de l'amidon en sucre. Ordinairement, lorsqu'on n'emploie que de l'orge, on en prend 1/3 à 1/6^e à l'état de malt, et lorsqu'on se sert d'autres céréales, on y ajoute 1/6^e à 1/8^e de malt d'orge. L'avoine a l'avantage de rendre l'opération plus facile. Dans les meilleures distilleries d'Écosse on emploie le mélange suivant :

	En volume.	En poids.
Avoine.	400	8
Malt d'orge.	468	12
Seigle.	400	9
Orge.	632	78
	<u>1,000</u>	<u>107</u>

DISTILLATION.

La préparation du malt se fait comme nous l'avons indiqué à l'article BIÈRE; mais il doit être pâle et très faiblement torréfié, sous peine de communiquer à l'eau-de-vie un arrière-goût désagréable.

L'extraction du moût se fait comme pour la bière, à cette différence près, que l'on réduit d'abord les céréales en farine sous des meules ordinaires, et que l'on se contente de concasser grossièrement le malt entre des cylindres broyeur.

Le moût ainsi obtenu s'aigrit beaucoup plus facilement que le moût de bière préparé avec du malt d'orge seulement, et doit, par conséquent, être refroidi le plus rapidement possible, et ramené à une température de 48 à 20°. On en accélère ensuite la fermentation par l'addition à plusieurs reprises d'une certaine quantité de levure de bière; la densité de la liqueur diminue peu à peu, et on reconnaît que la fermentation alcoolique est terminée, lorsque le liquide prend une réaction acide et rougit d'une manière permanente le papier de tournesol. On se sert souvent de l'aréomètre pour juger des progrès de l'opération; celle-ci s'opère d'une manière d'autant plus régulière et plus complète, que les cuves de fermentation sont plus grandes.

Lorsqu'on n'emploie que du malt d'orge, on se contente de le concasser grossièrement avant l'extraction du moût, que l'on traite ensuite comme il est dit ci-dessus.

Le moût fermenté est d'abord distillé dans un grand ALAMBIC, souvent avec une faible addition de savon, et le produit obtenu est soumis à une seconde distillation. On met de côté les premiers et les derniers produits de cette distillation, lesquels ont une apparence laiteuse et où se concentre une huile essentielle particulière d'un goût extrêmement désagréable. On distille de nouveau ces résidus à plusieurs reprises avec de l'eau, pour en séparer l'alcool.

Lorsqu'on emploie des grains gâtés pour la fabrication de l'eau-de-vie, celle-ci acquiert une propriété enivrante et irritante très grande; chauffée, elle irrite fortement l'odorat et les yeux, et offre beaucoup d'analogie avec une dissolution alcoolique d'acide hydro-cyanique; il n'y a cependant pas de traces de cet acide dans la liqueur. L'huile volatile particulière qui donnait lieu à ces réactions, se décompose peu à peu d'elle-même, et au bout de quelques mois l'eau-de-vie a repris ses propriétés habituelles.

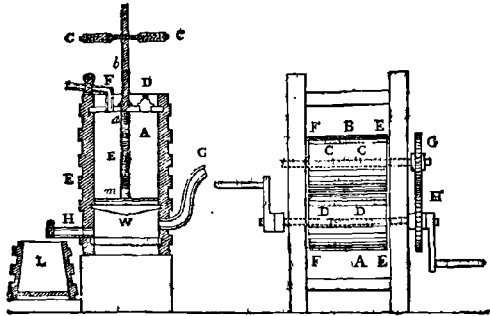
Genièvre. La fabrication du genièvre diffère de celle de l'eau-de-vie de grains : 1° en ce qu'on arrête la fermentation du moût avant que tout le sucre se soit converti en alcool, ce qui cause, il est vrai, une perte considérable sur le produit, mais empêche d'un autre côté la production de cette huile volatile qui communique un goût si désagréable aux eaux-de-vie de grains; 2° en ce que l'on ajoute au moût, soit avant la fermentation, soit seulement après, et avant la première ou la seconde distillation, une certaine quantité de genièvre.

Eau-de-vie de pommes de terre. Les pommes de terre, en raison de leur bas prix et de leur richesse en amidon, qui s'élève de 16 à 22 p. 100 de leur poids, sont très employées pour la fabrication de l'eau-de-vie.

On commence par laver les pommes de terre dans un appareil semblable à celui employé pour le lavage des betteraves (voyez STONE); puis on les cuit à la vapeur dans une cuve à double fond. On les retire de la cuve dès qu'elles sont cuites, et on les réduit immédiatement en une pâte homogène au moyen de l'appareil représenté en plan fig. 673, et qui se compose de deux cylindres A et B en toile métallique et ouverts par les deux bouts, de 0^m.50 de long sur 0^m.36 de diamètre, mus par les roues dentées G et H, qui ont l'une 48 et l'autre 24 dents. Les pommes de terre tombant d'une trémie placée au-dessus des cylindres, s'écrasent et sont forcées de passer à travers les mailles qui les recouvrent.

DISTILLATION.

Avec cette machine on réduit en pâte 600^k de pommes de terre par heure. Cette pâte est aussitôt brassée avec de l'eau et une certaine quantité de farine d'orge, ou de froment et de malt concassé, puis abandonnée à la fermentation.



672.

673.

Au lieu d'employer cette machine qui refroidit la pâte et la rend plus difficile à mélanger dans l'eau, il vaut mieux réduire les pommes de terre en pâte dans le vase même où s'opère leur cuisson. L'appareil de Siemens, représenté en coupe fig. 672, remplit très bien ce but. Il se compose : d'une tonne A, en fortes douves de bois cerclées de fer, à 0^m.30 du fond de laquelle est placé un double fond en fonte W, percé d'ouvertures coniques de 2 à 3 millimètres seulement de diamètre à leur partie inférieure, et espacés de 2 à 3 centimètres. Une vis de 5 cent. de diamètre, manœuvrée au moyen des barres C, C, se meut dans un écrou a, et porte à sa partie inférieure une croix en fer m, dont les bras sont armés en dessus de couteaux tranchants, et en dessous de brosses métalliques. H et E, sont des portes que l'on peut ouvrir pour retirer les résidus, et pour fixer la croix sur la vis b. D, est l'ouverture par laquelle on introduit les pommes de terre; F, un tube latéral pour laisser échapper la vapeur non condensée; G, le tube d'arrivée de la vapeur sous le disque W.

On descend la vis de manière à ce que la croix m touche le double fond W, on jette par dessus des pommes de terre jusqu'à 0^m.30 de la partie supérieure de la tonne A, on ferme l'orifice D, et on laisse arriver la vapeur par le tube G, jusqu'à ce que la cuisson soit suffisante. En agissant alors sur les leviers C, C, on fait alternativement monter et descendre la vis a, on découpe les pommes de terre avec les couteaux, et on les fait passer en bouillie épaisse à travers le double fond à l'aide des brosses; on facilite cette dernière opération en versant de l'eau chaude par la partie supérieure de la tonne; la bouillie qui en résulte tombe par la canelle H dans la cuve L, où on la mélange encore avec une faible quantité d'eau bouillante, et 4/4000^e de potasse à la chaux, afin de redissoudre la matière albumineuse coagulée par la chaleur, et de rendre la masse homogène. On ajoute ensuite du malt concassé, dans la proportion de 4/20^e du poids des pommes de terre, et de l'eau en quantité suffisante pour ramener la température du mélange à 75°. On brasse le tout pendant deux heures, puis on ajoute de l'eau froide jusqu'à ce que la température se soit abaissée à 25°, et on transvase le mélange dans la cuve à fermenter, en y ajoutant environ 3 à 4 p. 400 de levure. La fermentation marche très rapidement, et produit beaucoup de levure.

On a remarqué qu'après le mois de décembre, le rendement des pommes de terre en alcool diminue, et qu'il se réduit à très peu de chose aussitôt qu'elles commencent à germer, ce qui restreint de beaucoup la fabrication de l'eau-de-vie de pommes de terre. A. VIENNA ON

employés avec succès le procédé suivant : On soumet les pommes de terre lavées à l'action d'une forte presse hydraulique; elles perdent ainsi près des 4/5 de leur poids; se dessèchent ensuite facilement, et peuvent être conservées en cet état pendant des années. Pour s'en servir on les réduit en farine, que l'on mélange avec de l'eau et du malt, et on opère ensuite comme à l'ordinaire.

Le meilleur procédé connu pour enlever aux eaux-de-vie de grains et de pommes de terre l'huile volatile qui leur communique un goût désagréable est de les faire passer sur plusieurs filtres successifs en charbon, en faisant circuler le liquide de bas en haut. On parvient ainsi avec un nombre suffisant de filtres (6 à 8) à purifier complètement l'eau-de-vie.

Les châtaignes et les marrons d'Inde, contenant une forte proportion de féculé peuvent, traités de la même manière que les pommes de terre, donner beaucoup d'eau-de-vie. On peut même utiliser ainsi les glands.

DOCIMASIE (*angl.* docimasy, *all.* probierkunst). La docimasie est l'art d'essayer les divers minéraux employés dans l'industrie et les produits qui résultent de leur traitement. Elle comprend : 1° les essais par la voie sèche, et 2° les essais par la voie humide.

On dit que l'on fait un essai par la voie sèche lorsque, pour reconnaître la nature d'une substance minérale, pour constater quelques-unes de ses propriétés, ou pour rechercher la proportion de l'un quelconque de ses éléments, on n'emploie que l'action de la chaleur et des flux ou fondants. Par suite des immenses progrès qu'a faits de nos jours la chimie, il est généralement plus exact de procéder par voie humide, en employant comme agents chimiques des réactifs liquides ou en dissolution, ce qui permet de déterminer exactement la nature et la proportion de tous les éléments d'une substance minérale quelconque. Mais l'analyse par voie humide; à laquelle les arts chimiques doivent un grand nombre de découvertes importantes, exige des connaissances tellement étendues que nous sommes forcés de renvoyer à cet égard aux traités spéciaux, et notamment au savant *Traité d'analyse chimique de M. H. Rose.*

S'il est vrai de dire que l'on ne peut presque jamais déterminer la composition complète d'un minéral qu'en l'analysant par la voie humide, la voie sèche, de son côté, présente des avantages qui lui sont propres :

1° Il y a quelques métaux que l'on sépare de leurs combinaisons avec plus de facilité et d'exactitude par la voie sèche que par la voie humide, et dont il serait même extrêmement difficile de reconnaître la présence par ce dernier procédé, s'ils ne se rencontraient qu'en très petite proportion, tels sont l'argent, l'or, le platine, etc...

2° Par la voie sèche, on parvient, au moyen d'opérations simples et expéditives, à séparer un grand nombre de métaux des substances terreuses et des métaux très oxydables avec lesquels ils peuvent être mélangés ou combinés. Lors même qu'on n'aurait ainsi qu'un résultat approché, ce n'en serait pas moins une méthode très utile, pourvu que l'on ait soin de l'appliquer toujours de la même manière, parce qu'alors les résultats sont comparables, et qu'il suffit de constater, par quelques expériences précises, la perte que l'on éprouve, pour calculer avec une exactitude suffisante la proportion cherchée.

3° Par les opérations de la voie sèche, on expulse plusieurs substances volatiles dont la présence complique celles de la voie humide; et l'on parvient souvent à simplifier l'analyse, en changeant le mode de combinaison de divers éléments qui se trouvent réunis dans la matière minérale à essayer et les séparant en plusieurs groupes distincts.

4° Les opérations ordinaires de la voie sèche ayant de grands rapports, avec ce qui se pratique en grand

dans les usines; cette méthode de travail est l'un des plus importants pour l'ingénieur et le métallurgiste, de mettre à même de prévoir ce qu'il aura à faire que l'on traitera, dans les ateliers métallurgiques, la matière soumise à l'essai; de connaître immédiatement la proportion des substances qu'on extraira, et de choisir sur le choix des fondants et, qu'il faudra employer.

5° Enfin, la voie sèche, permettant d'arriver au plus près de toutes les opérations métallurgiques qui se pratiquent en grand, on peut se livrer par ce moyen à des essais variés et multipliés, presque sans frais, tandis que les expériences faites en grand sont toujours extrêmement dispendieuses, et compromettent souvent la fortune de ceux qui les exécutent. Considérées sous ce point de vue, la voie sèche a déjà rendu et peut encore rendre de très grands services aux arts métallurgiques.

Nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails de ce vaste sujet pour lesquels nous renverrons à l'excellent *Traité des essais par la voie sèche de M. Berthier*; nous nous contenterons de donner quelques généralités sur les opérations que nécessitent les essais industriels et en particulier les essais par la voie sèche, en renvoyant à l'article de chaque métal pour la manière de procéder à ces essais, habituellement employés dans les usines ou ateliers métallurgiques.

Les opérations que nécessitent les essais par la voie sèche sont de deux sortes : les unes mécaniques, les autres chimiques; nous allons les examiner successivement :

OPÉRATIONS MÉCANIQUES. *Cassage.* Il faut d'abord concasser la matière à essayer pour les faciliter soit le triage, soit la pulvérisation ultérieure; s'écarter à l'aide de marteaux. On a souvent besoin de casser des culots métalliques très petits et très ternés pour en connaître le grain; dans ce cas, pour éviter toute projection, on les enveloppe dans une feuille de papier de fer-blanc assez épaisse pour résister à un choc sans se rompre, mais assez mince pour pouvoir être repliée sur elle-même.

Pulvérisation. S'exécute dans des mortiers en fonte, en acier, en bronze, en porcelaine, en verre ou en agate ou en porphyre, suivant la dureté des substances à pulvériser. Lorsque la substance à réduire en poudre est très dure et inaltérable par la chaleur, il est avantageux de l'étonner, c'est-à-dire de la faire chauffer au rouge et de la plonger à cet état dans l'eau froide, avant de la piler, elle se fendille alors en tous sens et devient très fragile.

Tamissage. Se fait au moyen de tamis en soie ou en toile, et a pour but de séparer la poudre plus ou moins tenue provenant de la pulvérisation des matières qui ne sont pas encore assez pulvérisées et qui sont retenues dans le mortier. Lorsqu'on veut réduire un corps en grains d'une certaine grosseur et éviter de le réduire en poussière fine, il faut tamiser très fréquemment, afin de soustraire au choc du pilon les particules qui ont déjà atteint une ténuité suffisante pour passer à travers les mailles du tamis. On se sert souvent de tamis embottés, pour classer la matière pulvérisée en fractions diverses grossesses.

Triage. Cette opération, qui a pour but de séparer les matières mécaniquement pulvérisées, se exécute de la même manière sur la substance concassée, lorsque cela est possible; au moyen du barreau aimanté, lorsque l'une des substances est magnétique et attirée fortement, lorsque l'une des substances est très ductile et les autres cassantes : la première se réduit seule en paillettes qui restent sur le tamis; et enfin par le lavage.

Lavage. Le lavage s'exécute soit par suspension dans une eau tranquille et décaintée; soit à l'aide d'une agitation, soit en soumettant la matière pulvérisée à l'addition d'un courant d'eau.

La *lévigation* est employée pour séparer des substances qui peuvent rester longtemps en suspension dans l'eau, d'autres substances qui se précipitent très lentement. On l'emploie dans les arts pour purifier l'argile, séparer l'émeri, l'azur, etc., en diverses sortes suivant leur degré de finesse, etc. Cette opération est fondée sur ce fait que : les corps abandonnés à l'action de la gravité dans un liquide en repos, éprouvent une résistance à leur chute, proportionnelle à leur surface, quels que soient leur volume et leur densité; d'où il suit : 1° qu'à volumes égaux les plus lourds tombent le plus rapidement; 2° que dans les grains de même forme, les surfaces étant proportionnelles aux carrés des dimensions, et les poids aux cubes de ces mêmes longueurs, ce sont, à densité égale, les grains les plus gros qui se meuvent avec le plus de vitesse; 3° qu'à densités et à volumes égaux, les particules écailleuses ou lamellaires, éprouvent plus de résistance dans leur mouvement que celles qui, approchant de la forme sphérique, ont une surface moindre.

Le lavage proprement dit, est fondé sur cet autre principe, que : dans un fluide en mouvement l'impulsion que reçoitent différents corps est proportionnelle seulement à leur surface. Il en résulte que, à volumes égaux, les corps les moins denses sont ceux qui acquièrent la plus grande vitesse et se déposent le plus tard; qu'à densités égales les grains les plus petits sont ceux qui sont transportés le plus loin; et qu'enfin à densités et à volumes égaux, les particules qui par leur forme offrent le plus de surface, parcourent un plus grand espace que les autres. Il est évident d'après cela qu'il faut réduire les matières à laver en grains assez petits d'une grosseur aussi uniforme que possible. Les grains assez fins pour pouvoir rester pendant quelque temps en suspension dans l'eau, ne peuvent pas être recueillis par ce moyen; il faut donc toujours commencer par les séparer par lévigation, opération qui, dans ce cas, prend le nom de *débourbage*.

Le lavage, qui se fait en grand dans des appareils très variés que nous décrirons à l'article MÉTALLURGIE, s'exécute ordinairement en petit dans une *augette* ou *sebille* en bois qui se manœuvre à la main, et requiert une certaine habitude.

Quelquefois deux substances, qui dans leur état naturel ne pourraient pas être séparées l'une de l'autre par le lavage, peuvent l'être après qu'elles ont été grillées; dans ce cas l'une d'elles n'éprouve aucune altération, tandis que l'autre se décompose et se change en une matière beaucoup plus légère. C'est ce qui a lieu, par exemple, pour les mélanges d'oxyde d'étain et de matières pyriteuses : par le grillage les pyrites perdent leur soufre et de l'arsenic quand elles en renferment; elles augmentent de volume, deviennent beaucoup plus légères et friables, et se séparent alors avec la plus grande facilité par le lavage.

Porphyrisation. La pulvérisation et le tamisage, ne méritent pas toujours une substance en poudre assez fine pour qu'elle puisse être immédiatement soumise aux opérations chimiques; on la réduit alors à un état de ténuité extrême en la porphyrisant à l'eau sur des plaques en porphyre ou en agate avec des molettes de la même nature, ou dans des mortiers très évasés quand on n'opère que sur de très petites quantités.

OPÉRATIONS CHIMIQUES. — *Calcination* (voyez ce mot).

Grillage. Le grillage est une opération dans laquelle on chauffe un corps avec le contact de l'air, soit pour l'oxyder, soit le plus souvent pour en séparer à l'état gazeux, par le concours de la chaleur et de l'oxygène contenu dans l'air, des substances que la chaleur seule ne pourrait en dégager. Ces substances sont : le carbone, le soufre, le sélénium, le tellure, l'arsenic, l'antimoine et quelquefois le chlore. Un grillage dans le

quel il y a fusion, s'appelle *scorification* ou *coupellation*. Le grillage des combustibles prend le nom d'*incinération* parce qu'il a presque toujours pour objet de déterminer la nature et la proportion des cendres qu'il produit.

Le grillage se fait ordinairement dans de petits vases plats en terre cuite ou *têts à rôtir*, que l'on frotte souvent à l'intérieur avec un morceau de sanguine, pour prévenir l'adhérence de la matière, et que l'on chauffe soit sur des charbons, soit même sous la moufle d'un fourneau de coupelle. Il est essentiel, pour que le grillage soit complet, de remuer fréquemment la matière, afin de renouveler les surfaces, et d'empêcher qu'elle n'éprouve un commencement de fusion ou qu'elle ne s'agglomère. Dans ce dernier cas, il faut retirer la matière du têt, la pulvériser, et la soumettre à un nouveau grillage dans le même têt.

La plupart des substances que l'on grille pour en séparer le soufre ou l'arsenic, sont très fusibles par elles-mêmes, mais elles le deviennent de moins en moins à mesure que le grillage avance (la galène ou sulfure de plomb fait exception à cette règle : elle est fusible et la litharge, produit du grillage, l'est encore plus); il faut donc généralement ménager beaucoup la chaleur dans le commencement de l'opération, d'autant plus que les premières portions du soufre et de l'arsenic se dégagent toujours avec une grande facilité. En général on doit effectuer le grillage à la température la plus basse possible, et n'augmenter le feu que lorsque tout dégagement de vapeur à une température plus basse cesse d'avoir lieu.

Dans le cas seulement où la matière renferme de l'arsenic, il convient d'ajouter dans le têt, aussitôt qu'il ne se dégage plus de vapeurs, une certaine quantité de charbon pulvérisé que l'on mélange avec la matière; on recouvre le têt, et on donne un coup de feu pour ramener à l'état d'arseniures les arsénies indécomposables par l'action combinée de la chaleur et de l'air, qui s'étaient formés pendant le grillage; il se volatilise en même temps une certaine quantité d'arsenic; on découvre ensuite le têt, et on recommence le grillage; l'expérience prouve que quel que soit le nombre des grillages et réductions successives que l'on fasse subir à une matière arsénicale, il est impossible d'en chasser tout l'arsenic. Il est encore plus difficile de se débarrasser de l'antimoine; nous pensons cependant que l'on pourrait séparer, du moins presque complètement, l'arsenic et l'antimoine de beaucoup de minerais, les *cuitres gris*, par exemple, que personne n'a pu traiter jusqu'ici, en les grillant à plusieurs reprises avec une faible quantité de sel marin comme si on voulait les amalgamer, et même en employant dans le grillage un courant de vapeur d'eau, comme nous l'avons vu pratiquer il y a quelques années à Freiberg en Saxe, où ce mode de grillage est à présent généralement adopté pour les minerais d'argent.

Pour l'incinération des combustibles, on se sert ordinairement de capsules en platine.

Réduction. C'est une opération par laquelle on enlève l'oxygène à un oxyde ou à une combinaison oxydée quelconque; elle s'effectue en chauffant à une température plus ou moins élevée le corps à réduire, avec du charbon, du gaz hydrogène, ou quelquefois un corps métallique ayant une beaucoup plus grande affinité pour l'oxygène. Ce dernier procédé ne peut être employé que dans des cas tout à fait particuliers; la réduction par le gaz hydrogène quoique très commode, est rarement employée dans les essais; la réduction par le charbon donnant des produits analogues à ceux de nos usines, est au contraire très usitée. Elle s'exécute comme une fusion proprement dite, soit en mélangeant intimement le charbon avec le corps à réduire, soit par voie de cémentation; dans le premier cas, il faut toujours employer un excès de charbon, ce qui est souvent

nuisible, en empêchant le métal de se réunir en un seul culot; le second procédé qui se fait au CREUSER *brasqué* ne présente pas cet inconvénient, et doit être préféré toutes les fois qu'il est praticable, ce qui a souvent lieu.

Fusion. On fait fondre une substance minérale avec ou sans addition : 1° pour déterminer approximativement son degré de fusibilité; 2° pour connaître l'aspect et les propriétés qu'elle acquiert, quand elle a été fondue ensuite plus ou moins lentement; 3° pour rechercher si elle perd quelque chose de son poids : dans ce cas, l'opération est en même temps une fusion et une calcination; 4° pour la combiner avec d'autres substances et ainsi la rendre plus attaquable par les acides, etc.; 5° enfin, et c'est le cas le plus fréquent, on fond une substance hétérogène, soit pour en extraire un métal ou un alliage, soit pour séparer une combinaison métallique d'une combinaison pierreuse : dans ce dernier cas, on dit qu'on fait une *fonte crue*, si les deux combinaisons fondent toutes les deux, et une *liquation*, si l'une d'elles seulement (ordinairement la combinaison métallique) entre en fusion. Quand on réduit en même temps un oxyde ou une combinaison oxydée, on dit que l'on fait une *réduction*; enfin, quand on a pour but d'extraire les métaux de leurs sulfures, l'opération prend le nom de *désulfuration*. On opère la fusion dans des CREUSETS en argile nus ou *brasqués*, que l'on recouvre d'un couvercle pour empêcher l'accès de l'air, et s'opposer à ce qu'il y tombe des cendres ou des charbons. Ces couvercles, que l'on lute quelquefois avec de l'argile grasse, sont ordinairement percés à leur centre d'une petite ouverture pour donner issue aux gaz qui se dégagent. Pour que le fond des creusets ne soit pas constamment refroidi par le courant d'air froid qui traverse la grille du fourneau d'essai, on les élève à une certaine hauteur, en les plaçant sur des supports cylindriques ou *fromages* en argile cuite, sur lesquels on les lute, lorsque les essais (ceux de fer par exemple) exigent une très forte chaleur.

Quand on juge que l'essai est terminé, on cesse d'ajouter du combustible; et dès que celui-ci, en se consumant, laisse les creusets à découvert, on les retire à l'aide de pinces courbes, et on les laisse refroidir lentement et complètement avant d'en extraire le contenu; cependant on les coule quelquefois immédiatement dans des lingotières graissées, puis chauffées modérément.

Distillation, sublimation. Distiller et sublimer, c'est chauffer une substance pour vaporiser cette substance ou seulement une partie des éléments qui la composent, et condenser en même temps les vapeurs qui la forment, de manière à pouvoir recueillir le composé liquide ou solide qui en résulte. On appelle l'opération *distillation*, lorsque les vapeurs se condensent à l'état liquide, et *sublimation*, quand elles se condensent à l'état solide. C'est, dans tous les cas, une calcination en vase clos qui s'opère ordinairement dans des CORNUES.

Il se produit quelquefois, pendant la distillation ou la sublimation, outre des vapeurs condensables, des gaz permanents. On les recueille en faisant passer ces derniers, à l'aide de tubes en verre recourbés, dans des cloches ou des flacons renversés sur une cuve pneumatique; on prévient les fuites qui pourraient avoir lieu par les jointures des appareils de distillation, en les garnissant avec des luts appropriés. Les luts les plus employés sont les deux suivants : 1° le *lut à la farine de graine de lin*, qui se fait en pétrissant cette farine avec ou sans un peu de suif et de l'eau, du lait, de l'eau de chaux, une dissolution de colle-forte ou de l'empois : ce lut est bien ductile et imperméable, lorsqu'il a été fait avec soin; mais il ne supporte pas une chaleur de plus de 250° à 300°; 2° le *lut d'âne*. On prend de la chaux vive, à laquelle on ajoute la quantité

d'eau nécessaire pour la réduire en poudre sèche; on la mélange intimement et rapidement avec du blanc d'œuf délayé dans son volume d'eau; on l'étend immédiatement sur des bandes de toile que l'on applique sur les jointures, et on le saupoudre avec de la chaux vive. Au lieu de blanc d'œuf, on emploie quelquefois avec la chaux, du fromage blanc, une dissolution de colle, du sang, etc. Ce lut contracte promptement une grande dureté et adhère fortement au verre; mais il a le défaut de n'être pas flexible. On se sert aussi très souvent, pour réunir deux tubes de verre, de tuyaux flexibles en CAOUTCHOUC.

FOURNEAUX D'ESSAI. Ces fourneaux se divisent en deux classes, les fourneaux dans lesquels le courant d'air s'établit par aspiration, et ceux à courant d'air forcé ou *forçés*.

La première classe de fourneaux renferme :

1° Les *fourneaux de calcination*. Ordinairement cylindriques, de 0^m,42 à 0^m,48 de diamètre, et dont la grille d'une seule pièce peut se placer à volonté à une profondeur de 0^m,40 ou 0^m,20; ils n'ont pas de cheminée fixe; et lorsqu'on veut produire une forte chaleur, on les recouvre d'une cheminée en tôle légèrement conique; une cheminée de 0^m,60 de hauteur suffit pour les essais de plomb, et une cheminée de 4^m,20 pour ceux de cuivre.

2° Les *fourneaux à réverbère*. Fourneaux portatifs en terre cuite, ronds ou ovales, que l'on peut à volonté recouvrir d'un *dôme* ou *réverbère*, et qui ne servent guère que pour opérer des distillations ou des sublimations.

3° Les *fourneaux à vent*. Fourneaux tout à fait analogues pour la forme à ceux employés pour la fabrication de l'ACIER *fondus*, mais de plus faibles dimensions; ils sont exclusivement employés à l'Ecole des Mines de Paris pour les essais de fer.

4° *Forges*. On peut au besoin se servir d'un *feu* de maréchal ordinaire; mais ordinairement on se sert, soit de la *forge d'Aikin*, soit de celle de *Selfstram*.

La *forge d'Aikin* est construite avec des grands creusets de plombagine d'Allemagne, qui ont la propriété d'être peu fusibles, et de supporter des alternatives quelconques de chaleur et de froid sans se casser; ce fourneau est portatif et se compose de trois pièces : 1° la partie inférieure est formée du fond d'un *treuset* de graphite coupé à une hauteur telle, qu'il y reste une cavité d'environ 25^{mm} de profondeur, et percé latéralement d'un trou cylindrique dans lequel on introduit le tuyau du soufflet qui doit donner le vent; 2° la seconde pièce ou la cuve est un creuset entier de 0^m,20 environ de diamètre à la partie supérieure, dont le fond est percé de six ouvertures symétriquement disposées autour du centre, et que l'on place sur la pièce inférieure, de telle sorte que tout le vent passe au travers du creuset; 3° la partie supérieure est un creuset renversé de même dimension que le précédent, percé latéralement d'une ouverture pour laisser échapper la flamme, et munie de l'autre côté d'un manche qui permet de l'enlever à volonté; cette dernière partie n'est pas indispensable, et on s'en passe souvent. Au lieu de faire arriver l'air dans le creuset à travers son fond, on peut, comme le propose M. Berthier, l'y introduire par une ouverture latérale, et placer, à quelques centimètres au-dessus de cette ouverture, une grille sur laquelle on pose le creuset; cette disposition rend inutile la pièce inférieure du fourneau d'Aikin.

Forge de Selfstram. Cette forge, qui produit une température extrêmement élevée et qui est très employée en Allemagne, consiste en deux cylindres de tôle forte, solidement réunis ensemble, à leur partie supérieure, par une plaque annulaire, et dont les fonds sont séparés par un intervalle égal à celui qui existe entre les

parois latérales. Le petit cylindre est la cuve dans laquelle on met les creusets et le combustible; l'espace compris entre cette cuve et le grand cylindre sert d'appareil à chauffer l'air, et il reçoit le vent du soufflet par une ouverture latérale qui laisse passer la tuyère. L'air pénètre dans la cuve par 8 ouvertures qui sont pratiquées dans les parois, à peu près au niveau du fond des creusets. On garnit les parois intérieures de la cuve d'une couche épaisse d'argile réfractaire qu'on y fait adhérer solidement, ou bien on remplace cette couche d'argile par un creuset réfractaire de mêmes dimensions, dans lequel on perce des trous qui correspondent exactement aux ouvertures. Quand l'essai est terminé et qu'on a retiré le creuset, on retourne le fourneau sans dessus dessous, pour vider et nettoyer la cuve. Il faut avoir soin d'entretenir le courant d'air lancé par les soufflets dans l'espace annulaire du fourneau, jusqu'à complet refroidissement; sans cela les parois en tôle s'échaufferaient très rapidement, aux dépens de la chaleur accumulée dans la cuve, et par suite s'oxydèrent et se détruiraient très vite.

RÉACTIFS DE LA VOIE SÈCHE OU FLUX. Ces réactifs peuvent se partager en cinq classes :

1° *Réductifs.* Les plus employés sont l'hydrogène, le charbon, et le fer métallique; ce dernier est peu employé.

2° *Oxydants.* L'oxygène de l'air, pendant les opérations du grillage, de la scorification et de la coupellation, agit comme oxydant.

La litharge ou oxyde de plomb oxyde facilement la plupart des métaux, excepté les métaux nobles, l'or, l'argent, le platine, etc., et le mercure, et elle forme en général des combinaisons très fusibles avec les oxydes métalliques; ces deux propriétés en font un réactif excellent pour séparer l'or et l'argent de toutes les substances avec lesquelles ils se trouvent mélangés ou combinés. (Voyez ESSAIS.)

Les alcalis caustiques et les carbonates alcalins ont la propriété d'oxyder quelques métaux, comme le fer, le zinc, etc., par la décomposition de l'eau de combinaison ou de l'acide carbonique qu'ils renferment. Les carbonates alcalins n'attaquent ni le plomb, ni le cuivre, ni l'antimoine.

3° *Désulfurants.* L'oxygène de l'air agit comme désulfurant dans l'opération du grillage; le soufre se dégage alors à l'état d'acide sulfureux.

Le carbone agit sur quelques sulfures, comme ceux de mercure, d'antimoine et de zinc, qu'il réduit, en formant avec le soufre qu'ils renferment du sulfure de carbone volatil.

Le fer métallique est très employé pour réduire les sulfures de plomb et d'antimoine, soit dans les essais, soit dans le traitement en grand de ces mêmes minerais.

La litharge, employée en quantité suffisante, réduit tous les sulfures métalliques, et le métal passe dans le culot de plomb réduit, ou se combine à l'état d'oxyde avec la litharge non réduite, ce qui est le cas le plus rare. Ces propriétés font de la litharge un réactif très précieux dont on se sert presque exclusivement pour faire l'essai des matières qui renferment des métaux fins, que l'on obtient ainsi à l'état d'alliages avec du plomb, dont on les sépare ensuite par la coupellation.

Les alcalis caustiques décomposent tous les sulfures; il en est de même des carbonates alcalins, mais seulement dans quelques cas avec un mélange de charbon (voyez plus loin flux noir); il se forme des sulfures alcalins qui retiennent toujours en combinaison une quantité plus ou moins considérable de sulfure employé.

Enfin le nitrate de potasse ou nitre en excès attaque tous les sulfures; le soufre est transformé en acide sulfurique et tous les métaux sont oxydés, à l'exception

de l'or et de l'argent. On le mélange ordinairement avec 2 parties de carbonate de soude pour tempérer son action, et prévenir la projection d'une partie des matières hors du creuset.

4° *Sulfurants.* Le soufre ne sert guère que pour préparer les sulfures alcalins.

Le sulfure d'antimoine était autrefois employé pour l'affinage des matières d'or et d'argent; l'argent, le cuivre, etc., passaient à l'état de sulfure dans les mattes et scories, et l'or se combinait avec l'antimoine réduit.

Les persulfures alcalins peuvent sulfurer tous les métaux sans exception; on les remplace ordinairement, ce qui revient au même, par un mélange de soufre et de carbonates alcalins; on opère généralement dans des creusets brasqués.

5° *Fondants ou flux.* Les réactifs de cette classe ou agissent seulement comme fondants pour former avec les matières étrangères des combinaisons fusibles, ou jouent en mêmes temps le rôle de réactifs oxydants ou réductifs. Nous allons les examiner successivement en commençant par les premiers.

Le borax est un fondant excellent et presque universel, parce qu'il a la propriété de former des combinaisons très fusibles tant avec la silice qu'avec les bases, mais comme il est très notablement volatil à une température élevée, il est impossible de tirer du poids du culot et des scories une vérification de l'exactitude des essais. Comme à l'état hydraté il se boursoffle beaucoup lorsqu'on le chauffe, il ne faut l'employer que récemment fondu, et même il est bon de ne le pulvériser qu'au fur et à mesure que l'on en a besoin.

La silice est très employée pour déterminer la fusion des gangues basiques dans les essais qui se font à une température élevée, les essais de fer par exemple. On la remplace souvent avec avantage par de l'argile qui, renfermant une certaine proportion d'alumine, rend les gangues calcaires plus fusibles; cela est plus simple que d'ajouter un mélange de silice et d'alumine, et vaut mieux. On ajoute au contraire du carbonate de chaux aux gangues argileuses et siliceuses; dans ce dernier cas on ajoute en outre de l'alumine ou une argile très alumineuse.

Le spath fluor ou chaux fluatée forme avec les sulfates terreux, et en particulier avec les sulfates de chaux et de baryte, des combinaisons très fusibles; c'est également un bon fondant pour les matières siliceuses dont il dégage une partie de la silice à l'état de fluorure de silicium. Ces deux propriétés peu employées dans les essais, sont mises à profit dans la plupart des usines à plomb et à cuivre de l'Angleterre, dans les mines à cuivre du Mansfeld, etc., pour scorifier les gangues terreuses.

Les carbonates alcalins, outre leur action oxydante et désulfurante sur beaucoup de métaux, sont d'excellents fondants pour les gangues siliceuses ou argileuses; ils se combinent également avec un grand nombre d'oxydes métalliques, mais ces combinaisons qui sont fusibles sont généralement décomposées par l'eau; enfin, leur grande fusibilité leur permet de tenir en suspension une assez grande quantité de matières infusibles, disséminées, telles que de la chaux, du charbon, etc., en poudre fine, sans perdre leur fluidité.

Le nitre, en se décomposant au blanc en potasse caustique, agit comme un fondant très énergique et à peu près comme les carbonates alcalins.

Le flux noir est un réactif à la fois réductif, désulfurant et fondant des plus employés. C'est un mélange intime de carbonate de potasse et de charbon, que l'on prépare en allumant dans un vase en fer ou même un creuset en terre, un mélange de 2 ou 3 parties de tartre brut ou de crème de tartre (bi-tartrate de potasse) et de 4 parties de nitre. Aussitôt que la combustion est

achevée, on retire la matière, on la pulvérise, on la passe à travers un tamis de crin serré pendant qu'elle est encore chaude, et on la conserve dans des flacons bien bouchés, afin de la préserver de l'humidité qui la ferait promptement tomber en déliquescence. On l'emploie surtout pour les essais de plomb et de cuivre.

La litharge est employée comme réactif désulfurant et fondant dans les essais à une basse température pour métaux fins.

Les pyrites de fer sont employées comme réactifs sulfurants et comme fondants dans les usines, mais très rarement dans les essais. L'oxyde de fer sert de même dans nombre d'usines comme fondant ou désulfurant; dans ce dernier cas, il est d'abord ramené à l'état métallique par le charbon.

Voir, pour le complément de cet article, au mot ESSAIS, et en général aux noms de tous les métaux et des diverses matières premières ou produits chimiques.

DORURE (*angl.* gilding, *all.* vergoldung). La dorure est une opération industrielle qui a pour but de recouvrir d'une couche d'or des objets de diverses natures, mais d'une valeur incomparablement moins élevée que ce métal précieux, afin de leur donner le vif éclat et de les doter à leur surface de l'inaltérabilité que présentent les objets faits intégralement en or. On dore le marbre, la pierre, la porcelaine, le bois, le plâtre, le carton, le papier, ainsi que tous les métaux usuels, l'argent, le cuivre, le fer, l'étain, le zinc et leurs alliages, tels principalement que le bronze et le maillechort. Il en résulte plusieurs arts différents, que nous allons examiner successivement en commençant par la dorure sur métaux.

DORURE SUR MÉTAUX. A cause de sa rareté et de ses propriétés remarquables, l'or fut, dès l'origine des sociétés, réservé pour les choses divines, ou monopolisé par les dominateurs des nations, et son emploi, même dans les temples et les palais, fut bientôt limité, dans la plupart des cas, à l'ornement extérieur des objets sacrés ou de luxe. On ne connaissait pas la dorure proprement dite du temps de Moïse; mais il est dit (Exod., XXVI, 40, 49), à l'occasion de la construction du tabernacle : « Vous couvrirez les ais de lames d'or; — vous couvrirez aussi ses barres de lames d'or. » On commença donc, dans l'origine, à revêtir de lames d'or ces objets, à l'aide d'une simple opération mécanique. Ce métal se prêtait à merveille à cette opération par sa grande malléabilité. A mesure que l'on sentit davantage la nécessité d'économiser l'or dont l'emploi se multipliait indéfiniment, tandis que sa production était limitée, on fit les lames de plus en plus minces, et peu à peu elles devinrent des feuilles d'une ténuité extrême que prépare le **BATEUR D'OR** (voyez ce mot). Ces feuilles minces sont appliquées, collées sur les objets à dorer, par des procédés que nous donnerons plus loin et qui ne sont plus que rarement en usage pour la dorure des métaux, parce que cette dorure mécanique n'offre pas assez de durée. Pour qu'il y ait adhérence entre le métal de peu de valeur et le métal précieux qui lui sert comme de vêtement, il faut se servir d'un *intermédiaire* qui fasse quelque peu pénétrer l'or dans le métal qu'on veut dorer, ou d'une *force*, ou d'un *agent physique* qui établisse une union suffisamment intime. L'*intermédiaire* qu'on emploie est le mercure, et on a la *dorure au mercure*; la *force* est l'*affinité* dans la *dorure par immersion*; l'*agent physique* est le courant électrique produit par une pile dans la *dorure galvanique*. Nous allons examiner successivement ces trois méthodes de dorure, dont la première est fort ancienne, mais dont les deux autres n'ont été découvertes que dans ces dernières années.

I. Dorure au mercure. Le mercure a la propriété de dissoudre l'or, en employant des proportions convenables, que nous dirons tout à l'heure, de l'un et l'autre métal,

on obtient l'*amaïgame d'or*. Comme le mercure attaque aussi l'argent et le cuivre, on répand une couche de l'*amaïgame* sur ces métaux, et quand on chasse par l'action du feu le mercure qui est volatil, les objets restent dorés. « La véritable méthode de dorer le cuivre consiste dans l'emploi du vif-argent, dit Plin (Hist. nat. XXXIII); à cet effet, on décupe d'abord parfaitement le cuivre, en le chauffant et en l'éteignant dans un mélange de sel, de vinaigre et d'alun. On lui applique ensuite les feuilles d'or, amalgamées avec du vif-argent et mêlées de poudre de pierre de ponce et d'alun. » Cette méthode est applicable aux alliages de cuivre, comme le laiton et le bronze. La dorure du bronze constitue une des industries les plus importantes de Paris, où cinq à six cents ouvriers sont employés à cette opération. Quant au fer, qui n'est pas attaqué par le mercure, cette méthode ne pouvait s'y appliquer, et ce n'est que plus tard qu'on est parvenu à le dorer. Pour cela on revêtit le fer d'un métal intermédiaire, du cuivre, sur lequel l'or fut fixé. « On plonge, dit Boyle (*Usefulness of philosophy*, vol. I, pag. 72), le fer dans une dissolution chaude de sulfate de cuivre; la mince couche de cuivre qui s'y dépose suffit pour qu'on applique dessus l'*amaïgame d'or*. » Malgré cette affirmation, il est probable que la dorure obtenue n'était point de bonne qualité, puisque l'on ne trouvait point, dans le commerce, d'objets en fer ou en acier doré avant la découverte des procédés galvaniques.

Les procédés dont on se sert pour dorer les bronzes, à l'aide du mercure, sont les mêmes que ceux que l'on emploie dans la fabrication du *vermeil* ou argent doré. Nous nous contenterons donc de décrire la dorure des bronzes qui est, d'ailleurs, celle que l'on fait le plus habituellement.

Rarement le cuivre pur est employé dans les arts; bien plus rarement encore on le soumet à la dorure au mercure, où il prend un ton noirâtre. Le laiton se dore bien, mais, le plus souvent, on soumet à l'opération de la dorure des ornements ou des objets d'art fondus et qui sont, par conséquent, en bronze.

Le bronze destiné à la dorure doit présenter des qualités particulières et diffère essentiellement du bronze des canons. Il doit être facilement fusible afin de bien prendre toutes les empreintes du moule, et il doit présenter une continuité parfaite, parce que les *piquures*, *gerçures*, et autres défauts à peine sensibles dans les pièces de bronze ordinaire, deviennent très apparents quand les objets sont dorés, et en outre parce que ces défauts font perdre beaucoup d'or, considération toujours importante pour les industriels, mais qui, aujourd'hui que le prix de la dorure est tombé, par suite de la concurrence des nouveaux procédés, à un prix extrêmement bas, est d'une extrême gravité. Il faut en outre que le bronze puisse être facilement tourné et ciselé. La composition chimique des bronzes du commerce est très variable, parce que les fondeurs ne les préparent que rarement avec des métaux purs. Ils se servent de vieux bronzes dédorés, de pièces de rebut, et des vieux objets hors de service, tels que chaudières, chaudrons, etc., qui sont connus sous le nom de *mitraille pendante*; ils les fondent avec un mélange de cuivre jaune et de cuivre rouge, couvert d'étamage et de soudure; l'habitude leur indique les proportions qui doivent les conduire au but qu'ils se proposent. Selon M. D'Arce, les proportions normales de l'alliage qui est le plus approprié à la dorure sont : cuivre, 82; zinc, 18; étain 3 ou 4; plomb, 4, 5 ou 3. Pour les petits objets qui ont besoin de plus de densité, et réclament moins de ténacité, il est préférable d'employer moins d'étain et plus de plomb, par conséquent les dernières proportions de M. D'Arce. (Voyez pour plus de détails le mot BRONZE). Nous diviserons en quatre parties les opérations de la dorure au mercure; 1° préparations de l'*amaïgame*

DORURE.

d'or; 2° préparation des bronzes; 3° dorure; 4° mise en couleur, où nous comprendrons le brunissage, le matage, etc.

1° Préparation de l'amalgame d'or. L'or que l'on veut employer doit être dans le plus grand état de pureté possible; trop d'argent allié à l'or donne à la dorure un ton vert; le cuivre donne un ton rouge, outre que l'amalgame est grenu et s'étend mal sur le bronze. On lamine l'or afin de rendre sa combinaison avec le mercure plus facile. Quand l'or est pesé, l'ouvrier le met dans un creuset, et à l'instant où ce creuset passe au rouge sombre, il y verse 8 parties de mercure pur pour 1 d'or. Il remue alors le mélange avec une tige de fer recourbée à son extrémité, en laissant le creuset sur le feu jusqu'à ce qu'il trouve que tout l'or est dissous. Alors l'ouvrier verse l'amalgame dans une terrine qui contient de l'eau; il le lave avec soin, et le comprimant avec les deux pouces contre les bords de la terrine, il en exprime tout le mercure excédant. L'amalgame doit être assez pâteux pour conserver les traces de la pression des doigts. Dans cet état il se compose, pour 100 parties, de 9 à 11 d'or et de 91 à 89 de mercure. On le renferme alors dans un sac de peau de chamois où on le comprime avec les mains; il rend beaucoup de mercure, et il reste en définitive un amalgame composé d'environ 33 de mercure et 67 d'or. Le mercure qui est resté au fond de la terrine, ainsi que celui qui a filtré à travers le sac contiennent des quantités assez considérables d'or, et on les emploie pour former un nouvel amalgame.

Toutes les opérations précédentes sont fort dangereuses pour la santé des ouvriers, soit à cause des vapeurs mercurielles produites dans la dissolution de l'or, et dont on évite l'effet nuisible en se servant du fourneau décrit plus loin, soit à cause du contact du mercure avec la peau des ouvriers, qui doivent, pour cette raison, être munis de gants de peau, de vessie ou de tafetas ciré.

On ne peut appliquer l'amalgame sur les pièces qu'à près qu'elles ont été imprégnées d'une dissolution de nitrate de mercure acide. Cette dissolution se prépare en prenant 400 parties en poids de mercure et 400 d'acide nitrique pur, marquant 36° à l'aéro-mètre, et chauffant le tout ensemble, à une douce chaleur, dans un matras de verre; on laisse échapper dans la cheminée les vapeurs nitreuses qui se forment durant l'opération. On ajoute à la dissolution vingt-cinq fois son poids d'eau distillée, et on la tient en réserve dans des bouteilles bouchées.

2° Préparation des bronzes. Les pièces de bronze sortant des mains du graveur doivent subir plusieurs opérations avant de recevoir la dorure. Elles sont d'abord recuites, puis décrochées, et enfin décapées.

Le recuit a surtout pour but de débarrasser les pièces de toutes les matières grasses dont elles ont pu être imprégnées durant les travaux auxquels elles ont déjà été soumises. M. D'Arcet pense qu'en outre, on ramène les couches extérieures à l'état de cuivre rouge par la volatilisation d'une certaine quantité de zinc, et que l'amalgame se combine alors plus facilement avec ces couches. Il se pratique en plaçant les bronzes dans une espèce de moufle cylindrique en briques, que les ouvriers appellent *mouflet*; un grillage en fer placé à une certaine distance des briques maintient le charbon, et laisse intérieurement un espace cylindrique vide où l'on suspend les objets. On se sert pour combustible de charbon de bois, de charbon de terre, ou de mottes, selon les localités; le feu doit être égal tout autour des pièces, et on doit avoir soin de ménager les parties minces. On opère de préférence dans un lieu un peu obscur. Quand l'ouvrier voit que la pièce est chauffée au rouge cerise, il l'enlève avec des pinces longues et la laisse refroidir lentement à l'air.

DORURE.

Pendant le recuit, les pièces se sont chargées d'une couche d'oxyde qu'on enlève en très grande partie par le décrochage, opération qui consiste à les plonger dans un bain d'acide sulfurique très étendu d'eau, où on les laisse assez longtemps pour que l'oxyde se détache. Alors on les frotte avec une brosse dure, on les lave à l'eau propre, et on les fait sécher dans de la sciure de bois légèrement chauffée.

La surface des pièces est encore irisée; on fait disparaître toutes les taches par le décapage dans de l'acide nitrique (l'eau-forte impure ordinaire du commerce, pourvu qu'elle ne contienne pas de plomb); l'acide nitrique pur ne réussit pas bien. Après avoir plongé les pièces dans l'eau-forte, et avoir laissé l'acide mordre suffisamment, on les plonge rapidement, pour les décolorer, dans un bain d'eau-forte, où on ajoute une poignée de sel de cuisine et de la saie; on les lave ensuite à grande eau. Quand l'eau-forte n'est pas assez concentrée et n'agit pas assez vivement sur les pièces, on la remonte par une addition d'acide sulfurique. On sèche les pièces dans de la sciure de bois. Elles doivent être d'un beau jaune pâle et légèrement grenu.

3° Opération de la dorure. L'ouvrier doreur plonge son gratte-bosse, espèce de pinceau fait avec des fils de laiton assez fins, dans la dissolution de nitrate de mercure, le passe sur la pièce à dorer, placée dans une terrine de terre non vernissée; il prend ensuite avec l'extrémité du gratte-brosse un peu d'amalgame d'or, qu'il applique à son tour sur le bronze. L'ouvrier répète ces opérations autant de fois qu'il le faut pour que la surface entière du bronze soit revêtue d'une couche convenable de l'amalgame. Alors il lave la pièce à grande eau, la sèche, et l'expose au feu pour volatiliser le mercure. Quand l'épaisseur de l'or n'est pas jugée suffisante, on lave la pièce et on lui applique de la même manière une nouvelle couche d'amalgame.

La volatilisation du mercure est une opération délicate et qui demande beaucoup de soins. Pour l'effectuer, l'ouvrier saisit la pièce avec des pinces longues, et l'expose petit à petit à l'action d'un feu de charbon de bois. Il la retourne en tous sens, et a bien soin d'éviter la liquéfaction de l'amalgame qui serait produite par l'application brusque d'un feu trop ardent. La pièce échauffée est retirée du feu; l'ouvrier la saisit par la main gauche, garnie d'un gant épais, la tourne en tous sens, et la frappe de la main droite avec une brosse à longs poils, afin de répartir bien également l'amalgame. Il recommence la même opération jusqu'à ce que le mercure soit entièrement volatilisé, ce qu'il reconnaît, par habitude, au bruit que produit une goutte d'eau qu'il jette dessus, et au temps que cette goutte met à s'évaporer. Pendant que la volatilisation du mercure s'effectue de cette façon, l'ouvrier corrige les endroits défectueux. Quand la pièce est terminée, elle est lavée, puis gratte-brosée avec soin au moyen d'eau acidulée par du vinaigre.

Si la pièce doit être brunie en entier, on la chauffe sans épargne, et on la plonge un peu chaude dans de l'acide sulfurique très étendu d'eau, on la lave, et enfin on la brunie.

Lorsque la pièce doit avoir certaines parties brunies, et d'autres parties mates, on réserve les parties à brunir en les couvrant au moyen d'un pinceau de la mixture qu'on appelle *épargne*; c'est un mélange de blanc d'Espagne, de cassonade et de gomme, le tout délayé dans l'eau. Les épargnes faites, l'ouvrier doreur fait sécher la pièce, et la chauffe de nouveau à une chaleur indiquée par la couleur que prend l'épargne. Il la plonge ensuite, tandis qu'elle est encore un peu chaude, dans de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique, la lave, la sèche, et la livre à la brunisseuse.

Dans les opérations précédentes, le mercure, soit à l'état liquide, soit à l'état de vapeur, entoure de toutes

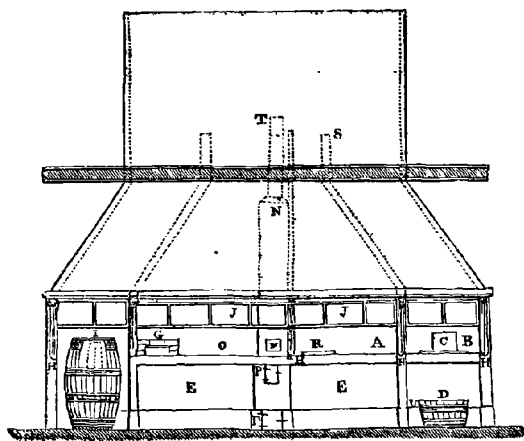
DORURE.

parts les ouvriers doreurs, qui respirant ce métal par tous les pores ne tardent pas à en éprouver les terribles effets, quand on ne prend pas des précautions suffisantes pour les soustraire à l'action pernicieuse de ce poison. L'influence du mercure sur les ouvriers doreurs compromet gravement leur santé, et expose quelquefois leur vie; elle se manifeste, soit par un tremblement nerveux qui va jusqu'à les empêcher de porter les aliments à la bouche, soit par la perte de la mémoire, une difficulté extrême de s'exprimer, et la paralysie de la langue.

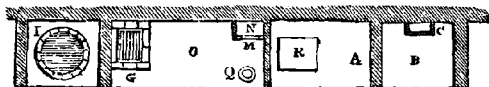
Un art aussi insalubre a attiré depuis longtemps l'attention des hommes qui ont à cœur l'amélioration du sort des ouvriers. L'Académie des sciences de Paris a couronné, en 1783, un mémoire de H.-A. Gosse, de Genève, qui s'était appliqué à augmenter le tirant des cheminées pour entraîner plus vite et plus complètement les émanations mercurielles. En 1848, un prix de 3,000 francs, fondé par un ancien fabricant de bronze, M. Ravrio, a été décerné par la même Académie à M. D'Arcet, qui a fait un travail complet sur l'art de la dorure, et lui a appliqué un système de ventilation dont tout le monde s'accorde à vanter les heureux effets.

Nous allons donner la description du fourneau d'appel que M. D'Arcet a fait construire dans un grand nombre d'ateliers, mais que tous les maîtres doreurs n'ont pas l'humanité de faire établir, tant il est encore vrai que, dans notre société, la santé de l'ouvrier n'est point mise en balance avec le faible revenu d'un petit capital enfoncé dans un appareil préservatif.

Les fig. 674 et 675 représentent l'élévation et le plan d'une forge complète à dorer.



674.



675.

P, fourneau d'appel, servant en même temps à chauffer le poëlon à mater.

E, T, cendrier de ce fourneau.

N, T, cheminée du même fourneau, construite en briques jusqu'au rétrécissement de la grande cheminée S de la forge, et terminée par un tuyau de tôle s'élevant de 2 ou 3 mètres au-dessus de ce rétrécissement.

B, forge à recuire les bronzes, à sécher les pièces dorées, et à pratiquer les diverses opérations qu'il peut être nuisible de faire à l'air libre.

DORURE.

C, cheminée de communication entre la forge à recuire B et l'espace D placé au-dessous de cette forge, où l'on pratique le décapage et le dérochage, dont les vapeurs acides sont ainsi entraînées.

U, baquet de décapage.

A, forge à passer l'amalgame sur les pièces.

R, tablette à brosser.

E, E, charbonnier.

O, forge à passer au mat.

G, fourneau pour la même opération.

M, ouverture pratiquée au bas de la cheminée d'appel, ordinairement fermée par un tampon, mais par laquelle, en ôtant le tampon, on fait partir les vapeurs acides données par la dissolution mercurielle en y plaçant le col du matras où cette dissolution se prépare, ainsi que les vapeurs mercurielles de la préparation de l'amalgame en plaçant au-dessous de l'ouverture le creuset où elle se fait.

I, tonneau dans lequel on plonge les pièces dorées mises au mat; les vapeurs qui s'en dégagent s'échappent par la cheminée générale.

J, J, châssis garnis de vitres, et à coulisses verticales, rétrécissant l'ouverture des âtres, permettant à l'ouvrier de voir facilement sous le foyer, et le mettant à l'abri des émanations nuisibles.

H, H, rideaux de cotonnade qui peuvent se fermer à volonté, en tout ou en partie, pour une ou plusieurs des forges, et qui servent à augmenter le tirage.

Q, ouverture pratiquée dans le fourneau d'appel, et qui sert à chauffer le poëlon à mater.

Il n'est pas besoin d'ajouter que les différentes forges indiquées sont alimentées par des souffleries convenables.

4^e Mise en couleur. Nous comprenons sous ce titre les opérations variées qui s'effectuent après la dorure proprement dite, pour donner aux pièces les divers aspects réclamés par le commerce.

Quand on veut que la surface dorée soit parfaitement lisse et ait l'éclat et le brillant métalliques, on la *brunit*, c'est-à-dire qu'on la frotte fortement avec le brunissoir, instrument qui est ordinairement une dent de loup ou de chien, et plus souvent de l'hématite, appelée vulgairement sanguine, emmanchée dans du bois. La brunisseuse trempe l'instrument dans de l'eau vinaigrée, et frotte jusqu'à ce que l'éclat convenable soit atteint. On lave alors dans l'eau froide, qu'essuie avec un linge fin, et on sèche lentement sur un feu très doux.

On obtient des effets très heureux en mélangeant le brillant au mat; on orne ainsi les bronzes de dessins fort recherchés. Pour mater l'or appliqué sur les bronzes, il faut simplement le conserver avec les nombreuses aspérités que le procédé de dorure a créées. Le mercure en se volatilissant a laissé sur le bronze non pas une couche continue, mais une espèce de criblé dont le brunissoir bouche les trous en les comblant par les aspérités. L'épargne étendue sur les parties réservées a donc résolu le problème. Il s'agit seulement d'enlever l'épargne sans employer le grattoir qui bruirait. Pour cela, on chauffe la pièce au point de carboniser l'épargne, puis on recouvre les parties épargnées, ayant alors une belle couleur d'or, avec un mélange de 40 parties de sel marin, 25 parties de nitrate de potasse, et 35 parties d'alun, fondu dans l'eau de cristallisation de ce dernier sel. La pièce est remise au feu, et chauffée jusqu'à ce que la couche saline qui la couvre devienne homogène, transparente, et se fonde. Elle est alors retirée du feu et plongée subitement dans l'eau froide, qui détache la couche saline et l'épargne. La pièce est enfin passée dans de l'acide nitrique faible,

lavée à grand eau et séchée avec un linge fin, ou en l'exposant quelque temps au-dessus d'un réchaud.

Quand on veut donner à une pièce de bronze dorée la couleur que l'on appelle *or moulu*, on la frotte moins fort avec le gratte-brosse qu'à l'ordinaire, et on l'expose à une chaleur un peu moins élevée que pour donner le mat. Sur la pièce un peu refroidie, en ayant soin de ne pas toucher aux parties brunes, on étend avec un pinceau une composition de sel marin, d'alun et d'hématite, délayés dans du vinaigre. La pièce est alors chauffée sur des charbons ardents, un peu excitée par un soufflet, jusqu'à ce que la couleur commence à brunir; elle doit être assez chaude pour qu'une goutte d'eau projetée à sa surface produise un sifflement. On la plonge alors dans l'eau froide, on la lave, et on la frotte avec une brosse imbibée de vinaigre si la pièce est unie, et d'acide nitrique étendu si elle est ciselée ou gravée; dans tous les cas, elle est enfin lavée et séchée à un feu modéré.

Pour donner à un bronze la teinte d'*or rouge*, on suspend la pièce par un fil de fer, au moment où elle sort toute chaude de la forge où elle a été chauffée avec l'aluminate, dans une composition connue sous le nom de cire de dorure et formée de cire jaune, d'ocre rouge, de vert-de-gris et d'alun. On l'expose ensuite à l'action d'un feu vif, qu'on anime encore, quand la combustion de la couche de cire est assez avancée, en y jetant quelques pincées du mélange employé. Quand le feu cesse de flamber, on plonge la pièce dans l'eau froide, on la lave et on la gratte-brosse avec du vinaigre. Si la teinte obtenue n'est pas belle, on couvre la pièce de vert-de-gris dissous dans du vinaigre, on fait sécher à un feu doux, on plonge dans l'eau, on lave et on gratte-brosse avec du vinaigre, ou même avec de l'acide nitrique, lorsque la pièce présente une teinte trop foncée. La pièce est alors lavée, brunie, puis encore lavée, essuyée avec un linge fin, et enfin séchée sur un feu modéré.

Nous ne donnerons pas de plus amples détails sur l'art insalubre de la dorure au mercure; nous espérons d'ailleurs que ces détails vont devenir complètement inutiles, et qu'ils n'auront plus bientôt qu'un simple intérêt historique. Dans notre conviction, cet art dangereux devrait être supprimé, car on a maintenant des procédés qui n'offrent plus que les dangers inhérents au décapage, et qui donnent certainement, quand ils sont exécutés par des industriels consciencieux, ne cherchant point l'écoulement de leurs produits dans un rabais indéfini, une dorure satisfaisant à tous les besoins du commerce. Nous croyons qu'il serait du devoir de l'autorité de défendre la dorure au mercure, parce qu'un art qui ne satisfait, après tout, que les besoins du luxe, ne doit point mettre en danger la vie et la santé des hommes. Ce sont là des choses qui ne devraient pas être sacrifiées aux jouissances de quelques-uns. Nous avons quelles objections s'élèvent contre notre pensée. Supprimer la dorure au mercure, dira-t-on, c'est donner pendant quelques années le monopole de toutes les dorures aux possesseurs de brevets pris pour les nouveaux procédés, et plonger dans la misère tous les dorureurs qui achètent le pain au prix de leur santé, qui aiment mieux devenir paralytiques que mourir de faim. A cette première objection la réponse est facile: le gouvernement qui a acheté l'invention du daguerréotype, invention qui pouvait être monopolisée quinze ans sans danger pour la société, puisqu'elle ne nuisait à aucune industrie, sans utilité pour la science, puisque son achat ne fera pas faire un pas aux arts avant plus de quinze ans, le gouvernement, proscrivant la dorure au mercure, devrait s'imposer comme premier devoir l'achat des brevets de la dorure par immersion et de la dorure galvanique.

Une seconde objection est soulevée à cette occasion: les travaux de M. D'Arcet ont supprimé tout à fait,

dit-on, les dangers de l'emploi des procédés de dorure au mercure; c'est une assertion fautive, et un passage que nous empruntons à une brochure de la société de secours formée par une portion des ouvriers dorureurs de Paris, le prouve surabondamment.

1840 — 400 sociétaires: 21 malades, dont 2 morts.

Sur ces 21 malades, 8 sont atteints du mercure.

1844. — 99 sociétaires: 47 malades, dont 9 atteints du mercure.

1842. — 444 sociétaires: 24 malades, dont 4 morts.

Sur les 24 malades, 40 sont atteints du mercure.

1843. — 408 sociétaires: 19 malades, dont 2 morts.

Sur ces 19 malades, 7 sont atteints du mercure.

Ainsi la dorure au mercure continue ses ravages parmi les ouvriers qui se livrent à cet art. Lors même que cette industrie donnerait de bons produits, de meilleurs produits que les inventions nouvelles, ce qui est fort contestable et ce que nous ne croyons pas, on ne saurait se prévaloir de cette raison pour permettre plus longtemps son exercice, mais à la condition, nous le répétons, de livrer les nouveaux procédés au domaine public. C'est pourquoi nous allons développer en détail les découvertes de la dorure par immersion et de la dorure galvanique, sans nous attacher plus longtemps à décrire des méthodes surannées.

II. *Dorure par immersion ou au trempé.* Nous entendons par ce mot un procédé de dorure, qui consiste à plonger les objets convenablement préparés dans une dissolution d'or, d'où on les retire quelques instants après complètement dorés.

Ce procédé, applicable seulement aux bijoux de cuivre, consiste à plonger ces bijoux, parfaitement décapés, dans une dissolution bouillante de chlorure d'or dans un carbonate alcalin.

Depuis longtemps les horlogers se servent d'une dissolution d'or pour dorer quelques petites pièces de cuivre ou d'acier. Leur méthode ordinaire consiste uniquement à plonger les pièces dans la dissolution de l'or par l'eau régale. Comme on le voit, l'or se précipitant à l'état métallique, se dépose sur les pièces. Mais en même temps, comme la dissolution d'or n'est presque jamais sans excès d'acide, cet acide non saturé agit sur les pièces, en détruit les vives arêtes, et leur ôte la précision que l'ouvrier leur avait donnée. C'est en vain que Baumé a imaginé de préparer une liqueur aussi neutre que possible, en faisant évaporer la dissolution d'or dans l'eau régale jusqu'à cristallisation, en pressant ensuite les cristaux dans du papier Joseph pour les dessécher complètement, et les dissolvant enfin dans de l'eau distillée. Si au premier instant une telle dissolution n'attaque pas aussi fortement que les liqueurs précédemment employées, les pièces qui y sont plongées, bientôt, par suite du dépôt d'or, l'acide mis en liberté vient à réagir, et les inconvénients qu'on a cherché à éviter reparaissent complètement. Il est évident *a priori* qu'on doit remédier à ces inconvénients en se servant d'une dissolution alcaline d'or, car si une certaine quantité d'acide est alors mise en liberté par suite de la précipitation de l'or, aussitôt cet acide est neutralisé par l'alcali en excès, et par conséquent il ne saurait exercer son action corrosive sur les pièces plongées. Cette solution du problème paraît bien simple aujourd'hui qu'elle est connue; il faut cependant arriver jusqu'en 1836 pour en trouver la réalisation. Les choses simples sont les plus difficiles à découvrir.

La dissolution de l'or dans les carbonates alcalins est connue depuis longtemps; elle est signalée en termes suffisamment clairs dans le *Dictionnaire de chimie* de Macquer. Proust reconnaît qu'une dissolution alcaline d'or abandonnée dans un vase de métal durant 24 heures, dore ce vase d'une manière brillante. Duportal et Pelletier plongeant une lame d'étain dans une liqueur semblable, la voient se recouvrir d'une couche

d'of. Tels sont les seuls faits qui ont précédé l'invention de la dorure par immersion ou au trempé. Nous n'avons pas la liberté de discuter la valeur de ces faits, étant appelés à prononcer judiciairement sur leur portée; nous devons nous borner à les mentionner, en ajoutant seulement, parce que c'est un fait, qu'avant le jour où M. Elkington a importé le nouveau procédé d'Angleterre en France, personne n'avait songé qu'il serait possible de dorer commercialement, c'est-à-dire de revêtir d'une couche d'or continue et adhérente un objet en métal, en se servant d'une dissolution analogue à celle que nous allons décrire, dans le but de protéger ce métal. Macquer, qui connaissait le fait de la dissolution de l'or dans les carbonates alcalins, ne soupçonnait pas son emploi pour la dorure, et Baumé, qui chercha à remédier aux inconvénients de la méthode usitée dans l'horlogerie, ne songea pas davantage à ajouter du carbonate de potasse ou de soude à la dissolution d'or. Nous devons dire enfin que M. Elkington se obtenu, le 15 décembre 1836, un brevet d'importation de 15 ans, et que, par conséquent, la dorure par immersion ne sera, en France, dans le domaine public que le 15 décembre 1851.

Dans la dorure par immersion, il y a quatre opérations distinctes : préparation du bain, préparation des bijoux, dorure, mise en couleur.

1^o Préparation du bain. On prend 400 parties d'or laminé et on les dissout dans une eau régale composée de 250 parties d'acide nitrique pur, à 36°, 250 d'acide hydro-chlorique également pur et enfin de 250 d'eau distillée. On opère dans un matras d'essayeur et on laisse échapper les vapeurs nitreuses dans la cheminée du fourneau.

Cette dissolution d'or étant faite, on fait chauffer 20 litres d'eau dans une marmite de fonte dorée intérieurement, parce qu'elle a reçu un vieux bain épuisé, et prenant 6 kilogrammes de bi-carbonate de potasse, on en verse la moitié dans l'eau et on jette l'autre moitié par petites portions dans la dissolution régale versée dans une grande capsule de porcelaine; il se produit une grande effervescence, et quand elle est terminée, on vide tout le contenu de la capsule dans la marmite. On laisse la liqueur bouillir pendant deux heures, en ayant soin de remplacer par de l'eau chaude, l'eau perdue par l'évaporation.

2^o Préparation des bijoux. Pour mettre les bijoux en état d'être dorés par la simple immersion dans le bain précédent, il faut les soumettre au dérochage, au décapage et enfin à un ravivage. Le dérochage et le décapage se font exactement comme pour la dorure au mercure par les procédés décrits plus haut. Après le dérochage, on attache plusieurs bijoux ensemble avec du fil de laiton, de manière à en faire de petits paquets que l'on peut suspendre au crochet du doreur. Ce crochet est tout simplement une baguette en verre recourbée ou mieux une tige de fer également recourbée; il sert à plonger les bijoux dans les acides du décapage, et de ce que nous appelons un ravivage. Cette dernière opération qui précède immédiatement l'immersion dans le bain d'or, a pour but de rendre plus neuves les surfaces des bijoux décapés, de les mettre dans un état analogue à ce qu'on appelle en chimie *état naissant*, de telle sorte que l'or précipité du bain alcalin s'y applique plus intimement et que l'adhérence soit parfaite. On peut effectuer le ravivage dans la liqueur du décapage composée d'acide nitrique, de suie et de sel de cuisine, mais à moins d'une très grande habitude du temps nécessaire pour que l'effet cherché soit produit, on ne réussit pas facilement, et quand on plonge les bijoux dans le bain d'or, ils prennent souvent une teinte rouge, brune, et ils ne sont plus acceptables par le commerce. Il est donc de beaucoup préférable d'employer un acide composé. Depuis longtemps, un mélange en proportions

assez variables d'acides nitrique, sulfurique et hydro-chlorique, est employé en Angleterre pour le décapage des cuivres, et c'est à ces mélanges divers que les cuivres estampés anglais doivent l'éclat qui a fait leur réputation. Cette supériorité à naturellement excitée l'émulation de l'industrie française; et si j'ai dit sans environ, M. Bouchet a découvert les proportions les plus propres à obtenir les effets désirés. Maintenant ces sortes de mélanges sont en usage chez tous les estampeurs et les passeurs à l'eau forte de Paris. Pour que la dorure par immersion réussisse complètement; il faut avoir recours à un mélange de cette espèce. La composition suivante réussit parfaitement à 40 parties d'acide sulfurique à 60°, 40 d'acide nitrique à 36°, 4 de sel marin. Il faut que le mélange soit fait au plus tard la veille de l'opération pour que son action soit suffisamment énergique.

L'aspect brillant ou mat dépend, dans la dorure par immersion, du mode de décapage; on brillante par les moyens que nous venons d'indiquer. Pour obtenir le brillant, il faut plonger les bijoux déjà décapés dans une liqueur formée de parties égales d'acide nitrique et d'acide sulfurique, auxquelles on ajoute du sulfate de zinc, ou bien dans les acides qui ont déjà servi au ravivage, et les tenir immergés pendant une demi-minute environ, un peu plus ou un peu moins, selon l'état du cuivre et selon l'état du bain matant; on retire les bijoux rapidement et on les lave immédiatement, puis on les met sécher dans de la sciure de bois chaude. Quand les bijoux sont ainsi décapés mats, il faut prendre garde d'enlever cette apparence par le ravivage; la précaution qu'il suffit de prendre, consiste à plonger rapidement les paquets non mouillés dans le bain acide, à les retirer aussitôt et à les laver. Si on ne veut avoir qu'un demi-mat, on plonge les paquets dans l'eau avant de raviver, et on laisse les acides mordre un peu plus.

Souvent le ravivage n'est pas assez parfait pour que la dorure soit suffisamment belle; dans ce cas, il faut plonger les paquets, avant la dorure, dans une très faible dissolution de nitrate de mercure. Cette immersion dans le nitrate de mercure peut souvent même réparer quelques paquets venus imparfaitement. Pour cela, on les plonge au sortir du bain d'or dans l'eau, puis dans le nitrate, et immédiatement de nouveau dans le bain d'or. Il se dépose une nouvelle couche d'or qui conspécule la première.

3^o Dorure. Les détails précédents étant bien compris, rien n'est plus simple que l'opération de la dorure. Si le bain a précipité une poudre noire, ce qui arrive assez souvent, on arrête un moment l'ébullition, on laisse reposer et on décante; il est alors bon à être employé. On dispose à droite de la marmite où bout le bain d'or, une terrine contenant la liqueur à raviver, deux terrines d'eau, une terrine contenant la dissolution de nitrate de mercure, et une nouvelle terrine d'eau; à gauche on place deux ou trois terrines d'eau. Un nombre suffisant de paquets de bijoux étant enfilés dans le crochet, le doreur les plonge successivement dans la terrine à raviver, dans les terrines d'eau, la terrine de nitrate de mercure, la dernière terrine d'eau, enfin dans le bain bouillant et toujours tenu à peu près au même point, par l'eau chaude qu'on y ajoute de temps à autre; le doreur tient les paquets plus ou moins longtemps dans le bain, selon l'épaisseur de la couche qu'il veut déposer, mais rarement plus d'une demi-minute, car au bout de ce temps la couche déposée n'augmente plus; il les retire, les lave dans les terrines de gauche, et les fait sécher dans de la sciure de bois chaude. On continue ainsi jusqu'à ce que le bain soit épuisé; on s'en aperçoit par l'habitude, à la quantité d'ouvrage déjà fait, et à l'éclat de la dorure. On peut prolonger l'emploi du même bain, et l'épuiser davantage en y ajoutant quelques gouttes de nitrate

d'argent; alors la dorure prend un ton un peu vert. En ajoutant une quantité suffisante de nitrate d'argent à un bain épuisé, on peut argenter par immersion; on n'a pas encore tiré un parti industriel de cette remarque.

4. *Mise en couleur.* Pour donner à l'or déposé plus de brillant et d'éclat et assurer la conservation de la dorure, on pratique la mise en couleur. On emploie la formule suivante: 6 parties de nitrate de potasse, 2 p. de sulfate de fer et 4 p. de sulfate de zinc dissoutes dans une quantité d'eau bouillante suffisante pour que le mélange soit liquide. On y plonge les objets dorés, on les fait sécher sur un feu clair, jusqu'à ce que les sels deviennent d'une couleur brune, et on les replonge dans l'eau.

Par la même procédé, que nous venons de décrire, on peut aussi exécuter le platinage sur objets en cuivre. On commence par dissoudre le platine; on prend 4 p. de platine que l'on attaque par 30 p. d'eau régale formée de parties égales d'acide nitrique, d'acide hydrochlorique et d'eau. On laisse évaporer les acides après la dissolution jusqu'à la moitié ou aux trois quarts. On ajoute 2 litres d'eau pure et 48 parties de bi-carbonate de soude; on fait bouillir jusqu'à ce que la soude soit dissoute; on ajoute alors par portion 16 p. de bi-carbonate de potasse, et on laisse encore bouillir durant une heure.

A cette liqueur ainsi préparée, pour que l'on puisse s'en servir pour platinier, il faut ajouter une dissolution d'or que l'on fait, comme nous l'avons indiqué plus haut, en employant une demi-partie d'or. Lorsque le mélange des deux liqueurs est opéré, on y plonge immédiatement les objets préparés aussi comme nous l'avons vu.

La légère couche de platine déposée sur les bijoux permet d'obtenir des effets variés; avec un pinceau, on recouvre d'un vernis ou de bonne laque certaines parties qui ne doivent pas être dorées, et on trempe les pièces dans une dissolution d'or faite par l'eau régale tout simplement. On pratique la mise en couleur, et on gratte le vernis; on obtient ainsi l'or en relief sur un fond blanc.

Les avantages de la dorure par immersion sur la dorure au mercure sont manifestes. Nous mettons d'abord de côté, comme hors de discussion, l'avantage de ne point employer le mercure et de sauver les ouvriers des atteintes de ce poison; on a prétendu qu'on les tirait d'une atmosphère mercurielle que pour les plonger dans une atmosphère pleine de vapeurs acides et non moins dangereuse; cela est faux, car les vapeurs acides sont produites par le décapage employé également dans les deux procédés. La méthode du trempé supprime complètement de l'atmosphère habituelle dans laquelle travaillent les doreurs les émanations mercurielles, et évidemment l'atmosphère restante est moins insalubre.

Le procédé du trempé est d'une rapidité extraordinaire; il permet de dorer des objets délicats, tels que les toiles métalliques, dont le léger réseau serait détruit par l'action corrosive du mercure, et des objets de forme très accidentés, tels que boucles d'oreilles, fleurs, fruits et bijoux de toute nature présentant un vide interne, dont les creux ne pouvaient être atteints par l'amalgame d'or. Il s'applique du reste aussi bien aux grandes pièces. Les premiers essais qu'on a faits n'ont pas été heureux, parce qu'on a plongé les grandes pièces froides dans le bain, qui en a été trop refroidi pour que la dorure pût s'effectuer; on réussit en ayant soin de placer d'abord les pièces dans l'eau bouillante pour les mettre à peu près à la température du bain d'or. Toutefois, on ne peut dorer par immersion que les objets estampés, c'est-à-dire en cuivre laminé. Certaines fontes de cuivre refusent de prendre la dorure, et par conséquent, pour les grands bronzes, il faudrait en-

core avoir recours au mercure, si on n'avait la dorure galvanique.

Avec 150 grammes d'or on peut dorer au trempé 50 kilogr. de bijoux, et encore le bain n'est pas épuisé; il y reste environ un tiers de l'or, qui ne s'y trouve plus en assez grande quantité pour se déposer en couche continue. On dépose donc au plus 2 grammes d'or par kilogramme de bijoux.

Le prix de la dorure du kilogramme est de 20 fr. Par l'ancien procédé, il était de 50 fr. le kilogramme pour les objets estampés, et coûtait jusqu'à 120 fr. pour les objets délicats, tels que les chaînes, qui, n'offrant pas de résistance à l'action corrosive des métaux, exigeaient un très grand nombre de précautions.

On distingue les objets dorés au trempé des objets de même forme dorés au mercure, en les attaquant comparativement par de l'acide nitrique très étendu, de telle sorte que la dissolution se fasse très lentement. Tout le cuivre est dissous, et il reste une pellicule d'or qui conserve dans les deux cas la forme primitive de l'objet. Cette pellicule est brillante sur les deux faces pour l'objet trempé; elle est couverte d'une pellicule d'un rouge brun, du côté interne, pour l'objet doré au mercure. De plus, si on regarde la dernière pellicule en la plaçant entre l'œil et la lumière, elle est comme criblée d'un grand nombre de trous, ce qui provient de ce que le mercure a été obligé de s'évaporer et a laissé une couche discontinue. Quand la dorure au trempé a été faite trop légèrement, l'or ne conserve pas la forme de l'objet après l'attaque par l'acide nitrique, mais il tombe en petites parcelles brillantes sur les deux faces. Dans ce cas, la dorure n'est pas suffisamment solide pour préserver les bijoux qui, par exemple, ne peuvent pas franchir les mers sans être corrodés. Il est donc tout à fait opposé aux intérêts du commerce de faire une dorure faible; mais l'appât du lucre est si grand, que nous avons vu bien des bijoux qui contenaient au plus un gramme d'or par kilogramme.

III. *Dorure galvanique.* Nous allons considérer le problème d'une manière beaucoup plus générale que nous n'avons fait jusqu'à présent. Ce ne sera plus seulement du dépôt de l'or sur un métal commun, sur le cuivre, dont nous nous occuperons, mais bien du dépôt d'un métal quelconque sur un autre métal quelconque. Nous considérerons la dorure, l'argenteure, le platinage, le cuivrage, le zincage, le cobaltisage, le plombage, etc.; mais nous ferons surtout l'application du principe général à la dorure et à l'argenteure, qui industriellement sont les deux opérations principales. Nous devons encore prévenir le lecteur, avant d'aller plus loin, que le principal procédé de dorure galvanique a été breveté par M. Elkington, le 29 septembre 1840, comme addition au brevet de dorure de 1836, et que, par conséquent, il n'appartiendra au domaine public qu'en 1851. Quant au principal procédé d'argenteure, il a été breveté le même jour, 29 septembre 1840, par un brevet spécial de quinze ans; il n'appartiendra donc au domaine public qu'à la fin de 1855.

Le problème peut s'énoncer ainsi: appliquer un métal sur un autre en couches continues, adhérentes et inséparables, avec toutes les conditions du brillant métallique, et de l'apparence commerciale des objets faits intégralement avec le métal appliqué seulement à la surface. La solution du problème consiste à dissoudre ce dernier métal dans des agents convenables et à le précipiter ensuite sur le premier, en se servant de l'électricité développée par une pile comme agent de la précipitation.

La condition pour le métal précipité, de former une couche continue et adhérente au métal qu'elle recouvre, distingue complètement l'invention actuelle des travaux, qui ont pour but de faire cristalliser ou de séparer analytiquement les métaux de leurs minerais,

branche qui a été l'objet des travaux de MM. Gay-Lussac, Becquerel et de plusieurs autres physiciens.

Cette même condition distingue aussi complètement la méthode considérée de la GALVANOPLASTIE, dont le but est de précipiter des métaux sur d'autres corps, en couches continues, mais point adhérentes, afin de rendre des moules ou des empreintes de ces corps.

C'est M. de La Rive qui le premier est parvenu à exécuter les précipitations galvaniques adhérentes. Il avait pour but la dorure. « D'abord il essaya de faire passer le courant d'une forte pile à travers une solution de chlorure d'or, en mettant au pôle positif un fil de platine et au pôle négatif le métal à dorer. Ses premiers essais ne furent pas heureux; il ne put par ce moyen dorer que du platine, dorage qui était d'une bien minime utilité. Il est vrai que ce dorage était fort beau, et que les plus fins connaisseurs prenaient pour de l'or du platine ainsi doré. Quant au laiton et à l'argent, il ne réussit point à les dorer; l'action chimique qu'exerçait sur ces métaux la solution d'or, toujours très acide, les dissolvait eux-mêmes, et empêchait l'or d'adhérer à leur surface. » (*Annales de Phys. et de Chimie*, t. LXXIII, p. 399.) Pour réussir à dorer l'argent et le laiton, M. de La Rive songea à employer de faibles courants électriques, et il renonça alors à se servir d'une pile ordinaire, ou plutôt il lui substitua une pile dont faisaient partie intégrante les objets à dorer. Il renfermait une dissolution assez étendue de chlorure d'or dans un sac de baudruche, et plaçait ce sac au centre d'un vase en verre, contenant une eau faiblement acidulée où baignait une lame de zinc. A cette lame, il attachait un fil métallique qui, par son autre extrémité, soutenait l'objet à dorer plongé dans la dissolution d'or.

L'eau acidulée peut être mise dans l'intérieur du sac, et la dissolution d'or en dehors. Alors dans le sac plonge un cylindre de zinc qui est joint à la pièce à dorer, placée en dehors, au moyen d'un fil métallique.

Dans tous les cas, le zinc et la pièce à dorer constituent un élément voltaïque, dont le pôle positif est le morceau de zinc et le pôle négatif la pièce à dorer. Il se produit un faible courant à travers les liqueurs qui ne peuvent se mélanger à cause de la baudruche; ce courant décompose la solution d'or et amène l'or, molécule par molécule, sur le métal qui sert de pôle négatif.

La baudruche présente des inconvénients inhérents à sa nature; M. Becquerel les a évités en lui substituant des vases en porcelaine dégourdie ou en terre poreuse qui ne permettent pas aux liqueurs de se mélanger, tout en laissant passer le courant électrique. Il en résulte que l'on n'est plus exposé aux pertes d'or que les sacs en baudruche avaient le désavantage de causer.

Vers le commencement de 1840, après avoir pris connaissance des travaux de M. de La Rive, M. Smee, en Angleterre, chercha à en faire l'application à l'argenture. Après avoir bien nettoyé la pièce à argenter, M. Smee la plonge dans une dissolution de sulfate, d'acétate ou d'hypo sulfite d'argent très étendu, mêlé avec une petite quantité d'acide sulfurique également étendu. Mais en employant toutes les précautions indiquées par M. Smee, et de son aveu même, on ne parvient que très difficilement à obtenir une mauvaise argenture (*Manuel Roret, Traité de Galvanoplastie*, pag. 405).

On doit reconnaître dans ces essais de dorure et d'argenture les mêmes tâtonnements qui ont précédé l'emploi industriel de la dorure par immersion. Les bains ne devaient pas commercialement, parce qu'ils étaient acides; M. Elkington est venu détruire l'acidité en composant un bain alcalin. De même, les in-

convénients principaux des procédés galvaniques dont nous venons de parler consistent surtout en ce que, la dissolution d'or et d'argent étant acide, elle agit sur les pièces qu'on veut dorer ou argenter, de telle sorte qu'à moins de très grandes précautions, qu'il n'est pas possible de prendre quand on opère en grand, toute la surface des pièces n'est pas recouverte. M. Elkington a encore remédié à ces inconvénients, non plus en introduisant dans les liqueurs une grande quantité de sel alcalin qui aurait compliqué le mode d'action du courant galvanique, mais en remplaçant l'acide corrosif par un acide qui n'exerce pas d'action sur les métaux à dorer; il a substitué le cyanure d'or au chlorure d'or, et cette substitution a doté l'industrie d'un de ses plus merveilleux procédés.

Nous avons souvent fait cette remarque qu'il y a des époques qui semblent désignées pour voir éclorre telle ou telle découverte. Les temps étaient venus, dirions-nous, pour la dorure galvanique. A peine M. Elkington avait pris son brevet pour le nouveau procédé, que l'on voit surgir presque dans tous les pays des hommes qui font la même découverte ou lui apportent de notables perfectionnements; mais aucun, à notre connaissance du moins, n'a publié ses procédés avant M. Elkington, et même n'a montré publiquement des échantillons de ses produits. M. Perrot, inventeur de la machine à imprimer les étoffes à laquelle on a donné le nom de perrotine, a déposé, le premier, dès le mois de janvier 1841, à l'Académie de Rouen et à l'Académie des sciences de Paris, de nombreuses pièces d'argent, de cuivre, d'acier, de fer, parfaitement dorées. Cet ingénieur avait même généralisé le problème en zincant, platinant et cuivrant le fer. M. Louyet dora dans un cours public à Bruxelles. Enfin M. de Ruolz prit au mois de juin 1841 le premier de ses brevets, où l'on trouve des procédés galvaniques pour la dorure, l'argenture, le cuivrage, etc. M. de Ruolz a eu le mérite de poser nettement les conditions nécessaires pour que l'opération réussisse complètement. Elles peuvent se résumer ainsi :

1° Les éléments électro-négatifs des liqueurs doivent être sans action sur les métaux à recouvrir, c'est-à-dire que les corps, qui sont transportés par le courant galvanique ou pôle négatif, ne doivent tendre en aucune façon à attaquer les métaux qui s'y trouvent placés pour être recouverts; les liqueurs elles-mêmes ne doivent point agir sur le métal à recouvrir.

2° Sous l'influence de la pile, il ne doit se précipiter aucun autre corps que le métal à déposer;

3° Les liqueurs doivent être suffisamment conductrices du courant galvanique.

M. de Ruolz présenta un résumé de ses brevets à l'Académie des sciences, et dès lors il s'ouvrit sur la dorure et l'argenture galvaniques, une espèce de concours dont M. Dumas fut le rapporteur. M. Dumas fit comprendre tout le parti qu'on pouvait tirer des nouveaux procédés dans l'intérêt de l'industrie et du commerce, et de la salubrité des ateliers de dorure. Nous avons donné à l'article ALLIAGES un extrait de ce rapport remarquable, qui nous dispense d'entrer ici dans plus de détails sur le parti que l'on peut tirer, dans l'intérêt général, de la découverte dont nous venons de faire l'histoire. Ce rapport éveilla l'attention publique, et dut vivement encourager M. Ch. Christoffe, cessionnaire des brevets de MM. Elkington et de Ruolz, à consacrer de grands capitaux à faire faire aux procédés galvaniques tous les progrès nécessaires pour les amener à l'état pratique. C'est ainsi qu'en moins de deux ans fut créée en France une industrie qui prendra certainement un très grand développement, et qui, nous le pensons, n'a pas dit son dernier mot. Beaucoup de personnes s'en occupent et doivent y apporter de notables perfectionnements.

Nous allons décrire les procédés dont l'exécution est la plus commode et la plus usitée, ces procédés n'ayant pu être compris dans le rapport de M. Dumas fait à l'origine de la découverte.

Ainsi que dans toutes les opérations de dorure ou d'argenture, nous devrions considérer la préparation des objets, celle du bain, l'opération de la dorure et enfin la mise en couleur. Mais ce que nous avons dit de la dorure par immersion nous dispense d'entrer pour le moment dans aucun détail sur la préparation des objets et sur la mise en couleur. Le dérochage et le décapage se font comme nous l'avons indiqué; il n'y a pas de ravivage; la mise au mat s'effectue par le procédé des acides mélangés indiqué pour la dorure par immersion, avant la dorure ou l'argenture, et en plongeant, au moment de l'opération, les objets dans une dissolution de nitrate de mercure très faible. On peut aussi obtenir le mat, après le dépôt métallique, par les moyens usités dans la dorure au mercure. On met rarement en couleur; le plus souvent on se contente de brunir les objets complètement desséchés dans de la saïre de bois chaude. Comme on peut déposer, par la pile, des couches du métal précieux aussi épaisses que l'on veut, il est nécessaire de se rendre compte de la quantité d'or ou d'argent dont on a revêtu les pièces. Deux pesées suffisent pour cela; l'une est faite sur les pièces décapées et séchées, l'autre sur les pièces sortant du bain mais déjà séchées. Très souvent on ne dore ou n'argente que certaines parties des objets, afin, par exemple, de déposer de l'or sur un fond de platine ou d'argent. Pour réussir on fait des réserves avec une épargne qui est tout simplement du chromate de plomb délayé dans une eau gommée.

on peut les remplacer par des plaques de cuivre dorées par les procédés galvaniques.

Voici comment on dispose l'appareil pour l'exécution en grand des procédés galvaniques.

Prenons pour exemple la dorure.

Figure 676, plan de l'appareil.

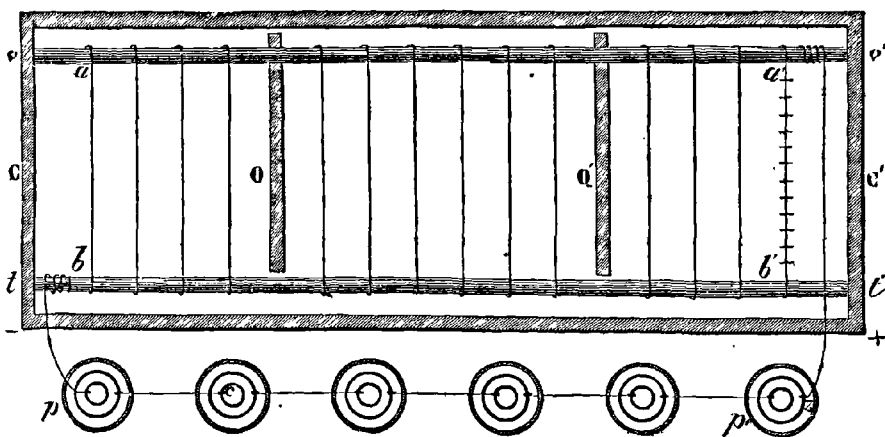
C C', grande cuve en bois, convenablement mastiquée, contenant le bain à dorer.

t t', v v', tiges métalliques dorées, traversant la cuve dans toute sa longueur, placées un peu au-dessous du niveau supérieur du liquide, et mises en communication : t t' avec le pôle négatif, v v', avec le pôle positif.

O, O', deux lames d'or partageant la cuve en trois compartiments égaux, en communication avec la tige longitudinale v v', et qui se dissolvent à mesure que la dorure s'opère.

a b, tiges mobiles en laiton doré qui s'appuient sur les tiges v v', t t', et sur lesquelles on accroche par des fils de laiton dorés les objets que l'on veut recouvrir.

p, piles disposées en nombre convenable le long de la cuve C C'. Elles se composent d'unseau en bois mastiqué, où l'on place deux cylindres concentriques qui ne se touchent pas. Le cylindre extérieur z est en zinc amalgamé; le cylindre intérieur c est en cuivre. On met le zinc de chaque pile en communication avec le cuivre de la pile suivante, au moyen d'un fil de laiton qui est attaché à la partie supérieure de chaque cylindre à l'aide d'une petite clef se composant : 4° de deux mâchoires qui serrent le métal au moyen d'une vis de pression, et 2° d'une tête armée d'une vis qui serre le fil de laiton. On charge les piles avec de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique, et marquant 5° à l'aéromètre de Beaumé.



676.

Les bains se composent généralement de cyanure de potassium, et de cyanure, ou d'oxyde, ou d'un sel du métal à déposer, le tout dissous dans l'eau; nous donnerons tout à l'heure les proportions de ces divers ingrédients. Les dissolutions durent, pour ainsi dire, éternellement, quand on a soin d'attacher au pôle positif de la pile des lames du métal à précipiter, précieuse découverte revendiquée par M. Boquillon, qui a pris aussi de nombreux brevets pour la galvanoplastie et l'électrotypie; à mesure que le métal en dissolution se dépose sur les objets en communication avec le pôle négatif, il se dissout du côté du pôle positif une quantité équivalente de ce métal, si la surface des lames métalliques est à peu près égale à celle des objets à recouvrir. Comme il se pourrait qu'on fût forcé d'employer de très grandes lames d'or pour la dorure, ce qui serait fort coûteux,

Le temps de l'immersion varie selon l'épaisseur de la couche d'or que l'on veut déposer.

On entretient durant l'hiver les bains à une température constante de 45 à 20 degrés, au moyen de tuyaux ou s'écoule de l'eau chaude; on emploie le même moyen d'échauffement pour certaines opérations qui s'effectuent à chaud.

Avant de donner les proportions des bains, nous rappelons qu'elles sont brevetées, ainsi que toutes proportions analogues, par MM. Elkington et de Ruolz; il est de notre devoir de ne point induire le public dans des procès en contrefaçon, en le laissant dans l'ignorance de ce fait. Nous serions désolé que l'espèce d'indiscrétion que nous commettons, dans l'intérêt général, et à laquelle d'ailleurs nous sommes autorisé, puisse nuire à des intérêts privés. Enfin, nous reproduisons le regret que

DORURE.

nous avons manifesté en rendant compte de la dorure par immersion ; il est fâcheux que le gouvernement n'ait pas pris des mesures pour mettre dans le domaine public des procédés d'une utilité aussi grande.

Dorure. Le bain préférable pour la dorure se compose de 400 parties d'eau distillée, 40 p. de cyanure de potassium, 4 p. de cyanure d'or.

On prétend qu'on peut employer les autres dissolutions suivantes, mais nous ne les avons pas toutes vérifiées :

400 parties d'eau distillée, 42 p. de cyanure de potassium, 4 p. d'oxyde d'or ;

200 p. d'eau distillée, 40 p. de cyano-ferrure jaune de potassium, 4 p. de cyanure d'or ; on peut substituer au cyano-ferrure jaune, du cyano-ferrure rouge, ou même de la potasse ou de la soude ;

400 p. d'eau distillée, 6 p. de cyano-ferrure jaune de potassium, 4 p. de chlorure d'or neutre ; et après avoir filtré on ajoute 50 p. d'eau distillée, et par petites portions une solution de potasse à l'alcool jusqu'à ce que la liqueur soit faiblement alcaline ;

425 grammes de cyanure de potassium ou autre cyanure soluble ; 31,25 gr. d'oxyde d'or ou d'or métallique, et 8 litres d'eau ;

4 p. de chlorure double d'or et de sodium, 400 p. d'une solution de soude à l'alcool marquant 40 degrés à l'aréomètre ;

4 p. de chlorure double d'or et de potassium, 400 p. d'eau distillée, 45 p. de cyanure de potassium ;

500 p. d'une solution de potasse caustique à 40° de l'aréomètre ; 4 p. d'oxyde d'or, et dans la liqueur faire passer un courant d'hydrogène sulfuré, jusqu'à ce que la réaction alcaline n'en soit que très faible ;

450 p. d'eau distillée, 24 p. de cyanure de potassium, 4 p. de chlorure d'or sec ;

400 p. d'eau distillée, 40 p. d'iode de potassium, 4 p. d'iode d'or ;

4 p. d'oxyde d'or qu'on fait dissoudre à l'aide d'une chaleur de 400 degrés dans 40 p. d'eau de baryte marquant 3 degrés à l'aréomètre ;

4 partie de sulfure d'or, 300 p. d'eau, 40 p. d'hypo-sulfite de soude ;

4 p. de cyanure d'or, 450 p. d'eau, 45 p. d'hypo-sulfite de soude ;

4 p. de sulfure d'or, 400 p. d'eau, 40 de ferro-cyanure jaune de potassium ;

4 p. de sulfure d'or, 24 p. de cyanure de potassium, 400 p. d'eau.

A ces nombreuses dissolutions, on pourrait certainement en joindre d'autres encore ; pour cela il n'y aurait qu'à chercher parmi toutes les solutions que la chimie donne le pouvoir de composer, celles qui satisfont aux trois conditions que nous avons posées plus haut. C'est ainsi que dans ces derniers temps, M. Zaleski a proposé de remplacer les cyanures par les cyanates. Mais, nous le répétons, nous n'avons pas encore été mis en position de vérifier jusqu'à quel point ces différentes dissolutions donnent des dorures convenables, ni de les comparer entre elles.

Pour obtenir différentes nuances d'or, il faut attacher au pôle positif des lames d'or allié d'argent ou de cuivre, ou mélanger à la dissolution d'or une solution destinée au cuivrage.

Pour produire le mat, dit M. de Ruolz, il est préférable d'employer la dissolution déjà indiquée et qu'on obtient, en prenant 20 litres d'eau distillée, 4200 gram. de cyanure de potassium, et du sulfure d'or humide, et récemment précipité, résultant du traitement de 42 gram. d'or métallique par l'eau régale, et ensuite par un courant d'hydrogène sulfuré ; le tout mis en digestion pendant 24 heures, à une chaleur de 50 à 60°.

Quand on a besoin d'oxyde d'or, il est préférable de

DORURE.

le préparer, au moyen de la magnésie ; on prépare le chlorure d'or par l'eau régale, et on le traite par la magnésie caustique ; il se forme un aurate de magnésie qu'on lave ; par un acide, on en précipite ensuite l'oxyde d'or, et la magnésie se dissout.

Pour préparer le cyanure de potassium, on pulvérise le cyano-ferrure de potassium avec soin, on le chauffe dans un vase en fer couvert, jusqu'à la chaleur rouge cerise ; on laisse refroidir à l'abri du contact de l'air ; et on pile la masse à moitié fondue et poreuse. Cette masse, traitée par de l'alcool étendu et bouillant, laisse déposer le cyanure de potassium parfaitement pur, par le refroidissement.

Le cyanure d'or s'obtient en traitant l'or par l'eau régale, évaporant lentement à siccité, et dissolvant ensuite dans une solution récente de cyanure de potassium. Le précipité blanc-jaunâtre qui se forme est le cyanure d'or qu'on lave et sèche. Un excès de cyanure de potassium le dissout, et c'est alors qu'on l'emploie pour la dorure.

Tous les procédés précédents peuvent être employés pour dorer l'argent, le bronze, le laiton et le maillechort. Pour le fer, l'acier, le zinc, l'étain et le plomb, il est préférable de déposer à l'avance une couche de cuivre, pour que la couche d'or ait plus de solidité.

Jusqu'à la découverte des procédés galvaniques, on n'avait pas doré le fer et l'acier d'une manière durable. On comprend tout le service que ces procédés rendent aux arts en les dotant ainsi d'objets précieux qui leur manquaient jusqu'à présent. Une bonne dorure galvanique, nous l'avons éprouvé, peut éviter la rouille. Toutefois, on a prétendu que l'or déposé à la surface des objets ne les préservait qu'imparfaitement, et on a cité pour exemple une capsule de cuivre doré qui se laisse dissoudre par l'acide nitrique. Le fait est vrai, mais à la condition que l'on n'avait pas pris toutes les précautions pour avoir une dorure bien résistante. Il faut, en effet, assimiler la couche d'or déposée à une espèce de tissu métallique dont les mailles sont très serrées ; à travers cette toile, l'acide nitrique peut filtrer, et par suite il vient attaquer le métal insuffisamment recouvert. Mais soumettons à un martelage la première couche déposée, et exposons de nouveau la capsule à l'action galvanique, la nouvelle toile métallique ne sera plus disposée comme la première ; les vides des nouvelles mailles ne coïncideront pas avec les vides primitifs. En opérant plusieurs fois de cette manière, on obtiendra évidemment une dorure suffisamment préservatrice, et ainsi que nous l'avons vu, on pourra faire bouillir impunément de l'acide nitrique dans une capsule de cuivre dorée galvaniquement.

Certes, avec la dorure au mercure, on n'aurait jamais pu espérer d'arriver à un tel résultat. Dans tous les cas, la dorure sur fer, acier, étain, zinc, est une opération toute nouvelle qui doit rendre de grands services, ainsi que doivent l'avouer ceux mêmes qui conçoivent le plus de doutes sur la durée des dépôts métalliques. Ils ne comprennent pas bien, disent-ils, comment il peut se produire une grande adhérence ; nous ne le comprenons pas bien non plus, mais nous voyons que cela est, et d'ailleurs nous n'imaginons pas pourquoi la force, le courant galvanique, ayant la propriété de dissoudre les grandes pièces métalliques fort résistantes, placées au pôle positif, n'aurait pas la propriété contraire de déposer au pôle négatif des couches aussi fort résistantes.

Qu'il y a loin, du reste, de la facilité et de la puissance industrielle des procédés galvaniques à ceux employés jusqu'à présent ! Jusqu'à présent, les essais de dorure sur le fer ou l'acier n'avaient consisté qu'en une espèce de peinture fort peu adhérente. Outre la dorure par simple immersion dans le chlorure d'or, dont

DORURE.

nous avons parlé, et à laquelle on avait à peu près renoncé dans ces derniers temps, on employait la dissolution éthérée d'or. Après avoir chassé, autant qu'il est possible de le faire, l'excess d'acide de la dissolution de l'or dans l'eau régale, on redissolvait le per-chlorure d'or dans l'eau, et on agitait ensuite la liqueur avec de l'éther sulfurique qui enlevait l'or et surnageait avec lui. On appliquait avec une brosse l'éther aurifère sur le fer ou l'acier bien brunis, et brunissant de nouveau on chassait tout l'éther par la chaleur développée par le frottement, et on fixait ainsi l'or. Une autre méthode, peu supérieure, consistait à appliquer des feuilles d'or avec le brunissoir sur le fer, l'acier ou le cuivre chauffés à la température qui donne à l'acier l'aspect bleuâtre. Enfin, on exécutait la dorure au bouchon; on dissolvait dans l'eau régale 60 parties d'or fin, et 42 p. de cuivre; puis on versait la dissolution sur des chiffons de toile, de telle sorte qu'elle fût tout entière absorbée; on brûlait ensuite les chiffons séchés, et on obtenait une cendre qu'on appliquait avec un bouchon, sur les pièces dérochées, décapées, et brunies; on brunissait de nouveau quand on trouvait la surface suffisamment recouverte. Nous pensons que ces détails encore fort utiles à connaître, en 1841 ou 1842, n'auront plus désormais qu'un intérêt historique.

Argenture. L'argenture galvanique a peut-être encore plus d'importance que la dorure; elle se substitue certainement à l'argenture à l'amalgame, au ponce, à la voie humide (voir le mot ARGENTURE) et au plaqué; elle peut s'appliquer à tous les métaux, ce qu'on n'obtenait pas par les anciens procédés. En ce moment on la pratique sur une échelle très étendue pour recouvrir le maillechort. Cet alliage déjà blanc, étant recouvert d'une couche d'argent suffisamment épaisse, donne des couverts qui remplacent, au point qu'on s'y méprend, les couverts d'argent. 60 grammes d'argent par douzaine de couverts suffisent pour garantir le maillechort durant 4 à 5 ans d'usage.

Pour pratiquer l'argenture galvanique, on prépare les pièces par les mêmes moyens que nous avons indiqués pour la dorure. On prépare les bains de la même manière en remplaçant seulement le cyanure d'or ou l'oxyde d'or par le cyanure d'argent ou l'oxyde d'argent. On peut aussi employer, dit-on, un grand nombre de dissolutions variées; voici celles qui n'ont point d'analogues dans la dorure :

400 parties d'eau distillée, 40 de cyanure de potassium, 4 de carbonate d'argent;

400 d'eau distillée, 40 de cyanure de potassium, 4 de ferro-cyanure d'argent;

400 d'eau distillée, 40 d'hypo-sulfite de soude cristallisé, ou de potasse, de chaux, de baryte, de strontiane, 4 de chlorure d'argent sec;

400 d'eau distillée, 40 d'hypo-sulfite de soude, 4 de phosphate d'argent;

400 d'eau distillée, 44 d'hypo-sulfite de soude, 3 d'oxyde d'argent sec;

La même dissolution où l'on remplace l'oxyde d'argent par la même quantité de borate ou de tartrate d'argent;

400 d'eau distillée, 45 de ferro-cyanure jaune de potassium, 4 de borate d'argent;

Les pièces argentées sont d'un blanc parfait au sortir du bain, mais elles deviennent ternes et souvent jaunâtres si on n'y applique pas un mat particulier. Voici celui imaginé par M. Mourey.

On fait dissoudre, au moyen de la chaleur, du borax dans de l'eau, de manière à en former une bouillie claire, où on plonge les pièces qui en sortent recouvertes d'une couche de borax. On les expose ensuite à une température rouge cerise dans une moufle. On laisse refroidir les pièces, on les plonge dans une eau aiguisée d'acide sulfurique, et on les sèche.

DORURE.

Pour argenter le fer, l'acier, le zinc, l'étain, il est préférable de cuivrer d'abord légèrement. Pour l'acier, il est nécessaire de passer les pièces décapées dans le nitrate de mercure.

Préparation du cyanure de potassium. Pour obtenir économiquement du cyanure de potassium simple propre à faire les dissolutions aurifères ou argentifères, il suffit de calciner au rouge, dans un creuset, du cyano-ferrure jaune de potassium, ou prussiate jaune du commerce. Après la calcination, on pile le sel et on obtient une matière pulvérulente que l'on conserve jusqu'au moment de s'en servir. Pour faire un bain, on traite cette matière par l'eau, qui ne dissout que le cyanure de potassium; on filtre la liqueur, qui est un dissolvant très convenable à la préparation des bains.

Moyen d'assurer la perpétuité des bains. L'emploi des anodes solubles placés au pôle positif de la pile, c'est-à-dire de plaques d'or ou d'argent qui se dissolvent à mesure que, au pôle négatif, de l'or ou de l'argent se déposent sur les objets à recouvrir, ne suffit pas pour assurer la perpétuité des bains. En effet, par suite du passage du courant électrique, il se forme de l'acide carbonique, et conséquemment du carbonate de potasse. La conductibilité de la liqueur pour l'électricité change ainsi beaucoup, en même temps que dans les bains d'argent il se précipite du carbonate d'argent. Une addition de cyanure de potassium ferait bien disparaître ce dernier inconvénient, mais elle ne ferait aussi que rendre plus difficile le passage du courant électrique; le dépôt métallique n'aurait donc lieu que dans de mauvaises conditions. Il fallait trouver le moyen de faire disparaître l'acide carbonique, tout en le remplaçant par une quantité suffisante d'acide cyanhydrique. M. de Ruolz, dans cette vue, avait proposé d'ajouter ce dernier acide en nature, mais il se décompose facilement dans l'eau en carbonate d'ammoniaque, dont la présence est très nuisible; la question n'était donc pas résolue. Un ouvrier, M. Duchemin, a imaginé de verser dans les bains une dissolution de cyanure de calcium; l'acide carbonique est précipité par ce sel à l'état de carbonate de chaux; il se régénère une quantité équivalente de cyanure de potassium, et il ne se forme pas de carbonate d'argent. Depuis cette heureuse innovation, on n'a, pour ainsi dire, à pourvoir qu'à la perte causée par l'évaporation des bains.

Théorie de la dorure et de l'argenture galvaniques. On a beaucoup discuté sur la question de savoir quel était, dans les bains d'or ou d'argent, le véritable agent de l'opération. La nature de l'agent décomposé par la pile change-t-elle lorsqu'on substitue au cyanure simple de potassium (prussiate blanc) le cyano-ferrure de potassium (prussiate jaune), ou le cyano-ferride de potassium (prussiate rouge)? La question a été résolue d'une manière heureuse par M. Henri Bouilhet, ancien élève de l'école centrale des arts et manufactures, directeur actuel des ateliers de dorure et d'argenture de M. Christophe. M. Bouilhet a constaté que les bains d'argent préparés, soit avec le cyano-ferrure, soit avec le cyano-ferride de potassium, contiennent précisément le sel double produit dans des circonstances semblables, par le cyanure de potassium, c'est-à-dire du cyanure double de potassium et d'argent (KCy, AgCy).

Voici ce qui se passe dans ces trois circonstances :

1° Quand on mélange du cyanure d'argent avec du cyanure de potassium, le sel double se forme immédiatement.

2° Quand on mélange du cyanure d'argent avec du cyano-ferrure de potassium, quoique l'on ait employé des sels neutres, la liqueur devient immédiatement alcaline, et il se forme du cyanure de potassium et du cyano-ferrure d'argent; ce dernier sel se décompose par

DORURE.

Ébullition en cyanure de fer et en cyanure d'argent. Ce cyanure d'argent ainsi formé se combine avec le cyanure de potassium d'abord produit, et on obtient le sel double en question.

3° Si on met en contact du cyanure d'argent avec du cyano-ferride de potassium, il se forme du cyano-ferride d'argent et du cyanure de potassium; le cyano-ferride d'argent se décompose ensuite en sesqui-cyanure de fer et en cyanure d'argent, et le cyanure double d'argent et de potassium se forme immédiatement.

Quand on substitue au cyanure d'argent un autre sel, tel que du chlorure ou de l'azotate, etc., la réaction est un peu différente, mais aboutit toujours au même résultat. Le cyanure double de potassium et d'argent est toujours le résultat final de l'opération. En général, dans tous les procédés d'argenter galvanique proposés, la substitution d'un équivalent à un autre ne change pas les réactions; on argente toujours par les mêmes principes; on forme un sel double d'oxyde d'argent et d'une base alcaline, lequel s'il est double est décomposé par la pile. La formation de ce sel double fait le mérite de l'invention de M. Elkington. On a cherché à changer, tantôt l'acide, tantôt la base, à substituer à l'acide cyanhydrique de l'acide hyposulfureux, par exemple, et à la potasse de l'ammoniaque. Ce sont là des changements de forme qui, selon nous, n'ont aucun mérite et qui ont seulement pour but d'essayer de tourner les difficultés d'un brevet d'invention qu'on ne peut faire tomber dans le domaine public.

L'emploi de sels doubles pour l'argenter avait été essayé anciennement, mais dans de mauvaises conditions. On fait plutôt un blanchiment à l'argent qu'une véritable argenterie, en trempant des objets de cuivre ou de laiton décapés dans un mélange de chlorure d'argent et de sels divers où dominent le chlorure de sodium. En Italie on a essayé, après les travaux de Drugnatelli, à se servir de dissolutions ammoniacales d'argent pour argenter avec la pile; ces dissolutions sont trop instables pour présenter de l'avantage. Dans le courant de 1840, M. Battger, chimiste de Francfort, a fait quelques nouveaux essais dans ce genre avec du nitrate double d'argent et d'ammoniaque, avec un léger excès d'ammoniaque; ces essais ont échoué. Nous croyons que les efforts tentés récemment par MM. Emile Thomas et Delille, dans la même voie, ne sont pas plus heureux. Ces messieurs pensent avoir fait une découverte en montrant que l'alcalinité n'était pas une condition essentielle de l'argenterie, parce qu'un acide faible, tel que l'acide sulfureux, ne l'empêchait pas de se produire. Cette expérience avait été faite avant eux par M. Roseleur. La vérité est qu'un acide faible, comme l'acide sulfureux et l'acide acétique, ne font absolument rien dès que le sel double s'est constitué. Cet acide faible est inutile, s'il n'est pas absolument nuisible. Le procédé de MM. Emile Thomas et Delille est le suivant, d'après leur propre description: « A. Faites bouillir de la chaux éteinte et du soufre en poudre en quantité convenable dans l'eau, jusqu'à formation suffisante de polysulfure de calcium; filtrez. B. Faites passer dans la liqueur claire A un courant d'acide sulfureux, jusqu'à décoloration et saturation fortement acide. C. Précipitez la chaux dans la liqueur B, par addition successive de carbonate d'ammoniaque jusqu'à réaction alcaline; lavez pour ne rien perdre après avoir filtré. D. Faites passer dans la liqueur claire C un courant d'acide sulfureux, jusqu'à réaction franchement acide. La liqueur D sera un mélange d'hyposulfite acide, de bisulfite d'ammoniaque et d'acide sulfureux; elle dissoudra très rapidement à froid les oxydes ou sels d'argent, et donnera immédiatement une bonne argenterie au trempé ou à la pile. * Il nous est impossible de voir

DORURE.

autre chose dans cette préparation qu'un sel double d'argent et d'ammoniaque, très facilement décomposable à l'air, et ne présentant que des inconvénients dans la pratique.

Platinage. M. de Ruolz donne pour le platinage les cinq dissolutions suivantes; nous ne croyons pas qu'on pratique l'opération commercialement. Le platinage s'effectue sur le fer, l'acier, le cuivre, le laiton, le bronze et aussi sur l'étain, mais par l'intermédiaire d'une couche de cuivre.

400 parties d'eau distillée, 4 de chlorure de platine, 2 de cyanure de potassium, en joignant une chaleur de 80 à 90 degrés à l'action de la pile;

400 d'une dissolution de potasse marquant 40 degrés à l'aréomètre, et du chlorure double de platine et de potassium, récemment précipité, et à l'état humide, en quantité équivalente à 4 parties du même chlorure sec;

400 d'eau distillée, 4 de chlorure de platine sec, et ajouter peu à peu de la soude caustique jusqu'à ce que la liqueur soit franchement alcaline;

200 d'eau distillée, 20 d'iodure de potassium, 4 de chlorure de platine sec;

Pour le laiton, le cuivre et le bronze seulement: 4 parties de chlorure double de platine et d'ammoniaque sec, 60 d'eau distillée, 30 d'acide hydro-chlorique pur, et après avoir fait bouillir durant dix minutes, ajouter 50 d'eau distillée, et filtrer.

Cuivrage. Pour cuivrer tous les métaux, on emploie: 400 d'eau distillée, 4 de cyanure de cuivre, 4 de cyanure de potassium;

450 d'eau distillée, 24 de cyanure de potassium sec, 4 de chlorure de cuivre cristallisé;

5000 d'eau distillée où on ajoute, en faisant bouillir, du bi-tartrate de potasse cristallisé jusqu'à saturation, et du carbonate de cuivre, jusqu'à ce qu'il ne se produise plus d'effervescence; on ajoute encore 5000 parties d'eau et on laisse refroidir.

Pour cuivrer le fer et l'étain seulement, on peut employer les bains suivants:

400 d'eau ordinaire, 4 de bi-oxalate de potasse, 7 de bi-oxyde de cuivre;

400 d'eau distillée, 10 d'hypo-sulfite de soude cristallisé, 4 de nitrate de cuivre.

Pour cuivrer le fer seulement:

Du carbonate de cuivre par petites portions jusqu'à saturation d'une solution concentrée de bi-carbonate de soude ou de potasse;

400 d'eau distillée, 40 d'hypo-sulfite de soude, 4 de sulfate de cuivre cristallisé.

Cuivrage jaune. 4500 d'eau distillée, 430 de cyanure de potassium, 43 de cyanure de cuivre, 43 de cyanure de zinc.

Bronzage. 500 d'eau, assez de cyanure de potassium pour que la liqueur marque 4 degrés à l'aréomètre, la température étant de 45 à 20 degrés, 25 de cyanure de cuivre, 8 de bi-oxyde d'étain. Au pôle positif de la pile, une lame de bronze composée de 85 de cuivre et 15 d'étain.

Zincage pour le fer, le bronze et le laiton. 400 d'une dissolution de potasse ou de soude marquant 35 degrés à l'aréomètre, 4 d'oxyde de zinc sublimé, 50 d'eau distillée;

400 d'eau distillée, 40 de sulfate de zinc, 5 de sel marin, et ajouter un léger excès d'acide sulfurique pour obtenir une plus belle couleur;

Dans une dissolution de soude à la chaux marquant 45 degrés, dissoudre par l'ébullition autant d'oxyde ou de chlorure de zinc que possible;

Mêler à froid, poids égaux d'une solution de chlorure de zinc à 39° et d'une solution de sel marin à 25°, ou bien d'une dissolution de sel ammoniac à 8°.

Les sels de zinc peuvent être mélangés, sans inconvénient, de parties égales des sels analogues de fer,

DORURE.

Nous devons rappeler que M. Sorel a été breveté pour les dissolutions précédentes ou des dissolutions analogues, avant ou concurremment avec M. de Ruolz.

Plombage sur cuivre, laiton, fer. Employer une solution de potasse ou de soude à la chaux, à 30° de l'aréomètre, et de protoxyde de plomb (massicot) en quantité égale au vingtième de l'alcali employé.

Stamage. 400 d'une solution de soude caustique à 40° de l'aréomètre, et 5 de protochlorure d'étain cristallisé.

Nickelage du cuivre, du laiton, du bronze. 400 d'eau distillée, 40 de cyanure de potassium, 4 de cyanure ou de carbonate de nickel; 35 de chlorure de nickel sec, 500 d'eau, 4450 d'une solution d'hydro-chlorate d'ammoniaque à 40°.

Pour nickeler le fer, il est bon de le recouvrir préalablement d'une couche de cuivre.

Cobaltisage du cuivre, du laiton, du bronze et du fer; 400 d'eau distillée, 40 de cyanure de potassium, 4 de cyanure ou de carbonate de cobalt; 200 d'une solution de chlorure de cobalt à 30°, 300 d'eau et 500 d'une solution de sel ammoniac à 40°.

Le nickelage et le cobaltisage n'ont pas été, à notre connaissance, pratiqués commercialement. Le nickel et le cobalt jouissant de propriétés remarquables, d'une belle couleur, d'une grande résistance à l'air, devront donner lieu par la suite à d'importantes applications.

Tel est l'ensemble des procédés généraux d'application des métaux les uns sur les autres à l'aide de l'action décomposante de la pile sur les dissolutions des métaux à déposer. Ces procédés sont encore incomplets sans doute; il y a trop peu de temps qu'ils ont été découverts et qu'ils sont employés industriellement pour qu'on puisse faire un choix absolument certain parmi toutes les nombreuses dissolutions que nous avons indiquées. Mais il ne se passera pas longtemps avant que ces procédés sortent de l'état d'empirisme.

Après avoir parlé longuement de l'application des métaux sur d'autres métaux plus oxydables pour préserver ceux-ci de l'influence des agents atmosphériques, nous devons dire quelques mots de la tentative faite par M. Becquerel, pour substituer aux métaux déposés, des oxydes inaltérables, tels que les peroxydes de plomb et de fer; tentative qui a mené ce physicien à la découverte de colorations très remarquables, dont on a pu voir, à la dernière exposition de l'industrie, plusieurs échantillons, tels que boutons et fleurs. Toutefois, le dépôt des couleurs ne se fait encore qu'au hasard, de telle sorte qu'on n'est pas maître des effets produits.

On dissout dans un ballon 200 grammes de potasse caustique dans 2 litres d'eau distillée; on y ajoute 450 gram. de litharge, on fait bouillir pendant une demi-heure et on laisse reposer la dissolution. On verse cette dissolution froide, étendue de son volume d'eau, dans un vase cylindrique en porcelaine dégourdie. Ce vase est plongé dans un bocal contenant de l'eau acidulée par 1/20 de son poids d'acide nitrique environ, dans laquelle plonge une lame de platine communiquant avec le pôle négatif d'une pile faible. Le pôle positif est mis en relation avec la pièce à recouvrir d'oxyde. Il ne faut qu'un couple voltaïque ou deux, et on doit suivre l'opération attentivement, car elle ne dure quelquefois qu'une minute et encore moins. Les pièces sont en or ou en cuivre doré, de telle sorte qu'on obtient sur le jaune successivement les teintes rouge clair, rouge de feu, rouge foncé, violet, bleu, et enfin des teintes très foncées. Il faut retirer continuellement les pièces du bain, afin de pouvoir obtenir les teintes que l'on a en vue. Si l'action galvanique est trop forte, si se forme du protoxyde hydraté de plomb, qui se précipite en flocons jaunes dans la dissolution, sans production de couches colorées. Il est donc nécessaire, dit M. Becquerel, de

DORURE.

surveiller à chaque instant l'opération, qui est si facile que l'on peut agir sur un grand nombre d'objets en peu de temps, et toujours avec un égal succès. On augmente ensuite l'éclat des couches déposées par le bruni, qu'elles supportent très bien parce qu'elles ont une très grande adhérence.

DORURE SUR BOIS. Les procédés de dorure sur bois s'appliquent aussi au plâtre, à la pierre, au carton pâte, etc.

Dorure à l'huile. La dorure à l'huile est ainsi nommée parce qu'on se sert principalement d'huile comme fluide; elle est très employée pour toutes sortes d'ornements:

I. **Procédé de dorure pour les dômes, les combles des églises, les statues, les grilles, les balcons, les rampes d'escaliers, etc.**

1° On donne une couche d'impression, c'est-à-dire une couche de blanc de céruse, d'abord broyé à l'huile de lin, dans laquelle on a fait bouillir de la litharge, et ensuite détrempé avec de l'huile de lin dans laquelle on a mis un peu d'huile grasse et très peu d'essence de térébenthine. Trois ou quatre couches doivent être ensuite données avec de la céruse broyée fin à l'huile et détrempée à l'essence sur les ornements et les parties qui doivent être dorées avec le plus de soin.

2° On applique un mordant sur les pièces. Le mordant se compose d'or-couleur et d'huile cuite dégraissée, mêlés en proportion égale. L'or-couleur n'est pas autre chose que le reste des couleurs broyées et détrempées à l'huile qui se trouvent dans le vase où les peintres nettoient leurs pinceaux, et qu'ils nomment *pinceliet*. Cette substance grasse et gluante est bien broyée et passée à travers un linge fin.

3° Quand le mordant est assez sec pour happer l'or en feuilles, on doit étendre les feuilles sur un coussin, les couper en morceaux et les appliquer soigneusement avec du coton; dans les fonds on fait pénétrer l'or avec un pinceau de poil de putois;

L'opération est terminée, si les dorures sont exposées en dehors, comme sur les balcons, les grilles, les statues, etc. Si les dorures sont destinées aux intérieurs des appartements, on les vernit.

4° Un ouvrier étend sur la couche d'or un vernis à l'esprit de vin, tandis qu'un autre ouvrier le suit en promenant sur les pièces un réchaud sans s'arrêter au même endroit de crainte de faire bouillonner le vernis. Cette chaleur fait revenir l'or, en rendant le vernis transparent. On applique ensuite un vernis gras.

Quand on veut dorer un marbre, on se dispense de mettre les couches d'impression; on lessive, on met une couche de vernis gras à polir, une couche de mordant et on dore.

II. **Procédé de dorure pour les équipages, les meubles, les cadres, etc.**

1° On donne une couche d'impression avec une mixture ainsi préparée: on broie séparément, et très fin, 2 parties de céruse, 4 p. d'ocre jaune et un peu de litharge, on détrempe le tout avec de l'huile grasso coupée d'essence de térébenthine.

2° La couche d'impression étant sèche, on donne 10 ou 12 couches de *teinte dure*, céruse calcinée à l'huile grasse et détrempée avec l'essence. On laisse s'écouler un jour entre l'application de chaque couche; on met assez de couches pour bien masquer les pores du bois.

3° On adoucit d'abord avec une pierre ponce et de l'eau, ensuite avec un serge et de la ponce en poudre très ténue, jusqu'à ce que la teinte dure soit unie comme une glace.

4° On donne avec une brosse de poil de blaireau 4 ou 5 couches au moins, et quelquefois jusqu'à 12 couches d'un vernis à la laque, en promenant doucement le réchaud.

DORURE.

5° Le vernis étant sec, on *polit* d'abord avec de la *prêle*, ensuite avec de la potée d'étain ou du tripoli détrempé dans l'eau.

6° On donne une très mince couche d'or-couleur.

7° On pose l'or au livret sur l'or-couleur suffisamment sec, ou ouvrant un livret d'or, posant le bord de la feuille sur le mordant, et la lâchant quand elle est appliquée.

8° On époussette l'or avec une brosse plate de blaireau, et on laisse sécher plusieurs jours.

9° On pose un vernis à l'esprit de vin, comme dans le premier procédé.

10° On donne sur ce premier vernis, quand il est bien sec, deux ou trois couches d'un vernis gras, au copal, en laissant deux jours d'intervalle entre chaque couche.

11° Enfin, on *polit* avec un serge imbibé de tripoli et d'eau, et on lustre avec la paume de la main, frottée d'un peu d'huile d'olive.

En Angleterre, on ne met pas de vernis, mais on brunît les feuilles d'or avec de l'agate ou une dent de chien.

Dorure en détrempe. On dore en détrempe sur le bois, le plâtre et le marbre, dans des ateliers où on peut se garantir des grandes chaleurs et de l'humidité. Le procédé complet pour avoir une bonne dorure se compose de 12 opérations successives; souvent, on se dispense de quelques-unes, mais alors on obtient un ouvrage d'une mauvaise qualité.

1° *Encollage.* Cette opération a pour but de dégraisser et en même temps de préserver le bois de la piqûre des vers. On fait bouillir dans un litre d'eau une poignée de feuilles d'absinthe et deux ou trois têtes d'ail. Le liquide étant réduit à moitié est passé dans un linge, et alors on lui ajoute une demi-poignée de sel de cuisine et 2 décilitres de vinaigre. Sur le marbre, on ne met pas de sel, lequel présente des inconvénients dans les lieux humides.

2° On apprête de blanc successivement avec 10 ou 12 couches de blanc d'Espagne tamisé très fin, et mêlé à de la colle de parchemin très forte. On n'applique une couche qu'autant que la précédente est sèche. On adoucit légèrement avec une brosse la dernière couche donnée un peu chaude et plus claire que les précédentes.

3° On rebouche les petits creux et défauts qui se trouvent dans le bois avec un mastic formé de blanc et de colle pétris ensemble, qu'on appelle *gras blanc*; on passe ensuite une peau de chien, et on ôte les barbes du bois.

4° On adoucit la surface mouillée par petites parties avec de l'eau très fraîche, au moyen de pierres ponces plates ou arrondies, et de petits bâtons très minces afin d'aller dans toutes les moulures.

5° On répare la sculpture pour donner à l'ouvrage toute sa perfection artistique.

6° On dégraisse, c'est-à-dire qu'on lave avec une éponge douce.

7° On frotte avec de la *prêle* les parties unies, afin de les rendre plus douces, en ayant soin de ne pas user le blanc.

8° On met ensuite une couche de *jaune* afin de remplir les fonds où quelquefois l'or ne peut pénétrer; cette couche sert aussi de mordant. Ce jaune se prépare avec un quart de litre de colle de parchemin, dans laquelle on délaie 60 grammes d'ocre jaune broyé très fin à l'eau. On laisse reposer et on décante la liqueur qu'on fait chauffer et qu'on applique chaude avec une brosse douce.

Quand le jaune est sec, on *égraine*, c'est-à-dire qu'on frotte légèrement avec de la *prêle* tout l'ouvrage pour en ôter tous les grains et les inégalités.

10° On donne ensuite trois couches d'*assiette* avec une brosse de soie de porc, longue et mince, en évitant

DORURE.

d'en mettre sur les fonds. C'est sur l'*assiette* qu'on pose l'or; elle se compose de 500 grammes de bol d'Arménie, 60 grammes de sanguine, et autant de mine de plomb. Ces substances broyées séparément à l'eau sont mélangées et rebroyées avec une cuillerée d'huile d'olive. On détrempe ensuite la matière dans de la colle de parchemin légère et tamisée, et on l'applique un peu chaude.

11° On frotte avec un linge sec, quand les couches d'*assiette* sont bien sèches, les parties qui doivent rester mates. Dans les parties qui doivent être bruniées, on donne de nouveau deux couches de la même assiette détrempée à la colle, à laquelle on ajoute un peu d'eau.

12° L'ouvrage étant alors bon à dorer, on découpe les feuilles d'or sur le coussin du doreur; on mouille l'ouvrage avec de l'eau pure et très fraîche, et on applique les feuilles avec un pinceau, en ayant soin qu'il y ait dessous une légère couche d'eau. Avec un pinceau sec, on retire l'eau en excès, quand la feuille d'or est appliquée.

13° On brunît avec le brunissoir d'hématite.

14° On *matte*, en passant légèrement une couche de colle sur les endroits qui ne doivent pas être brunis.

15° Si, tandis qu'on dore, on a oublié de mettre de l'or dans de petits fonds, ou si on a enlevé quelques parties d'or, en grattant, on *ramende*, c'est-à-dire qu'on pose de petits morceaux d'or, après avoir mouillé la place. Le ramendage ayant séché, on passe un peu de colle sur les endroits touchés.

16° On passe ensuite sur l'ouvrage, pour donner à l'or un beau reflet, une couche de *vermeil*. Pour faire le vermeil, on met bouillir, dans un litre d'eau, 60 grammes de rocou, 30 de gomme-gutte, 30 de vermillon, 15 de sang-dragon, 30 de cendres gravelées et 4 de beau safran. Quand par l'ébullition à petit feu la liqueur est réduite au quart, on la passe à travers un tamis de soie ou de mousseline. Avec un pinceau très doux, on glisse légèrement du vermeil sur tous les refends, les carrés et les petites épaisseurs.

17° Enfin, sur les parties mates, on passe une seconde couche de colle à matter plus chaude que la première, et la dorure est terminée.

On peut facilement varier les tons de la dorure, les faire, par exemple, d'*or vert* ou d'*or citron*. On ne change rien aux huit premières opérations que nous venons de décrire. Seulement au lieu de tout jaunir, on réserve en blanc les parties que l'on veut mettre en or vert ou en or citron.

Pour l'or vert, on donne sur le blanc réservé une couche d'une mixture de blanc de céruse broyé très fin à l'eau, d'un peu de bleu de Prusse et de jaune dit *stil de grain*, également bien broyés. On détrempe le mélange avec la colle de parohemin, on laisse reposer et on se sert de la liqueur décantée.

Pour l'or citron, on ne mêle à la céruse que le stil de grain.

Ces fonds appliqués, on continue comme précédemment; seulement l'ouvrage fini, il faut faire aussi des vermeils verts ou citrons, ce à quoi l'on réussit en introduisant dans le vermeil ordinaire de la gomme-gutte et du bleu de Prusse.

Il arrive quelquefois qu'on désire avoir des fonds sablés dans des parties dorées d'*or brunî*. Pour les obtenir on passe une couche du blanc précédemment décrit sur les endroits qui doivent être sablés, et on les saupoudre ensuite du sable fin passé au tamis; on retourne les pièces et on les frappe légèrement pour faire tomber le sable qui ne tient pas. Quand la pièce est sèche, on passe une nouvelle couche de blanc et on peut ensuite jaunir et continuer comme précédemment.

On argente en détrempe, absolument comme on

dorc; seulement on ne jaunit pas, on applique directement sur le blanc les feuilles d'argent.

DORURE DES LIVRES. On dore sur le vélin en y plaçant une légère couche de gomme sur laquelle on couche ensuite la feuille d'or qui s'y colle et qu'on brunite avec de l'agate.

On dore la tranche d'un livre relié, collé, rogné et poli, et fortement serré dans la presse à rognier, en lui donnant une légère couche de blanc d'œuf battu, et on laisse sécher. On donne ensuite une légère couche de la composition suivante : on broie à sec et ensemble parties égales de bol d'Arménie et de sucre candi, on y ajoute un peu de blanc d'œuf bien battu et on broie de nouveau. Quand cette couche est sèche, on râcle et on polit; puis avant d'appliquer l'or, on mouille la tranche avec un peu d'eau pure, et on appuie les feuilles d'or avec un pinceau. On polit avec la dent de loup, lorsque les feuilles sont sèches.

Pour imprimer des lettres d'or sur la couverture des livres, dont la reliure est terminée, on passe du blanc d'œuf battu sur les places que l'on veut dorer, et ensuite la composition dite assiette décrite au n° 40 du procédé de dorure en détrempe; on applique l'or en feuilles et on le fixe au moyen d'instruments qu'on appelle fers, et qui sont en cuivre gravés en relief. On fait chauffer ces fers, et partout où ils touchent, l'or est fixé invariablement. L'or excédant est enlevé par du coton. (Voir le mot **RELIURE**).

DORURE SUR CUIR. Autrefois on pratiquait beaucoup la dorure des cuirs pour tentures des appartements. On employait le plus souvent les peaux de mouton battues et convenablement détrempées. Après leur avoir donné une forme régulière, on les recouvrait de deux couches de colle de parchemin avec la paume de la main, et on appliquait par-dessus des feuilles d'argent qu'on tampoignait avec une queue de renard. L'argenture faite, on n'y mettait pas d'or, mais bien un vernis, une couleur d'or dont voici la composition : 2 kilogr. 500 d'arcançon, autant de résine ordinaire et de sandaraque et 4 kilogr. d'aloès, le tout concassé; on chauffait sur un feu de charbon dans un pot de terre jusqu'à fusion, alors on versait sept litres d'huile de lin et on remuait constamment jusqu'à ce que le vernis eût la consistance d'un sirop épais. On étendait le vernis sur le cuir avec les doigts et on l'égalisait avec la paume de la main. On imprimait ensuite les peaux en relief.

DORURE SUR PORCELAINE. Quoique la dorure sur porcelaine paraisse, au premier abord, être un cas particulier de la décoration des poteries, nous allons exposer ici les procédés de son application, parce qu'ils n'ont pas une connexion aussi étroite qu'on le croit généralement avec la fabrication même de la porcelaine. C'est encore une couche très mince du métal précieux qui recouvre les objets, afin qu'ils aient l'apparence d'être faits intégralement en or. Pour qu'un métal puisse être étendu sur les poteries, il faut qu'il soit malléable et qu'ensuite il soit inaltérable par l'action du feu et de l'air. Quatre métaux seuls jouissent plus ou moins de ces propriétés; ce sont l'or, le platine, l'argent et le cuivre. Toutefois, les vapeurs sulfureuses répandues dans nos habitations altèrent promptement l'éclat et la couleur du cuivre et de l'argent, il en résulte que le cuivre n'est employé que comme lustre, et que l'usage de l'argent pour cet objet est fort limité; nous avons cependant vu fabriquer en Allemagne une assez grande quantité de tasses et de soucoupes argentées. Nous nous occuperons spécialement de l'application de l'or et du platine. L'excellent ouvrage si complet, qu'a publié il y a quelques années M. Alex. Brongniart, l'illustre directeur de la manufacture royale de Sèvres, nous permettra de traiter complètement la question.

On applique les métaux réduits en poudre très fine par le pinceau, à la manière des couleurs. On recuit en-

suite les pièces à la moufle, et enfin on brunite ou on lustre selon l'épaisseur que l'on veut donner à la couche. Le lustre ne consiste qu'en une couche d'une minceur telle que les métaux réfléchent quelquefois les couleurs de l'iris. La couche doit être beaucoup plus épaisse, lorsqu'elle doit supporter le brun. Nous distinguerons trois opérations dans l'application des métaux sur les poteries, la préparation des métaux, leur application et leur cuisson, enfin le brunissage ou le polissage.

1° **Préparation des métaux.** Nous allons d'abord nous occuper de la préparation des poudres métalliques propres à donner des couches susceptibles d'être brunies.

A. **Préparation de l'or.** On prépare la poudre d'or en la précipitant de la dissolution d'or dans l'eau régale, soit par le sulfate de fer, soit par le proto-nitrate de mercure, soit par des procédés mécaniques qui donnent l'or en coquilles.

1° **Par le sulfate de fer.** C'est le procédé qui donne les dorures les plus solides, quoique les plus chères. On dissout 400 grammes d'or dans 4800 grammes d'eau régale formée de deux parties en poids d'acide hydrochlorique du commerce pour une partie d'acide nitrique ordinaire. On laisse la dissolution se faire toute seule, on l'étend d'une grande quantité d'eau, et on y verse, jusqu'à ce qu'elle ne précipite plus, une dissolution très étendue de sulfate de protoxyde de fer récemment préparée et filtrée. On laisse le précipité se rassembler au fond du vase, on décante et on lave à l'eau bouillante. On dessèche ensuite lentement au bain-marie.

2° **Par le nitrate de mercure.** On traite 450 grammes de mercure distillé par 400 grammes d'acide nitrique ordinaire, sans aucune addition et en laissant la réaction s'opérer lentement et autant que possible sans le secours de la chaleur. On dissout en même temps 25 grammes d'or dans 450 grammes de la même eau régale que dans la première préparation. On verse dans cette dernière dissolution, la première, tandis que les liqueurs sont encore à la température à laquelle elles ont été portées par suite de la chaleur développée dans l'action chimique. Le mélange se trouble et dépose de nombreux flocons d'or métallique d'une couleur brun-jaune. On lave le précipité à l'eau bouillante et on le dessèche au bain-marie.

3° **Or en coquilles.** On broie des feuilles d'or battu sur une glace avec du miel, du sucre, du sel marin ou tout autre divisant que l'eau puisse facilement enlever; un homme exercé à ce travail ne peut broyer que 60 grammes d'or en un jour. Quand l'or est broyé, on le met dans un vase avec de l'eau bien chaude. et on agite pour dissoudre toutes les matières solubles dans l'eau. On met ainsi en suspension dans l'eau les parcelles d'or les plus ténues; on décante l'eau chargée de l'or le plus fin en laissant au fond du vase l'or qui l'est moins; on continue ce lavage en décantant jusqu'à ce que tout le divisant soit emporté. On laisse déposer l'or des eaux de lavage, on décante l'eau claire, et on sèche le précipité au bain-marie. On obtient par cette voie de l'or mat qui est très beau lorsqu'il reçoit une cuisson convenable, ordinairement inférieure à celle que l'on donne à l'or précipité; mais la façon double presque le prix de l'or. On lui donne le nom d'*or en coquilles*, parce qu'on a l'habitude de le conserver dans des coquilles de moules.

4° On prépare enfin l'or du *lustre d'or* en précipitant une dissolution d'or dans l'eau régale, par l'ammoniaque. Le composé qui se précipite est l'*or fulminant*; mais le précipité ne jouit de cette propriété que quand il est sec. On ne le fait donc point sécher, mais on le mêle humide avec de l'huile essentielle de térébenthine.

B. **Préparation du platine.** Le platine destiné à être brunie se prépare soit par dissolution, soit mécaniquement; on fait aussi du lustre de platine.

1° **Par dissolution.** On dissout le platine par l'eau

régale, et on précipite la dissolution par le sel ammoniac. Il se précipite un sel jaune composé de sel ammoniac 24,4, bi-chlorure de platine 75,9 et qui contient 44,32 de platine pour 100. On met le précipité dans un creuset de terre et on l'expose à une température incandescente. Il se dégage de l'azote, de l'acide hydrochlorique et du sel ammoniac, et le reste du platine en éponge très pur. Quand toutes les vapeurs ont cessé de se dégager, on arrête le feu, et on retire du creuset la masse spongieuse, qu'on broie très facilement.

2° Le platine en coquilles se prépare exactement comme l'or; il offre un brillant métallique assez vif et inaltérable.

3° Le lustré de platine se compose simplement d'une dissolution concentrée de chlorure de platine mêlée avec de l'essence de lavande.

II. *Application des métaux.* L'or et le platine, mis en ornements où en fond sur les poteries doivent y être fixés par l'action du feu, mais cette action ne suffirait pas pour les faire adhérer sur les poteries dont les glaçures sont terreuses; comme la porcelaine dure, quelques grès, etc., parce que ces glaçures ne se ramollissent pas à la température convenable à la cuisson des métaux. On ajoute un fondant qui sert de lien entre le métal et la poterie.

Le fondant le plus convenable est l'oxyde de bismuth précipité par l'eau de sa dissolution dans l'acide nitrique. Il ne faut pas employer pour cette précipitation le carbonate de potasse, comme on le fait quelquefois; les oxydes de nickel et de cuivre que contient souvent le bismuth métallique se précipitent alors aussi; la présence de quelques millièmes de cuivre empêche l'or de donner un beau mat. On ajoute à l'oxyde de bismuth 1/42 de borax fondu. On se sert de 1/10 à 1/15 de ce fondant pour 4 d'or; on y ajoute un peu de borax pour le platine et 1/10 pour l'argent.

A Paris, on se sert aussi pour fondant d'un simple mélange de carbonate de plomb et de borax, ou d'acide borique; quelques doreurs n'emploient même que du carbonate de plomb.

L'émail ou le vernis des poteries à couvertes plombifères, telles que les faïences grossières, les faïences fines, les porcelaines tendres, etc., est un fondant suffisant pour les métaux qu'on y place.

On n'emploie pas de fondant pour les lustres.

Pour que les métaux puissent être employés au pinceau, il faut qu'ils soient, après l'addition du fondant, délayés et broyés dans un véhicule visqueux, qui est, suivant les circonstances, ou de l'essence de térébenthine mêlée d'essence grasse, ou de l'eau fortement gommée. Le broyage se fait sur une glace. On doit avoir bien soin de ne pas agréger les molécules, et de ne pas régénérer de paillettes d'or sous la molette.

Pour rendre l'or plus coulant, on y ajoute un peu de noir de fumée. Cette addition est indispensable quand on dore sur le vert de chrome au grand feu, pour qu'on puisse voir, avec moins de difficulté, les traits que l'on fait.

Les peintres doreurs se servent de pinceaux de blaireau ou de marte à poils fins et longs, qu'on peut manier sans une grande habileté pour faire des contours fins et déliés.

Lorsque la dorure est terminée, on cuit la pièce à la moufle; il faut une température un peu supérieure à celle qui est nécessaire pour la cuisson des couleurs ordinaires les plus dures. Aussi on doit, dans une bonne fabrication, cuire la dorure avant même l'ébauche d'aucune peinture.

L'inconvénient des dorures est d'être chères lorsqu'elles sont assez solides, à cause du combustible nécessaire pour la cuisson. Quand on cuit faiblement, et qu'en outre à cette première économie on ajoute celle de l'or, qu'on réduit en y mêlant de l'argent, ou en le

mettant très mince, ce qui se fait par l'emploi de l'or et mercure et par l'addition du noir de fumée, on obtient des dorures brillantes au sortir de l'atelier, mais qui n'ont presque pas de durée à l'usage. M. Rousseau vient de trouver un procédé qui permet de mettre très peu d'or sur le bord des assiettes, des tasses, etc., et cependant de lui donner une très longue durée. M. Rousseau a garanti sa propriété par un brevet d'invention.

Au lieu d'appliquer l'or au pinceau, on l'applique aussi par impression. On grave de préférence sur des planches d'acier. On emploie une huile d'impression qu'on prépare avec de l'huile de lin chauffée jusqu'à s'enflammer, puis refroidie et chauffée de nouveau, de telle sorte qu'elle absorbe du noir de fumée. On broie sur une glace cette huile avec de l'or dissous, portant son quinzième de fondant, et mélangé d'un tiers de noir de fumée. On charge la planche avec l'encre ainsi obtenue, et ensuite on tire.

On effectue le tirage de trois manières, sur papier et glaçure, sur papier et biscuit, sur gélatine.

Le premier tirage a pour but d'imprimer sur la poterie déjà revêtue de sa couverture; on tire sur papier joseph humecté convenablement; on enduit la glaçure, avec une mixture composée d'essence de térébenthine et d'un douzième de vernis de copal, et on fait sécher à l'étuve; on prend alors le papier qui porte l'épreuve de la planche, et dont on a élevé l'eau en excès, en le faisant égoutter sur une plaque de porcelaine dégraissée, et on l'applique sur la pièce, de manière que le dessin soit à la place qui lui convient; on décalque la gravure, en appuyant sur le papier avec un tampon de feutre ou un petit rouleau; le papier s'enlève avec facilité. Il faut ensuite ajouter de l'or aux empreintes qui, après le passage au feu de moufle, ne donneraient que des traits ou surfaces maigres et grenus. On met dans un petit caisson de papier à lettre, de l'or en poudre très fine et très sèche, contenant seulement 3 pour 100 de fondant et broyée à l'eau seulement; pendant que l'impression est encore visqueuse, on prend dans ce petit caisson, avec un pinceau fin, un peu de la poudre d'or, et on passe ce pinceau sur toutes les impressions qui, par leur viscosité, retiennent l'or. Avec un blaireau fin, on repasse ensuite pour enlever l'or non adhérent; on cuit enfin à la moufle et on a done le bruni.

L'impression sur papier et biscuit se fait en tirant comme précédemment, mais sur du papier ayant une telle ténacité qu'on puisse difficilement le déchirer, qui, tordu comme une corde, en acquiert la force. Qui ne sait bien le faire qu'en Angleterre. On décalque sur le biscuit des faïences fines et de la porcelaine tendre, sans aucune préparation, en appliquant la gravure sur le papier ne s'enlève que par un long séjour dans l'eau. On saupoudre d'or et on cuit, afin de chasser toute la matière grasse avant de mettre en émail ou en vernis.

L'impression à la gélatine se fait en tirant sur papier et décalquant sur une feuille de gélatine, ou en tirant directement sur gélatine. Ensuite, on applique la feuille de gélatine sur la poterie, où le dessin qui est à l'encre se fixe complètement et très nettement. On enlève la plaque de gélatine, et on saupoudre d'or.

III. *Brunissage.* L'or posé au pinceau à l'état métallique est mat après la cuisson. Quand on veut quel le mat entre dans l'ornementation, on le polit seulement par partie, ce qu'on appelle brunir à l'effet. Si l'or doit être brillant, on le brunisse plus ou le brunissant fortement et régulièrement, d'abord par un brunissage avec des brunissoirs en agate et pour terminer avec des brunissoirs en sautoir. Quand le brunissage est effectué, on nettoie les

avec du blanc d'Espagne très bien lavé, pour qu'il ne reste aucune partie sableuse.

On abrège le brunissage en Allemagne, dans les manufactures de porcelaine de Meissen et de Berlin, au moins pour les filets d'assiettes, en plaçant ces pièces sur la tête d'un *tour en l'air*, de manière à faire passer la circonférence de l'assiette sous le brunissoir tenu par l'ouvrier.

Pour les lustres d'or et de platine, on ne brunit pas; les liqueurs qui tiennent en suspension ces métaux sont étendues avec un pinceau sur le vernis des poteries, et, après qu'on a passé dans des moules de fonte à une température rouge cerise, le métal adhère et prend son brillant. On se contente d'augmenter ce brillant, en frottant fortement avec un linge. Ce genre de décoration est surtout employé à Meissen, où il a été introduit vers 1836; il a eu une grande vogue. On ne connaît généralement sa préparation que depuis 1843. Quand on emploie cet or sur le biscuit, il donne un assez beau mat et tient bien. Appliqué sur vernis, il est très brillant, mais il n'a aucune solidité.

On emploie encore quelques autres lustres qui ont eu un succès de vogue aujourd'hui passé. D'abord se présente le *lustre burgos*, qui a le chatoyant rosâtre et en même temps jaunâtre de quelques coquilles; il n'est pas opaque et laisse voir la couleur. On le prépare en fondant ensemble du soufre, de l'or et de la potasse, dissolvant le tout dans l'eau et précipitant par un acide faible. On recueille le précipité qu'on conserve à l'état de sirop épais dans de l'essence de lavande. On le broie avec une petite quantité de fondant, et on l'étend en couches très minces sur le vernis de la poterie à laquelle il est destiné. La cuisson suffit pour lui donner son éclat.

Le *lustre cantharide* s'obtient en faisant un mélange de vernis vitrifiable et plombifère ou verre de plomb, d'un peu d'oxyde de bismuth et de chlorure d'argent, qu'on applique au pinceau. On passe la pièce de poterie au feu de moufle, et lorsqu'elle est rouge, on l'expose à la fumée d'un combustible minéral ou végétal. L'argent et le plomb étant ainsi revivifiés, les parties lustrées prennent toutes les couleurs vertes, rougeâtres, bleuâtres de l'iris.

On ne connaît pas bien la manière de faire le *lustre de litharge* et le *lustre cuivreux*. Le lustre de litharge ne se voit que sur les poteries très grossières venant de l'orient de l'Allemagne. C'est un lustre ayant un éclat métallique d'or recouvert de teintes irisées ou le jaune dominé. M. Brongniart pense que c'est un vernis très chargé d'oxyde de plomb dont on a revivifié le métal par l'enfumage.

Le lustre cuivreux se trouve principalement sur les falènes communes d'Espagne, de Marcassen près Valence; il offre l'aspect et le chatoyement rosâtre et jaunâtre du lustre burgos, mais un peu plus purpurin; son éclat et sa richesse ne le cèdent en rien à ceux qu'on obtient avec l'or lui-même. M. Brongniart pense qu'il se compose d'une pellicule inappréciable de silicate de protoxyde de cuivre. Il l'a reproduit de la manière suivante qu'il doit être fort analogue à celle employée à Valence. Ayant fait rougir dans une petite moufle des tessons de faïence, il a introduit, par une petite ouverture de papier contenant de l'oxyde de cuivre et a refermé aussitôt, etc. batement bien toutes les ouvertures, il a laissé refroidir. Lorsqu'on vint à défourner, on vit les tessons recouverts, par places, d'un lustre qui ne différait en rien des plus beaux lustres des vases d'Espagne.

On revêt le verre d'une couche métallique d'or, d'argent ou de platine, par les mêmes procédés que les poteries. Le borax, mélangé aux poudres métalliques tenues en suspension dans un véhicule gras nigis coulant d'essence, étant fondu par un feu de

moufle, l'or, l'argent ou le platine sont fixés sur le verre par cet intermédiaire, et il n'y a plus qu'à brunir avec l'agate et la sanguine. On brunit à l'effet ou complètement, comme nous l'avons indiqués, pour la porcelaine et les poteries.

On applique aussi l'or sur le verre en collant les feuilles d'or à l'aide d'un vernis d'ambre dissous dans de l'huile grasse et un peu de céruse. Quand on a appliqué le vernis avec un pinceau sur la verre, on y fait attacher la feuille d'or avec du coton, on laisse sécher et durcir le vernis; enfin on polit avec le brunissoir. C'est par ce procédé que le plus souvent on écrit sur le verre, on comprend qu'il donne une dorure bien moins solide que la dorure au feu et au borax. HARRAL.

DOUBLAGE DES NAVIRES. Le doublage a pour but de préserver la carène des navires de l'attaque des vers marins qui rongent le bois, et de la débarrasser des plantes et des mollusques qui s'y attachent, augmentent la résistance au mouvement et retardent la marche; il a en outre l'avantage de retenir en place le calfatage que la violence des lames pourrait déranger. Autrefois ce doublage se faisait en cuivre rouge laminé, mais on remarqua bientôt qu'il se reconrait assez rapidement de vert-de-gris, par suite de la décomposition de l'eau due au courant galvanique développé par le contact du doublage avec les ferrures du gouvernail. On est parvenu à prolonger considérablement la durée du doublage en remplaçant le cuivre rouge par un bronze renfermant 4 p. 100 d'étain; l'action oxydante se porte alors sur l'étain. Les feuilles de bronze ont 3/4 de millimètre d'épaisseur et sont assujetties avec des clous de la même matière, dont le poids est environ 1/6 du poids total des feuilles.

DRAGUE. Instrument qui sert pour curer le lit des rivières, le fond des ports, etc. Nous ne parlerons ici que des dragues mécaniques placées sur des bateaux plats d'une forme particulière dits *bateaux dragueurs*. Elles se composent d'un système de chaînes sans fin à longues mailles pleines, égales et articulées, à peu près comme une échelle flexible; sur leurs traverses on fixe, à des intervalles égaux, un certain nombre de *louchets* ou *hottes* en forte tôle de fer. Cette chaîne, et par conséquent les louchets qui y sont attachés, passent sur un tambour qui les fait circuler le long d'un plan qu'on est maître d'incliner plus ou moins; ils viennent tour à tour se charger de terre ou de vase en passant près du fond, et se vident ensuite à la partie supérieure dans un couloir qui les dirige dans une *Marie-salops* placé sur le bateau.

Dans le bateau dragueur simple, la drague est placée au milieu du bateau, dans une ouverture dont l'étendue est suffisante pour le jeu du plan incliné et de la drague. Dans le bateau dragueur double, il y a deux dragues placées en dehors du bateau, suivant des plans verticaux parallèles aux bordages; dans ce cas on peut dragner au pied d'un mur de revêtement et aussi près du rivage qu'on veut; mais alors, pour que le bateau ne dérive pas, il faut que chaque drague éprouve à peu près la même résistance, ce qui est bien difficile à obtenir.

La distance des deux cylindres sur lesquels circulent les chaînes sans fin est un peu moindre que la moitié de la longueur de ces mêmes chaînes, de sorte que la partie inférieure de celles-ci forme une courbure qui fait plonger et traîner dans le fond chaque louchet avant qu'il se redresse, et lui donne ainsi le temps de se remplir. Le bateau a aussi dans le même sens un mouvement progressif qui lui est donné au moyen d'un cabestan mû par la machine à vapeur qui dessert la drague, et d'une corde de touage fixée à une ancre ou sur le rivage; on sillonne ainsi le fond à la profondeur qu'on désire, en remontant contre le cours de l'eau et ayant soin de maintenir le bateau, à cha-

DURETÉ.

que voyage, dans des directions parallèles. On peut remplacer la machine à vapeur, lorsque le courant du fleuve est assez rapide, par une ou deux roues pendantes placées au milieu ou sur les côtés du bateau.

DRAP (*angl. cloth, all. tuch.*) Voyez LAINE.

DUCTILITÉ (*angl. ductility, all. streckbarkeit*). Propriété que possèdent beaucoup de métaux de se laisser étirer en file plus ou moins fins, sans se rompre, et qui se rapproche beaucoup de la MALLÉABILITÉ (voyez ce mot). Le passage à la filière rendant les métaux aigres et cassants, on est obligé de les recuire pour leur rendre leur ténacité et leur ductilité premières.

Voici les métaux placés dans l'ordre de leur ductilité, l'or étant le plus ductile de tous :

- Or,
- Argent,
- Platine,
- Fer,
- Cuivre,
- Zinc,
- Étain,
- Plomb,
- Nickel.

DURETÉ (*angl. hardness, all. herte*). On dit qu'un corps est plus dur qu'un autre lorsqu'il est susceptible de le rayer. En minéralogie ou la dureté est un caractère très important, on prend pour points de comparaison la dureté des 10 corps suivants, le moins dur étant pris pour 4 et le plus dur pour 10.

- | | |
|----------------------|---------------|
| 1. Talc. | 6. Feldspath. |
| 2. Gypse. | 7. Quartz. |
| 3. Chaux carbonatée. | 8. Topase. |
| 4. Chaux fluatée. | 9. Corindon. |
| 5. Chaux phosphatée. | 10. Diamant. |

Voici, d'après cette échelle de comparaison, la dureté des principaux minéraux :

Diamant.	40	Turquoise.	6
Saphir Rubis.	9	Lapis-lazuli.	6
Cymophane.	8,5	Feldspath.	6
Topase.	8	Amphibole.	5,5
Spinelle.	8	Chaux phosphatée.	5
Émeraude verte.	8	Chaux fluatée.	4
Aigue marine.	7,5	Strontiane sulfatée.	3,5
Grenat.	7,5	Baryte sulfatée.	3,5
Dichroïte.	7,5	Anhydrite (chaux sulfatée anhydre).	3
Zircon.	7	Péridot.	3
Quartz hyalin.	7	Chaux carbonatée.	3
Quartz agate.	7	Mica.	2,5
Tourmaline.	7	Gypse.	2
Opale.	6	Chlorite.	1,5
		Talc.	4

La dureté des métaux, estimée par la résistance que des fils métalliques de même diamètre éprouvent en passant par le même trou de la filière, est comme suit :

Acier déjà étiré.	400	Fer recuit.	42
Fer déjà étiré.	88	Platine recuit.	38
Laiton déjà étiré.	77	Cuivre recuit.	38
Or à 0,875 recuit.	73	Or fin recuit.	37
Acier recuit.	65	Argent fin recuit.	37
Cuivre déjà étiré.	58	Zinc.	34
Arg. à 0,750 recuit.	58	Étain.	14
— à 0,875 —.	54	Plomb.	4
Laiton recuit.	46		

D'après Thomson, l'ordre des métaux rangés suivant leur dureté relative, en commençant par le plus dur, serait : acier, fer, platine, cuivre, argent, or, étain, antimoine, étain et plomb.

DYNAMOMÈTRE. L'emploi des dynamomètres dans la mesure du travail des forces, est une des plus belles et des plus récentes applications de la science à l'industrie. Ce n'est qu'avec leur aide que peut s'opérer le passage

DYNAMOMÈTRE.

constant de la théorie à la pratique, qu'on peut suivre dans ses variations le travail utile de la force motrice.

Avant que MM. Poncelet, Navier et Ch. Dupin, en développant et appliquant les théories de Lagrange, eussent fait passer dans la pratique des notions exactes sur le TRAVAIL MÉCANIQUE (voyez ce mot), les dynamomètres n'étaient seulement destinés qu'à évaluer la valeur de l'effort, de la force. Le plus ingénieux, celui qui a servi de base aux nouveaux systèmes, était celui de Régnier, qui consiste en deux lames d'acier réunies par leurs extrémités. L'effort appliqué à une des lames la faisant s'écarter de la première, qui est fixée à la résistance, est mesuré par une aiguille qui se meut par suite de cet écartement. Les divisions du cadran sur lequel se meut cette aiguille, sont déterminées préalablement au moyen de poids connus.

Mais cet effort, souvent variable, n'est qu'une partie de la question, et ne suffit pas pour évaluer l'action d'un moteur, ou le travail d'une résistance. Le travail mécanique, dit Poncelet, ne suppose pas seulement une résistance vaincue une fois pour toutes, ou mise en équilibre par une force motrice, mais une résistance constamment détruite, le long d'un chemin parcouru par le point où elle s'exerce et dans la direction propre de ce chemin.

Comme on le démontre en mécanique, et comme nous l'expliquons à l'article MÉCANIQUE-DYNAMIQUE, le travail mécanique que nécessite une résistance constante, et qui se reproduit le long d'un certain chemin a pour mesure le produit de cette résistance par le chemin que décrit son point d'action dans sa direction propre.

Si la résistance ou l'effort qui la produit, au lieu d'être constant, varie sans cesse, ainsi qu'il arrive dans bien des circonstances, le travail total se composera de la somme de tous les produits partiels obtenus en chaque instant, en multipliant la résistance moyenne par l'élément de chemin parcouru pendant ce petit intervalle. Si l'on divise ce produit ou cette somme de produits par le chemin total parcouru, on aura l'effort moyen F, qui, constant, produirait un travail égal à celui obtenu.

On voit, d'après cela, combien l'ancien appareil de Régnier était insuffisant pour donner des résultats certains. La détermination de l'effort moyen, fort difficile à déduire des variations de l'aiguille, n'était que de peu de valeur, puisqu'il fallait supposer que cet effort moyen avait lieu pendant toute la durée de l'opération, ce qui est loin d'être exact dans la plupart des cas.

Le problème à résoudre consistait donc à obtenir des appareils, qui donnassent à chaque instant la valeur de l'effort et le chemin qu'il parcourt, et, mieux encore, le produit de ces deux quantités.

Le savant M. Poncelet, qui a si bien démontré tout le parti qu'on peut tirer des constructions géométriques des tracés graphiques, pour faciliter l'interprétation des résultats du calcul, a eu l'heureuse idée de faire tracer par le dynamomètre lui-même une courbe, dont les ordonnées représentent les tractions, et les abscisses le chemin parcouru, dont l'aire, par suite, représente le travail.

M. Morin a consacré ses soins à vulgariser les solutions de MM. Poncelet et d'Étalveyn, qui dans ses expériences sur le bélier hydraulique avait ouvert cette voie féconde, il a fait comprendre toute l'utilité qu'il y aurait à faire passer dans la pratique industrielle un genre d'instruments si nécessaire surtout à l'industrie française, naturellement divisée en petits ateliers ; et à certainement bien avancé la question sous ce rapport, s'il ne l'a pas résolue complètement. C'est donc par l'exposé de ses appareils que nous devons commencer ; nous parlerons ensuite de ceux qui ont été récemment combinés et terminerons en exposant

DYNAMOMÈTRE.

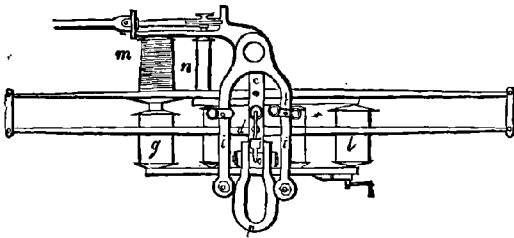
le résultat de nos propres recherches. Nous serions heureux qu'elles pussent avancer quelque peu la solution de l'important problème que se propose la DYNAMOMÈTRE.

Des ressorts. Les ressorts des dynamomètres de M. Morin consistent en deux lames de bon acier d'Allemagne, dont la section verticale est un rectangle, et la section horizontale celle du solide d'égale résistance, c'est-à-dire parabolique. Ces deux lames sont assemblées à leurs extrémités dans deux barres d'égale longueur au moyen de boulons. La lame fixe entre à mortaise dans la plaque sur laquelle reposent les autres parties du dynamomètre; l'autre lame est libre, mais un arrêt est toujours disposé pour éviter qu'elle ne soit forcée, c'est-à-dire que la tension dépasse le point où l'élasticité de la lame ne pourrait plus la ramener à sa position primitive, quand l'effort vient à cesser.

Il va sans dire que les lames peuvent être de diverses épaisseurs, et qu'il faut les établir en proportion de l'effort auquel elles doivent résister.

D'après le mode de construction des ressorts de dynamomètres, la distance du milieu de ressort mobile à la première position indiquera à chaque instant la valeur de l'effort exercé. Si donc on munit cette partie d'un style ou d'un crayon, pressant sur un papier, on trouvera sur celui-ci l'indication de la valeur des efforts. Cette trace serait sans valeur, et ne servirait qu'à indiquer la limite des efforts de traction, sur un papier immobile. Il n'en est plus de même si, comme M. Poncelet l'a imaginé, on donne au papier un mouvement de translation. Il en résulte des courbes de l'aire desquelles on peut déduire le travail effectué.

L'appareil peut être disposé de deux manières : 1° On donne au papier un mouvement égal ou proportionnel à celui du corps qui se meut, quand il s'agit d'évaluer l'effort nécessaire pour mouvoir ce corps. Ce système employé dans les expériences relatives au tirage des voitures, des charrues, bateaux, etc., est représenté dans la fig. 677



677.

Il suffit d'établir le papier sur lequel le tracé doit être fait sur deux cylindres sur l'un desquels *g* il s'enroule pendant qu'il se déroule sur l'autre *f*. Le mouvement est imprimé par une courroie qui passe sur l'essieu de la voiture et sur une poulie placée à l'extrémité de l'axe *n*; à cet axe est fixé une ficelle, qui s'enroule sur la fusée *m*, montée sur l'axe du tambour *g*, et qui, en se déroulant, communique au papier une vitesse de translation indépendante du changement de diamètre qui résulte de son enroulement.

La vitesse du papier étant dans un rapport connu avec le chemin réel parcouru, et la tension du ressort étant indiquée par la distance comprise entre cette courbe et la ligne tracée par le style quand la tension est nulle, il est évident que l'aire de la courbe (qui représente le produit de l'effort par le chemin parcouru), représente dans un rapport connu la quantité de travail cherché.

Le second moyen pour faire mouvoir le papier indé-

DYNAMOMÈTRE.

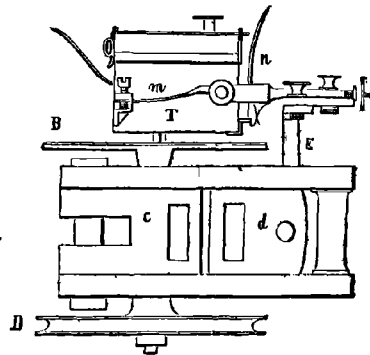
pendamment du système sur lequel on opère, ce qui est souvent nécessaire, consiste en un moteur chronométrique, analogue à celui des tourne-broches, muni d'un volant à ailettes pour obtenir une régularité suffisante. Un des axes de ce moteur transmet par un engrenage le mouvement à l'axe du petit cylindre enveloppé par le fil de soie et par suite au papier. Dans ce cas l'aire obtenue représente le produit de l'effort par le temps écoulé, d'où l'on déduit exactement l'effort moyen qui opérait pendant le même temps ou parcourant le chemin observé directement produirait un travail égal à celui qui a été réellement développé.

Règlement des courbes. Nous avons vu au mot planimètre (voyez machines à CALCULER), comment est instrument servait à l'évaluation des aires des courbes. M. Morin remplace le cône en cuivre par un cône en bois pour éviter le glissement. Plus simplement encore, il recommande de découper la courbe, et de peser la feuille de papier limitée par la courbe et à en comparer le poids à celui du rectangle qui serait décrit par la tension maximum du ressort, longueur connue par la graduation de l'instrument. L'effort moyen qu'il s'agit d'obtenir sera à la tension maximum dans le rapport des deux poids, et il sera obtenu par deux pesées. L'aire ou le travail serait déduit par une opération semblable. La régularité du papier fabriqué à la mécanique rend ce procédé d'une précision très satisfaisante.

Dynamomètre à compteur. Le dynamomètre à style ou dynamomètre traceur, ne peut donner que des observations limitées par l'étendue de la feuille de papier. Mais puisque le planimètre permettait d'obtenir mécaniquement l'évaluation de l'aire de cette courbe, on conçoit à priori qu'il doit être possible par la réunion des deux appareils, de supprimer l'opération intermédiaire du tracé de la courbe, et d'obtenir sur un compteur et pendant un temps, prolongé autant qu'il est nécessaire par des rouages successifs, le travail opéré.

C'est ce que M. Morin a heureusement tenté; il a fait apprécier l'utilité des appareils qui serviront un jour de base pour les transactions où il s'agira de vendre de la force, comme les compteurs à gaz servent aujourd'hui quand il s'agit de vendre du gaz pour l'éclairage.

La fig. 678 est l'élevation du dynamomètre à compteur. La griffe postérieure est traversée par un axe de rotation sur lequel est vissé le plateau B de 0^m,080 de rayon, et qui reçoit à sa partie inférieure une poulie D, à laquelle le mouvement est transmis par une courroie ou par un moteur chronométrique quand la première disposition ne peut avoir lieu. Un support E, faisant corps avec la griffe antérieure *d*, soutient un compteur qui avance ou recule avec cette lame.



678.

Le mouvement est imprimé à ce compteur par une roulette P, montée sur un axe parallèle au plateau R, qui repose sur le centre du plateau quand le ressort n'est pas tendu. Dans toute autre position elle tourne avec ce plateau, et décrit un chemin en rapport avec son éloignement du centre ou avec la tension.

Sa rotation est pour une position donnée proportionnelle au mouvement du plateau, et pour une seconde position égale à la première multipliée par le rapport des rayons, c'est-à-dire des tractions, car le rayon mesure l'effort de traction ; si donc l'on compare la rotation en un point quelconque à la rotation pour la traction égale à l'unité, on verra de suite comment le mouvement angulaire du plateau étant en raison du chemin parcouru, la rotation de la roulette est proportionnelle au produit de l'effort par le chemin parcouru, c'est-à-dire au travail qu'il s'agit de mesurer.

Il est facile de concevoir que, l'axe de la roulette portant une vis sans fin, son mouvement se communique aisément par des engrenages convenablement proportionnés à deux limbes dont l'un indique les unités et les dizaines de tours, l'autre les centaines, les mille de tours de la roulette. Le problème serait donc résolu d'une manière élégante, si la roulette soumise à des mouvements transversaux n'était sujette à des glissements qui font de cet appareil plutôt un système théorique qu'un instrument pour la pratique ; aussi, en réalité, n'est-il jamais employé.

MM. Martin et Keymondon, qui ont obtenu le prix proposé par la Société d'Encouragement pour la construction de dynamomètres applicables spécialement à l'agriculture, ont combiné un appareil très voisin du dynamomètre traceur de M. Morin. Ils ont satisfait fort heureusement à la condition du programme qui leur assignait d'indiquer les intervalles de temps pendant lequel le travail est opéré (ce qui permet de vérifier si le transport de la bande de papier est régulier) au moyen de petits marteaux qui, mis en mouvement par un chronomètre, font marquer un point sur la papier à chaque seconde, en frappant avec une pointe sèche.

Nous pourrions encore décrire ici le dynamomètre de M. Wagner, spécialement applicable à l'essai comparatif des charrues. Il présente l'heureuse disposition de ne faire agir le ressort qu'à l'extrémité d'un levier dix fois plus grand que celui sur lequel agit la traction. On obtient ainsi la possibilité d'employer le ressort en hélice, renfermé dans une gaine, des pesons du commerce, instruments moins coûteux, plus commodes et aussi exacts que les grandes lames des dynamomètres dont nous venons de parler. Nous pourrions aussi décrire l'heureuse disposition des tracés sur des cadrans en carton, sur la surface desquels sont imprimés des cercles et des rayons qui permettent d'évaluer en chaque instant les efforts et les chemins parcourus, mais nous craignons de trop étendre cet article.

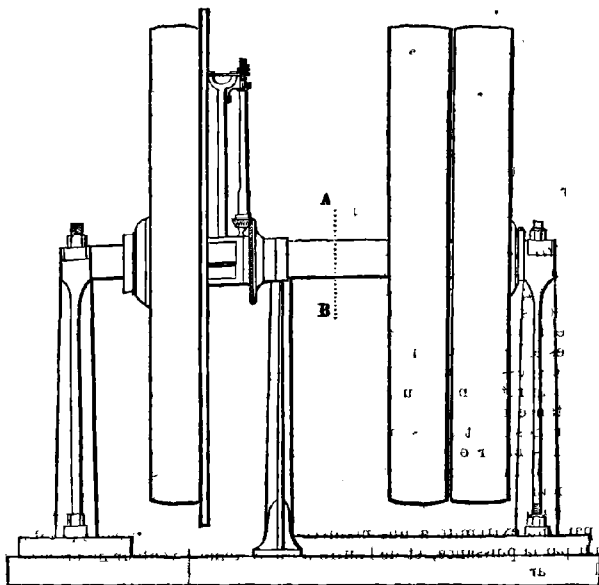
Aussi bien tous les dynamomètres proposés jusqu'à ce jour pour comparer les divers systèmes de charrues, présentent cet inconvénient grave qu'en

évaluant plus ou moins parfaitement le travail nécessaire pour tracer un sillon sur 2 ou 300 mètres, ils ne tiennent pas compte de la largeur et de la profondeur du sillon, de telle sorte que le travail effectué n'est pas le même, et que par suite il n'est pas étonnant que le travail moteur varie considérablement.

Dynamomètre de rotation. Les systèmes que nous avons décrits ci-dessus ne s'appliquent qu'aux appareils qui sont transportés, nullement aux machines qui garnissent les ateliers, et dans lesquels le travail mécanique est toujours transmis par des systèmes armés d'un mouvement circulaire continu. Nous avons à exposer comment M. Morin a résolu cette partie la plus importante du problème pour des dynamomètres de rotation, solution qu'un système proposé par M. Poncet, que nous donnons à l'article MÉCANIQUE (fig. 1654), avait indiquée. Sur un arbre posé sur deux supports fixés sur un plateau sont placées trois poulies de même diamètre : l'une est fixe ; l'autre, voisine de la première, est folle, et la dernière est mobile autour de l'arbre dans les limites que nous indiquerons.

Cet appareil étant interposé entre un arbre et une machine dont on veut mesurer la résistance, la courroie placée d'abord sur la poulie folle est amenée sur la poulie solidaire avec l'arbre, et par suite celui-ci est mis en mouvement.

La troisième poulie reçoit la courroie qui doit transmettre le mouvement à la machine et vaincre la résistance. L'arbre, mis en mouvement, l'entraîne, bien qu'elle soit folle sur l'arbre, par l'effet d'un arrêt faisant corps avec elle, et qui vient buter sur une lame de ressort implantée dans l'arbre suivant un de ses rayons. Cette lame, tournant avec l'arbre, agit sur l'arrêt, dont la résistance le fait fléchir, et quand sa résistance à la flexion est susceptible de vaincre celle que la machine oppose, le mouvement commence, et se trouve ainsi transmis de l'arbre moteur à la machine en expérience par l'intermédiaire d'une lame de ressort, dont les flexions mesurent la résistance à vaincre.



Un style ajusté sur l'un des bords de la poulie trace les courbes et on obtient ainsi un dynamomètre de rotation à style, pourvu qu'on fasse avancer sous ce style un papier doué d'un mouvement en rapport constant avec celui de l'arbre. Ce mouvement du papier est donné par un système analogue à celui que représentent les fig. 679 et 680, qui indiquent les dispositions du système ci-dessus, destiné à constituer un dynamomètre de rotation à compteur. Un anneau, à trottement doux sur l'arbre, est denté en roue d'angle; il engrène avec un pignon conique dont l'axe rencontre à angle droit celui de l'arbre. L'axe de ce pignon se termine par une vis sans fin qui conduit une roue dentée, dont l'axe, parallèle à celui de l'appareil, porte à un autre bout un plateau de cuivre dont le plan est perpendiculaire à l'arbre. La poulie porte un compteur à roulettes semblable à celui décrit plus haut, et qui se déplace avec cette poulie d'une quantité proportionnelle à la flexion des lames.

Quand on veut obtenir des indications du compteur, on rend immobile l'anneau denté au moyen d'un embrayage. Le pignon emporté par l'arbre roule alors autour de l'anneau denté fixe dans l'espace, et imprime au plateau un mouvement de rotation.

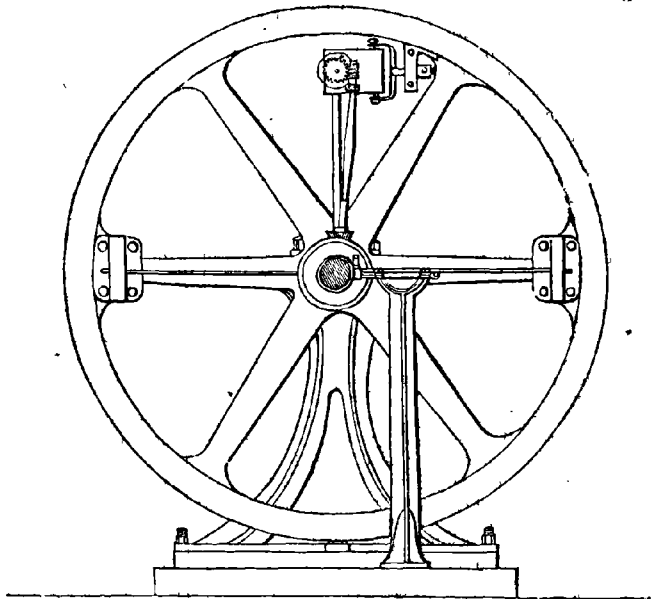
On voit que cet instrument est théoriquement convenable pour totaliser la quantité de travail transmis par un axe de rotation pendant un jour, une semaine, un mois. Aussi résoudre-t-il tout à fait le problème s'il n'était trop délicat pour la pratique des ateliers, si des glissements fréquents n'altéraient l'exactitude des résultats.

Pour le dynamomètre à style, l'anneau monté sur l'arbre est denté en hélice et engrène avec un pignon perpendiculaire à l'arbre, mais qui ne le rencontre pas. C'est ce pignon qui met en mouvement le papier sur lequel s'effectue le tracé, à l'aide d'un style placé sur un des bras de la poulie.

Il faut pour la pratique des appareils plus sûrs, agissant par engrainages, sans glissements et altérations possibles. Nous parlerons plus loin de ce que l'on peut espérer dans cette voie.

Dynamomètre Turinois. On a remarqué à l'Exposition de Londres, et le jury a couronné d'une grande médaille, un ingénieux dynamomètre de rotation expérimenté avec succès par les ingénieurs de la marine française. Ce dynamomètre offre cette heureuse disposition, que les efforts de traction s'évaluent par le rapprochement de ressorts suivant une ligne perpendiculaire à l'axe de rotation; d'où résulte, avec une très grande résistance qui permet d'appliquer ce dynamomètre à de grands efforts, une grande facilité d'obtenir des tracés dans la circonstance la plus générale des machines de l'industrie manufacturière.

Ce dynamomètre consiste, réduit à sa plus simple expression, en un système de ressorts paraboliques assemblés par une extrémité à une manivelle calée sur l'arbre mis par la puissance, et de l'autre à un système semblable appartenant à l'arbre sur lequel la résistance vient s'exercer. Ces deux manivelles ou l'une d'entre elles peut être un rayon d'une roue ou d'un volant; c'est toujours la même disposition.



680.

Lorsque la machine est en mouvement, la flèche de courbure des ressorts s'infléchit en raison des efforts de traction, les milieux des deux ressorts se rapprochent. Si donc une tige est articulée d'une extrémité à l'un des ressorts, et de l'autre à une pièce glissant dans une rainure circulaire d'un anneau monté sur l'arbre de rotation et pouvant s'avancer sur celui-ci, il est clair que cet anneau s'avancera en raison des efforts. Un papier roulé sur lui recevra donc d'un crayon fixe un tracé qui sera en raison de la rotation de l'arbre et de l'effort de traction nécessaire pour le mouvoir.

Il nous resterait à indiquer les moyens indiqués par l'inventeur pour rendre les mouvements du traçoir proportionnels aux efforts, ce qu'il obtient, quant aux ressorts, par une disposition de ressorts multiplicateurs disposés de telle sorte que ceux dont nous venons de parler, lorsqu'ils se rapprochent, agissent transversalement sur eux. La théorie assez compliquée de ces systèmes doit être étudiée dans les mémoires de l'inventeur. Il corrige aussi les défauts de proportionnalité qui résultent de l'obliquité de la barre articulée, par l'effet d'une rainure courbe oblique à l'axe de rotation dans laquelle se meut le porte-crayon. Mais, sans entrer dans ces détails, il est clair que cet appareil peut toujours être taré et par suite donner des résultats exacts; et que la disposition de l'appareil permet de les obtenir avec une grande facilité. Il est facile aussi d'apprécier les avantages de solidité qu'offre cet appareil, ce qui permet de l'appliquer à des machines très puissantes, pour lesquelles la simple flexion d'une lame de ressort, comme dans le dynamomètre de M. Morin, n'offrirait pas une sécurité suffisante.

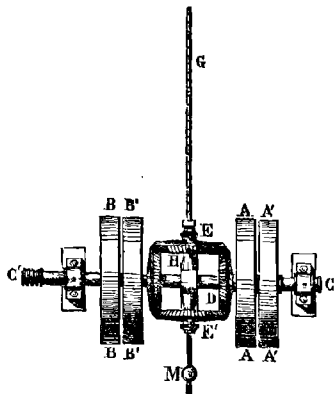
Ce dynamomètre constitue donc un progrès important sur les systèmes qui précèdent, et serait tout à fait précieux s'il était totalisateur, avantage que l'inventeur ne propose de lui donner qu'à l'aide d'éléments analogues à la roulette; c'est-à-dire avec beaucoup de complications et une foule de causes d'erreurs dans la pratique. Nous exposerons plus loin une disposition que nous avons imaginée, et qui, si nous ne nous

DYNAMOMÈTRE.

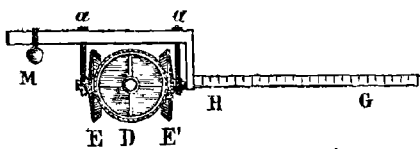
troupons, fournit une solution satisfaisante du problème.

Dynamomètre américain. On emploie en Amérique une espèce de balance dynamométrique, originairement inventée, pensons-nous, par White, ou qui au moins repose sur une disposition analogue à celle du mouvement différentiel qu'il a appliqué dans grand nombre de cas. On sera bien aise d'en trouver ici la description.

Les fig. 681 et 682 sont deux vues du dynamomètre



681.



682.

construit sur le principe d'un mouvement différentiel bien connu, et consiste en deux systèmes de poulies A, A', B, B', tournant autour d'un arbre C C; de chaque côté la poulie extrême est folle. La poulie fixe B' B' et la roue d'angle voisine sont toutes deux attachées sur l'arbre C C; la roue d'angle D est ajustée sur un tube lié à la poulie A A. Les roues E, E' sont portées par la barre G, qui peut tourner autour de l'arbre C C.

Pour employer cette machine, la courroie conductrice venant du moteur agit sur la poulie B', pendant que la courroie conduite passe sur la poulie A pour se rendre aux machines dont il s'agit d'étudier la consommation de travail.

Il est clair que si les roues E, E' sont maintenues dans la position horizontale, ne peuvent tourner autour de l'arbre C, la roue d'angle et la poulie A A avec laquelle elle fait corps, tourneront aussi vite que la poulie B' B'. Alors le poids nécessaire pour maintenir les roues E E dans leur position mesure l'effort nécessaire pour faire mouvoir les poulies et la roue d'angle montée sur l'arbre. Ce poids est obtenu à l'aide du levier G H, qui est employé comme le bras d'une romaine.

Le bras H G est adapté au centre des roues E E par les pièces $\alpha\alpha$; il est partagé en parties égales. Le poids M sert à équilibrer la barre et est fixé par une vis. Quand les roues E E conservent leur position par l'effet du levier G H, il est évident qu'un poids de 20 kil. agissant sur la poulie A équilibrera le même

DYNAMOMÈTRE.

poids sur les poulies B. La distance du centre de l'arbre C C à la distance sur le levier marquée 4, est égale au rayon de ces deux poulies; par suite, un poids de 20 kil. en 4 contre-balancera le même poids sur A, c'est-à-dire qu'en négligeant le frottement, l'effort peut s'évaluer par le poids nécessaire à la poulie motrice, pour que le système conserve sa figure, c'est-à-dire lorsque la résistance est égale à la puissance.

Pour mettre la machine en mouvement, on fera donc passer les courroies des poulies folles sur les poulies fixes, puis l'on fera glisser le poids sur le levier jusqu'à ce qu'il ne soit plus entraîné; le poids ainsi indiqué sur le levier, multiplié par le rapport de la distance au point marqué 4, du point où il est suspendu, permet d'évaluer l'effort nécessaire pour mouvoir la machine.

Un flet de vis en C, au bout de l'arbre C C, agit sur un compteur pour indiquer le nombre de tours que fait la machine pendant le temps de l'expérience; on a donc l'effort et le chemin parcouru, et par suite le travail. On a perfectionné ce système en évitant les oscillations du levier à l'aide d'une pompe régulatrice disposée à l'extrémité de celui-ci, c'est-à-dire qu'on y adapte un piston glissant dans un corps de pompe fermé, et qui résiste aux changements brusques de vitesse.

Nouveau système de totalisateur. Le curieux système de dynamomètre que nous venons de décrire, et qui a pour défaut évident le balancement du levier, nous a fait penser à un perfectionnement qui nous semble heureux et nous paraît s'appliquer parfaitement au plus grand nombre des dynamomètres.

Le moyen d'éviter les grands balancements du levier, qui ne peuvent manquer d'accompagner les variations de force motrice ou de force résistante, balancements qui ne résultent pas cependant de sa nature même comme dans le frein de Prony, avec lequel ce dynamomètre a quelque similitude, consiste à remplacer le poids curseur par un ressort auquel est attaché l'extrémité du levier. Si on relève, par quelque système analogue à celui des dynamomètres traceurs ci-dessus décrits, la pression en chaque instant sur un papier mû proportionnellement au chemin parcouru, on pourra en déduire le travail.

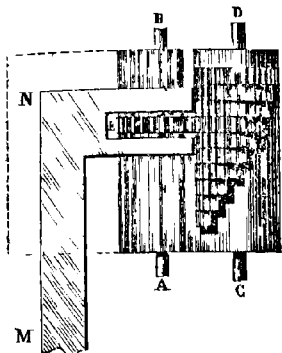
C'est le produit de ces deux éléments qui représente le travail qu'il s'agit d'obtenir, et si l'on approche quelque peu de la solution dans les dynamomètres traceurs qui donnent l'aire qui représente le produit de ces deux éléments, ces appareils ne fournissent cependant qu'une solution bien incomplète de la question à laquelle les dynamomètres doivent faire réponse. Ils offrent en effet ces trois défauts : 1° d'exiger un appareil incommode pour faire mouvoir le papier; 2° de n'enregistrer le travail que pour un instant, en général fort court; 3° de fournir une courbe dont on ne peut obtenir la traduction en chiffres qu'à l'aide de connaissances spéciales, et qui par suite ne peut convenir que pour les recherches des ingénieurs et nullement pour les transactions industrielles de chaque jour!

De semblables inconvénients ne sont pas à craindre dans des appareils où les aires obtenues par des tracés graphiques seraient remplacées par des nombres indiqués sur des cadrans d'un compteur, à la condition que ces nombres expriment bien le travail de la machine.

Nous ne parlons pas des totalisateurs à roulettes actuellement connus, parce que ces dynamomètres à roulettes, sujets aux glissements, ne sont pas sortis du cabinet de l'inventeur, et que l'industrie n'a retiré nul profit de cette ingénieuse invention; toute théorique.

Voici comment nous y parvenons par une disposition qui, si nous ne nous trompons, sera bientôt adoptée pour presque tous les systèmes de dynamo-

mètres, et remplacera les appareils graphiques tout à fait impropres à la pratique des ateliers.
Expliquons le système dont nous voulons parler.



683.

Soit MN (fig. 683) un curseur, une tige attachée à des ressorts qui mesurent l'effort, partie indispensable de tout dynamomètre; soit a la course que ce point peut parcourir, et supposons pour fixer les idées que l'effort varie de 4 à 40 kil. Marquons sur a les points correspondants aux efforts de kil. à kil. (divisions égales ou inégales, peu importe).

Soit CD un cylindre mis en mouvement par la rotation de la machine, et faisant par suite un nombre de tours proportionnels à celui de la pièce sur laquelle on mesure l'effort transmis; sa surface sera dentée, et le nombre des dents qu'on laissera subsister à chaque hauteur sera proportionnel au nombre de kil. indiqué au point correspondant de a .

Cela compris, si l'on fait porter au curseur MN une petite chape dans laquelle soit porté un petit pignon E, il est bien clair que ce pignon tournera pour chaque tour de CD d'un nombre de dents proportionnel au nombre de kil. mesurant l'effort P, et par suite pour K tours, le nombre de dents sera égal à PK, c'est-à-dire proportionnel au travail.

Si donc on fait engrener le petit pignon avec un cylindre denté AB, celui-ci tournera avec le pignon et pourra enregistrer sur un cadran le nombre de dents parcouru, et par suite le travail en kilogrammètres si les divisions sont convenables.

Ainsi soit l le chemin parcouru pour un point de la circonférence de CD, pour un chemin déterminé de la puissance, soit m l'effort en un instant; cet effort m fera monter le pignon curseur E jusqu'à la hauteur où se trouve sur CD une fraction de roue dentée de m dents (ou d'un multiple de m), le cylindre CD étant entièrement garni de dents pour un certain effort, pour 400 par exemple. Le nombre de dents qui passeront en un point de AB, premier rouage du compteur, sera donc de ml , c'est-à-dire proportionnel au travail.

Il est bien évident qu'il y aura avantage à faire faire à CD un grand nombre de rotations possibles pour un même chemin parcouru, afin que les variations de pression soient plus souvent enregistrées, que l'appareil approche le plus possible de la continuité. Il est également évident que l'appareil est applicable, quelles que soient les forces à mesurer; les résistances à vaincre ne sont jamais que celles très minimes du compteur, celles qui s'opposent au seul mouvement des aiguilles.

Rien de plus simple que d'obtenir par des compteurs

des unités de kilogrammètres d'un ordre supérieur, et par suite d'enregistrer le travail d'une machine pendant douze ou vingt-quatre heures. C'est là le résultat à obtenir par l'industrie pour vendre de la force au détail, comme on vend du gaz avec un compteur.

Pour appliquer ce totalisateur au système de White, il suffit d'assembler le bout du levier à un ressort parabolique double ou à l'extrémité d'un peson à hélice, et d'attacher la chape du petit pignon à la barre qui réunit le ressort inférieur à l'extrémité du levier. Quant au cylindre denté, il sera mis en communication soit par une courroie, soit par un système de roues dentées avec une des roues perpendiculaires à l'axe de rotation. Seulement il faut avoir soin de disposer les divisions des cadrans pour que les indications correspondent à des kilogrammètres.

Dynamomètre Taurines avec totalisateur. Ce système de totalisateur s'applique avec la plus grande facilité au système Taurines, que nous avons décrit plus haut, aussi bien qu'au précédent, et nous paraît fournir un complément tout à fait nécessaire pour qu'on tire un parti usuel et journalier de ces ingénieuses inventions.

En effet, il est facile de monter sur l'axe de rotation le système de parties de roues dentées et de faire de l'anneau glissant un porte-pignon. Si donc par expérience ou par calcul on dispose la progression des roues dentées de manière que les écartements soient en raison des accroissements des efforts, chaque tour de l'axe fera parcourir au premier mobile d'un compteur un nombre de dents égal au produit de l'effort par un tour, et par une série suffisante de cadrans donnera le nombre de centaines, de mille, de millions, etc., de kilogrammètres du travail moteur. On aura donc ainsi, d'une manière simple et pratique, le travail d'un moteur communiqué par une courroie de transmission; en un mot, une solution simple et satisfaisante du problème de l'établissement des dynamomètres, de pouvoir évaluer le travail des moteurs et de pouvoir le diviser en le mesurant.

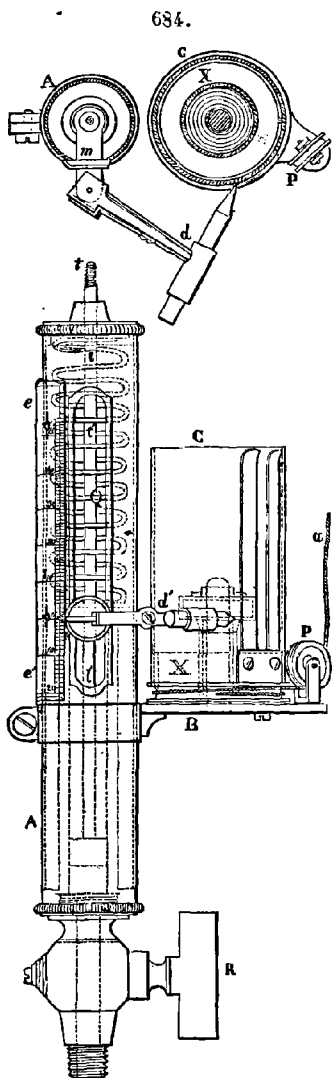
Nous pourrions compléter les applications de ce totalisateur, qui nous paraissent possibles, à divers appareils, et notamment à des compteurs à gaz perfectionnés. On y tiendrait compte des variations de pression, cause d'erreur dont l'influence n'est pas tout à fait négligeable; mais ce serait abandonner la question des dynamomètres, but de cet article. Nous aurons d'ailleurs occasion de revenir sur ces questions en traitant des matières pour lesquelles ces applications seraient utiles.

Dynamomètre indicateur de Watt, perfectionné par Macnaught. Cet appareil, dû au génie du grand constructeur qui avait pressenti tant de perfectionnements, a été introduit en France par M. Combes. Il sert à mesurer la puissance des machines à vapeur, et surtout à étudier la suite des phénomènes à l'intérieur des machines à vapeur, la distribution, la détente, etc.; sous ce rapport c'est un appareil tout spécial à la machine à vapeur, et que les dynamomètres proprement dits ne sauraient remplacer, puisqu'ils ne peuvent mesurer que le travail produit et nullement indiquer les causes de variation du travail moteur. Nous verrons à MACHINE À VAPEUR l'extrême utilité des *diagrammes*, ou tracés qu'il permet d'obtenir, et qui représentent le produit de la pression de la vapeur sous le piston, en même temps que le chemin parcouru sous chaque pression donne le travail de la machine. Nous n'en donnerons ici que la description comme appareil dynamométrique.

Les fig. 684 et 685 représentent l'indicateur de Watt en plan et en élévation. A est le cylindre de l'indicateur, t la tige du piston de la machine à vapeur

dans le cylindre A et est indiqué en lignes ponctuées dans l'élevation; cette tige passe au milieu d'un ressort à boudin Q, fixé par le haut au couvercle du cylindre A, et par le bas à une embase placée sur la tige du piston; R, robinet servant à ouvrir ou fermer la communication entre l'intérieur du cylindre à vapeur et le

est relié au cylindre C, par un barillet X, faisant corps avec le cylindre, qui renferme un ressort de montre en spirale enfilé sur une tige fixée au support B; ce ressort sert à faire rétrograder le cylindre, et à tenir le cordon α constamment tendu pendant la course descendante du piston de la machine à vapeur; l'f, fente longitudinale ménagée suivant une génératrice du cylindre A, dans laquelle passe le bras m articulé avec le porte-crayon d; $\theta\theta$, échelle graduée fixée sur le cylindre A; les divisions correspondent chacune à une pression de $1/10^e$ de kilogramme sur un centimètre carré. Quand le robinet R est fermé, l'index placé sur le bras m, correspond au zéro de l'échelle; quand il est ouvert, la pression de la vapeur est marquée par les degrés supérieurs au zéro de l'échelle, et le vide par les degrés inférieurs.



685.

dessous du piston de l'indicateur; C, cylindre mobile placé latéralement au cylindre A, et autour duquel on roule la feuille de papier destinée à recevoir la trace, le diagramme; B, support du cylindre C; le cylindre C porte à sa partie inférieure une poulie portant une rainure hélicoïdale dans laquelle est logé le cordon α , qui, après avoir passé sur la poulie de renvoi P vient se fixer à l'extrémité d'un appendice fixé sur le piston de la machine à vapeur, ou en un point du parallélogramme articulé qui ait un mouvement moindre, mais proportionnel; le milieu du bras vertical le plus rapproché du centre de rotation, par exemple; le support B,

Pour se servir de l'indicateur que nous venons de décrire, il faut le visser sur le robinet à graisse du cylindre ou sur toute autre ouverture. Une fois qu'il est mis en place, on enveloppe le cylindre mobile C, d'une bande de papier, en pinçant ses bords sous deux ressorts indiqués dans la figure, en ayant soin qu'elle soit bien lisse et bien tendue, et en repliant les bords pour bien l'assujettir; on enfle un crayon bien taillé dans la douille d, et on écarte sa pointe du papier en faisant tourner en dehors la tige du porte-crayon autour de son articulation. Cela fait, le petit ressort qui presse le crayon, peut être disposé de manière à ce que la pointe de ce dernier exerce seulement une légère pression sur le papier dont elle touche la surface. On laisse alors donner à la machine quelques coups de piston sans ouvrir le robinet de l'indicateur, pour que le crayon trace la ligne qui correspond au zéro de l'échelle. On relève le crayon et on ouvre le robinet R; le piston de l'indicateur suit alors les tensions de la vapeur. Au bout de quelque temps, sans rien déranger d'ailleurs à l'instrument, on amène le crayon au contact de la feuille de papier, où il trace une figure représentant exactement la tension de la vapeur, et le degré de vide dans l'intérieur du cylindre à vapeur à chaque instant de la course du piston.

Quand le diagramme est tracé, on enlève la feuille de papier et on suit avec une plume très fine le tracé du crayon; on divise la figure par des lignes équidistantes, perpendiculaires à la ligne atmosphérique ou celle de zéro de l'échelle; on prend les longueurs des ordonnées moyennes dans chaque division à l'échelle de l'instrument, on en fait la somme, on divise par le nombre de parties formées dans la figure, et on a pour quotient la pression motrice moyenne.

Si l'on veut avoir la puissance d'une machine en chevaux, on calculera l'aire du piston en centimètres carrés; on multipliera cette aire par la pression motrice moyenne donnée par l'expérience, exprimée en kilogr. sur un centimètre carré (chaque division de l'instrument exprime 1 kilogr.), et par le nombre de mètres parcourus par le piston dans une minute. On divisera le produit par 4,500; le quotient exprimera la puissance de la machine en *chevaux-vapeur*, de 75 kilogrammes élevés à un mètre par seconde, ou 4,500 kilogr. élevés à 1 mètre par minute. En plaçant l'instrument sur la machine marchant à vide, et réglant l'ouverture de la soupape à gorge de manière à ce que le piston prenne la même vitesse que dans le cas de la machine chargée, on aura la puissance absorbée par le frottement seul des différentes parties de la machine, et des transmissions de mouvement que l'on aura conservées.

On pourra reconnaître, de la même manière, si le vide se fait bien dans la machine, si le jeu des soupapes ou du tiroir de distribution est convenablement réglé, si les passages ou issues d'entrée et de sortie de la vapeur sont assez grands, etc. CH. LABOULATÉ.

E

EAU (*angl.* water, *all.* wasser). L'eau est un corps liquide aux températures ordinaires, susceptible de se congeler par un froid convenable, et de se transformer en vapeur par l'action de la chaleur. Les températures auxquelles ces deux changements d'état moléculaire ont lieu, sous la pression barométrique de 760 millimètres de mercure, ont été pris pour points fixes de l'échelle thermométrique. L'eau n'a ni saveur ni odeur, et se compose sur 100 de 88,89 d'oxygène et 11,10 d'hydrogène; ce qui peut être représenté par la formule atomique H²O.

L'eau est très répandue dans la nature, mais elle y renferme toujours une certaine proportion de matières étrangères; pour l'obtenir tout à fait pure, il faut la distiller. L'eau de pluie peut aussi être regardée comme très pure.

Si l'eau, telle que nous l'offre la nature, n'est jamais d'une pureté absolue, du moins l'y rencontre-t-on souvent dans un état qui s'en éloigne assez peu pour qu'on puisse l'appliquer aux divers usages domestiques; elle se reconnaît alors à sa limpidité, à sa saveur fraîche, à la transparence qu'elle conserve pendant son ébullition, et au peu de résidu qu'elle laisse lorsqu'on l'évapore complètement; le savon s'y dissout sans se grumeler; les légumes secs s'y cuisent sans durcir; elle est à peine troublée lorsqu'on y verse des solutions de nitrate d'argent, de chlorure de baryum, d'oxalate d'ammoniaque ou de tout autre réactif; elle est alors potable et propre à tous les usages domestiques. De telles eaux coulent, en général, sur des terrains siliceux.

L'eau qui coule sur des terrains calcaires contient toujours une quantité notable de sels à base de chaux, et porte le nom d'eau crue. Cette eau, qui se rencontre très souvent, se reconnaît facilement à l'abondant précipité qui se produit, lorsqu'on y verse quelques gouttes d'une solution d'oxalate d'ammoniaque. Lorsqu'on veut y dissoudre du savon, les premières portions de ce dernier sont décomposées; il se forme un sel alcalin soluble, et il se précipite un savon calcaire insoluble en larges flocons blancs. Lorsqu'on veut y faire cuire des aliments, les sels calcaires se déposent à leur surface, à mesure que l'eau s'évapore par l'ébullition, et viennent s'opposer à leur cuisson, en les rendant plus durs et moins perméables. On rencontre dans ces eaux, soit du sulfate, soit du carbonate de chaux, soit tous les deux ensemble. Lorsqu'il y a du sulfate de chaux, on le reconnaît à ce que l'eau donne, avec le chlorure de baryum, un précipité blanc insoluble dans les acides. On peut rendre ces eaux sinon potables, du moins propres aux autres usages économiques, en y ajoutant une très faible quantité de carbonate de soude, qui décompose les sels calcaires, et en précipite la chaux à l'état de carbonate, puis décantant.

Les eaux bourbeuses ou limoneuses, chargées mécaniquement de substances qu'elles tiennent en suspension, peuvent être clarifiées, soit par un repos assez long, soit par la **FILTRATION**.

Les eaux renferment presque toujours une certaine proportion de matières organiques, qui, lorsqu'on la conserve dans des vases, entrent en putréfaction, et lui communiquent une odeur et une saveur des plus nauséabondes. On lui enlève cette odeur, ou même on la prévient, par les procédés que nous avons décrits à l'article **CONSERVATION DES SUBSTANCES ANIMALES ET VÉGÉTALES**.

L'eau de mer ne peut être rendue potable que par la distillation. Ce procédé fut suivi par M. de Freycinet dans l'un de ses voyages autour du monde, et parait être assez peu coûteux pour pouvoir être adopté avec avantage. Il faut avoir soin d'aérer l'eau distillée, en la battant à l'air ou de toute autre manière; sans cela, elle serait tout à fait fade et sans saveur.

Nous renverrons à l'étude de l'eau, comme moteur, aux articles **MÉCANIQUE, HYDRAULIQUE** et **VAPÉUR**.

EAU DE COLOGNE. (Voyez **PARFUMERIE**.)

EAU FORTE. (Voyez **ACIDE NITRIQUE**.)

EAUX GAZEUSES. Cette fabrication a pris un tel accroissement qu'elle constitue aujourd'hui une nouvelle branche d'industrie.

Beaucoup de personnes se sont élevées contre la propriété attribuée aux eaux minérales factices; les intérêts froissés des débitants d'eaux naturelles ont sans doute exagéré les inconvénients qu'ils ont cru remarquer dans l'usage des eaux factices.

Sans chercher à examiner les diverses opinions émises à ce sujet, nous pensons que la plus grande partie des eaux naturelles ne sont réellement efficaces que prises à la source; mais ce ne sont pas seulement des eaux minérales dont nous avons à nous occuper, mais encore de l'eau acidulée gazeuse qu'on ne peut considérer comme étant une eau minérale, mais bien plutôt une boisson d'agrément.

Avant de décrire les divers moyens à l'aide desquels on prépare les eaux gazeuses, nous exposerons le plus brièvement possible l'origine de cette fabrication.

En 1775, Venel, médecin-chimiste à Montpellier, fut le premier qui eut l'idée d'imiter les eaux de Seltz en mettant dans de l'eau pure des matières effervescentes; il crut que le gaz qui se développait était de l'air condensé. Son opinion était une erreur; mais son procédé fut le premier pas assuré pour l'imitation des eaux gazeuses naturelles.

Peu après, Black découvrit la nature du gaz acide carbonique, puis Priestley, Chaulnes, Rouille le cadet, constatèrent la présence de ce gaz dans les eaux spiritueuses ou acides gazeuses.

Le docteur Bergmann, illustre professeur suédois, fut le premier qui donna les meilleures analyses des eaux en général, et les meilleurs moyens de fabriquer; il mit même en principe: qu'une analyse d'eau minérale ne pouvait être réputée exacte que lorsqu'on avait réussi à en faire une semblable dans toutes ses propriétés en dissolvant dans l'eau les principes qu'on en avait extraits.

Il publia son troisième mémoire en 1778.

Les chimistes jusqu'alors avaient nié la possibilité de composer des liquides identiques en principe et en vertu aux eaux minérales naturelles.

On a peine à concevoir que les théories vagues et hasardeuses qu'on avait proposées jusqu'alors sur l'analyse des eaux, et que les essais presque informes qu'on avait faits aient été portés, par un seul homme et en si peu de temps, à une perfection telle que depuis cette époque jusqu'à ce jour, on n'a, pour ainsi dire, rien changé sur les premiers principes, c'est seulement dans la forme et la disposition des machines employées que l'on a apporté des perfectionnements.

Bergmann publia, quelque temps après, ses observations sur les bons effets des eaux factices, qu'il avait trouvées même souvent supérieures à celles de la nature.

Les médecins de tous les pays accueillirent avec empressement ce progrès de la création d'un agent thérapeutique jusqu'alors réservé à la classe opulente, et les pharmaciens instruits répondirent aux vœux des médecins en préparant dans leurs officines les eaux de Seltz, de Sedlitz, de Spa, de Balaruc, de Baréges, etc.

On vit alors la chimie, dans les trente dernières années de ce siècle, laisser bien loin en arrière ce qui avait été fait.

La France peut, à juste titre, revendiquer la plus large part de gloire dans les découvertes de cette grande époque.

Duchanois fit paraître, en 1779, un ouvrage sur l'art de préparer les eaux minérales artificielles.

Cet auteur offrit dans ce traité l'ensemble le plus complet de cette fabrication; mais les procédés insuffisants des laboratoires, puis la différence de ces eaux occasionnée par le plus ou le moins d'habileté des pharmaciens qui les préparaient, la consommation qui allait toujours croissant, firent naître à des hommes également habiles dans les connaissances chimiques et mécaniques, le projet (qu'ils exécutèrent) d'établir de véritables manufactures d'eaux minérales artificielles, pour répondre aux desirs des médecins et aux besoins des malades d'une grande et populeuse cité.

M. Gasse, à Genève, habile pharmacien de cette ville, forma un établissement dans lequel on fabriquait annuellement 40,000 bouteilles d'eau de Seltz. M. Paul, qui pendant dix ans avait été son associé, vint s'établir à Paris et y fonda en 1798, à l'hôtel d'Uzès, rue Montmartre, un établissement à l'instar de celui de Genève. M. Paul préparait huit espèces d'eaux minérales factices : 1° Eau de Seltz; 2° eau de Spa; 3° eau alcaline gazeuse; 4° eau de Sedlitz; 5° eau oxygénée (cette eau contient la moitié de son volume de gaz oxygène); 6° eau hydrogénée (cette eau contient le tiers de son volume de gaz hydrogène); 7° eau hydro-carbonatée; 8° eau sulfureuse.

Depuis cette époque, la fabrication des eaux gazeuses a reçu une telle amélioration qu'on peut dire avec certitude que l'art a dépassé la nature en ce qui concerne la dissolution de l'acide carbonique dans l'eau; ce n'est plus une eau médicinale, mais tout simplement une boisson d'agrément qui facilite la digestion, donne du ton à l'estomac et peut se prendre impunément dans toutes circonstances.

Personne aujourd'hui ne met en doute l'action salutaire des eaux rendues gazeuses par l'acide carbonique, et tout le monde sait aussi que les sources qui fournissent cette eau acidulée, contiennent des substances minérales, qui sans doute, peuvent avoir leur utilité en médecine, mais qui ne sauraient être ordonnées sans examen et en toutes circonstances, comme on peut le faire simplement de l'eau acidulée gazeuse.

La fabrication dont nous allons nous occuper a donc pour but de mettre de côté tous les sels médicamenteux, et, en effet, toute personne peut se livrer à cette fabrication; mais lorsqu'il s'agit de préparer des eaux gazeuses contenant des sels, nous n'hésitons pas à le dire, cela dépend de la pharmacie et ne saurait se préparer que par elle. Les eaux gazeuses obtenues au moyen des poudres (l'acide tartrique et le bi-carbonate de soude) ne devraient se vendre que par l'entremise des pharmaciens; cependant beaucoup de personnes se livrent à ce commerce, mais nous croyons que les pharmaciens auraient droit de s'y opposer, et cela serait même à désirer dans l'intérêt de l'humanité, car il arrive souvent des accidents occasionnés par l'usage de ces poudres, qui peuvent avoir leur efficacité quand elles sont ordonnées par un médecin, mais dont il serait dangereux de faire usage dans toutes circonstances et surtout lorsqu'un malade est resté quelque temps à la diète, et que l'eau de Seltz lui est ordonnée comme tonique, et

pour faciliter la digestion des premiers aliments qu'on lui fait prendre.

En effet, on sait que les eaux rendues gazeuses par les poudres contiennent aussi les sels dont on fait usage pour produire le gaz acide carbonique; la réunion de l'acide tartrique et du bi-carbonate de soude, en même temps que ce mélange donne lieu à un dégagement d'acide carbonique, il y a aussi la formation de bi-tartrate de soude, sel qui a une action purgative et dont on ne devrait pas faire usage sans ordonnance.

La bonne fabrication des eaux gazeuses doit donc consister en deux opérations bien distinctes :

D'un côté on dégage l'acide carbonique, et de l'autre on opère sa dissolution dans une eau pure; c'est là ce que nous allons démontrer en décrivant les divers appareils qui ont été faits pour cet usage.

Il existe aujourd'hui quatre systèmes bien connus :

Le système de Genève, celui de Bramah, celui de MM. Vernaut et Barruel, et celui de M. Savarèse.

Avant d'expliquer la manœuvre de chaque système, nous parlerons d'abord des moyens employés pour dégager l'acide carbonique, ils sont à peu près les mêmes pour tous.

Pour opérer un dégagement d'acide carbonique, il suffit de verser un acide puissant sur un carbonate de chaux, de soude ou de magnésie; on se servait autrefois de l'acide hydro-chlorique, parce qu'il était d'un prix peu élevé, et qu'en l'employant avec du marbre, le dégagement gazeux s'opérait sans qu'il fût nécessaire d'agiter le mélange; mais on a reconnu l'inconvénient de l'usage de cet acide, qui contient toujours un peu d'acide sulfureux, lequel n'est pas entièrement retenu dans l'eau des vases laveurs et pénètre dans les eaux gazeuses; de plus, cet acide étant lui-même gazeux, il est bien difficile de l'empêcher d'arriver jusqu'à l'eau, qui, pour être bonne, ne doit contenir aucune autre substance que l'acide carbonique; ajoutons encore qu'il a l'inconvénient d'attaquer presque tous les métaux, c'est pourquoi on l'a complètement mis de côté pour n'employer que l'acide sulfurique.

Les carbonates dont on faisait usage autrefois sont toujours les mêmes; le marbre, la craie, les bi-carbonates de soude et de magnésie, suivant les lieux et la facilité qu'on a de se les procurer; mais généralement en France, on ne se sert que de craie pilée, lavée et desséchée, autrement dite blanc de Troyes, de Meudon, etc. En Italie, on se sert de marbre, vu qu'il est d'un prix peu élevé.

Du contact de l'acide sulfurique et d'un carbonate de chaux, il résulte un sel insoluble (le sulfate de chaux); c'est pourquoi il est nécessaire d'agiter le mélange afin que le dégagement continue, autrement il s'arrêterait par suite des dépôts de sulfate de chaux qui se feraient sur le carbonate et empêcheraient le contact de l'acide; cela expliqué, il sera facile de comprendre comment est construit un récipient propre au dégagement de l'acide carbonique.

C'est tout simplement un tonneau en plomb que l'on nomme générateur, muni au centre d'un agitateur qu'on met en mouvement à volonté; à la partie supérieure on ajuste un flacon en plomb ou en verre contenant l'acide sulfurique, au moyen d'un robinet en verre, on peut à volonté livrer passage à l'acide qui tombe dans un mélange de craie et d'eau, qu'on a au préalable introduit dans le tonneau par une ouverture pratiquée à cet effet, et qui est ensuite hermétiquement fermée.

Un petit tube de plomb partant du sommet du tonneau vient communiquer avec la partie supérieure du vase contenant l'acide, ce tube est destiné à équilibrer la pression intérieure du tonneau avec la surface de l'acide, afin qu'il puisse s'écouler sans obstacle.

À côté de ce générateur on place un tonneau en bois qui sert à laver le gaz, à côté du tonneau laveur on

place un autre tonneau encore plus grand qu'on remplit d'eau, et dans lequel on place une cloche en cuivre étamé, ou autrement dire un gazomètre, qui est tenu en équilibre par un contre-poids, le tout étant suspendu à une potence fixée au-dessus du tonneau.

Un tube de plomb fixé au récipient de dégagement va plonger dans le tonneau laveur, où le gaz est divisé en petites bulles au moyen d'un double fond garni de petits trous; un autre tube de plomb part de la surface du laveur et dirige le gaz sous le gazomètre qui s'élève en même temps qu'il s'emplit.

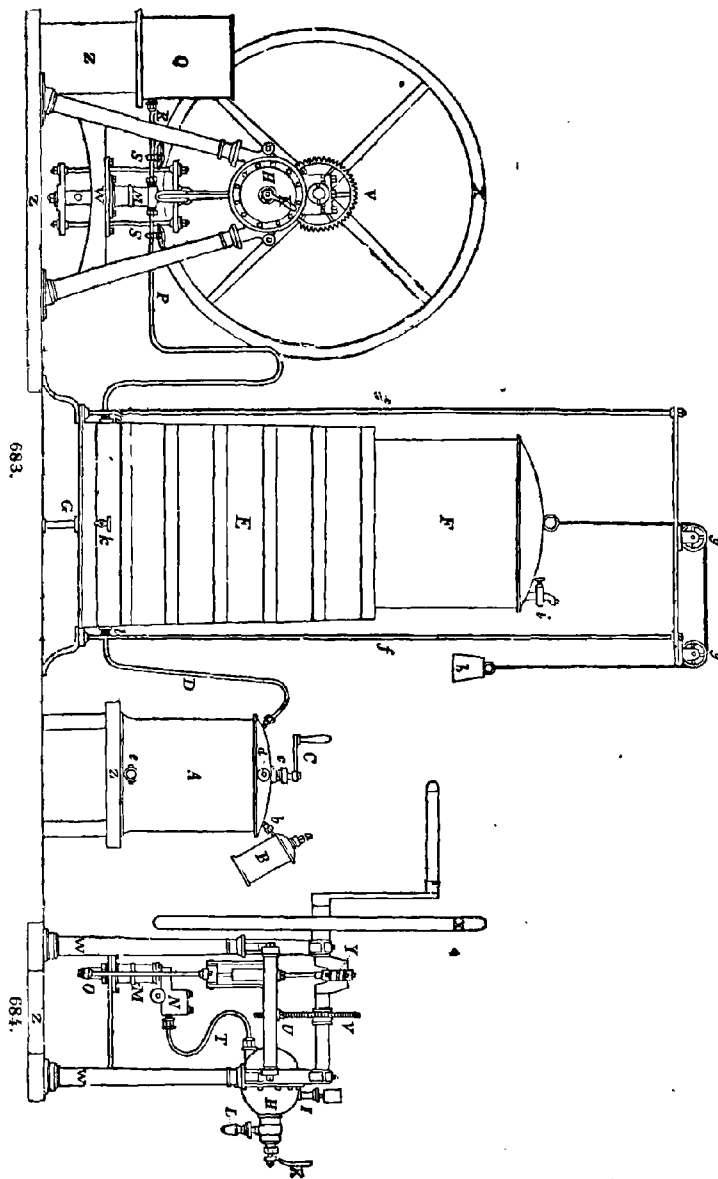
Genève, et comme l'acide carbonique n'a que très peu d'affinité pour l'eau, il n'est pas suffisant de le comprimer pour le faire dissoudre, il faut en même temps agiter l'eau; et c'est ce qu'on fait au moyen d'un agitateur placé dans l'intérieur du cylindre.

Lorsque l'eau est saturée à cinq ou six atmosphères, on procède à la mise en bouteille; mais on comprend qu'une fois l'embouteillage commencé, la tension intérieure du cylindre diminue, et l'eau s'affaiblit d'autant plus que l'embouteillage approche de sa fin; cet inconvénient empêchait d'avoir des eaux régulièrement chargées de gaz; de plus, la manœuvre de la pompe est très pénible, et si l'on veut préparer des eaux très gazeuses, en augmentant la pression, la pompe cesse alors de refouler le gaz dans le cylindre saturateur.

On a été longtemps à pouvoir s'expliquer comment il se faisait que, malgré l'action de la pompe, le gaz ne pénétrait plus dans le cylindre saturateur, cela dépend de deux causes: c'est qu'il devient difficile de refouler du gaz à plus de six atmosphères par le jeu d'une pompe à piston, qui cesse toujours de fermer exactement, et ensuite le calorique latent du gaz mis en liberté par sa compression, n'ayant pas le temps d'être absorbé par les corps environnants, réagit sur le gaz lui-même au moment où l'on remonte le piston, en sorte que la manœuvre de la pompe devient nulle.

Lorsqu'on arrive à une pression assez élevée, le gaz se comprime et se dilate sans sortir du corps de pompe; ces inconvénients ont entièrement disparus par l'heureuse idée de Bramah, qui a renversé le corps de pompe en plaçant le piston en dessous, et a adopté un collier en cuir semblable à celui dont il avait fait l'application aux pompes hydrauliques.

La pompe, ainsi modifiée, aspire en même temps de l'eau et du gaz, et le collier se trouvant toujours submergé, garde mieux le liquide, avantage d'autant plus précieux que cette pompe a un effet continu, puisqu'elle refoule en même temps l'eau, de sorte qu'au fur et à mesure qu'on tire le liquide pour le mettre en bouteille, la pompe alimente dans les mêmes proportions le ré-



Le gaz étant dégagé et accumulé sous le gazomètre on se sert d'une pompe aspirante et foulante à l'aide de laquelle on l'introduit dans un grand cylindre contenant de l'eau, c'est ce qu'on appelle le système de

précieux que cette pompe a un effet continu, puisqu'elle refoule en même temps l'eau, de sorte qu'au fur et à mesure qu'on tire le liquide pour le mettre en bouteille, la pompe alimente dans les mêmes proportions le ré-

servoir; la saturation de l'eau se fait à l'aide d'un agitateur mis en mouvement par le jeu même de la pompe, c'est là ce qu'on appelle système continu de Bramah.

Les fig. 683 et 684 représentent les vues de face et de côté de cet appareil, tel qu'il se construit actuellement en Angleterre.

La fig. 683 représente l'appareil vu de face.

La fig. 684 en donne l'élévation latérale.

A, générateur en plomb dans lequel se prépare le gaz; B, vase en plomb contenant de l'acide sulfurique; C, poignée de l'agitateur du récipient, qui remue les ingrédients dans le générateur; a, couvercle à vis, pour charger le vase en plomb d'acide sulfurique; b, robinet servant à introduire les doses d'acide dans le générateur; c, boîte à étoupes par laquelle passe la tringle de l'agitateur; d, grand couvercle à vis, servant à mettre l'eau et la craie dans le générateur; e, ouverture fermée à vis par laquelle on vide l'appareil; D, tuyau en plomb qui conduit le gaz du générateur au gazomètre; E, cuve en bois remplie d'eau, où plonge le gazomètre; F, gazomètre en cuivre; G, fort châssis en fer qui porte la cuve et le gazomètre, et les lie solidement ensemble au moyen des trois montants en fer forgé f, f; g, g, deux poulies soutenant la corde et le poids h qui maintient le gazomètre; i, robinet servant à chasser l'air contenu dans le gazomètre avant de faire le gaz; k, robinet pour vider l'eau du cuvier; l, point de jonction où se trouve fixé un tuyau de cuivre qui traverse l'eau de la cuve et porte le gaz au gazomètre; m, autre point de jonction ayant un tuyau de cuivre semblable, qui mène le gaz du gazomètre à la machine à eau gazeuse; H, H, condenseur pour charger l'eau de gaz; I, soupape de sûreté; K, L, soupape servant à mettre la liqueur en bouteilles; M, M, pompe à eau gazeuse; N, soupape; O, O, piston de la pompe; P, tuyau qui conduit le gaz du gazomètre à la pompe; S, S, deux robinets destinés à régler l'admission du gaz et celle de la solution dans la pompe; T, tuyau en cuivre par lequel l'eau gazeuse est chassée dans le condenseur; V V, roue de commande; W W, châssis en fonte qui porte l'appareil; X X, volant en fonte; Z, traverse en fer forgé; Y, Z, Z, échafaudage et supports en bois qui maintiennent le corps de la machine.

Ce mode de fabrication bien dirigé a un avantage réel dans les grandes fabriques, mais il nécessite un matériel assez considérable et l'emploi de trois ouvriers, quand bien même on n'aurait que dix bouteilles d'eau à fabriquer. Nous disons que ce système ne peut convenir qu'à de grandes fabriques, non seulement à cause du nombre d'ouvriers qu'il faut pour opérer, mais c'est qu'aussi cet appareil manœuvre mieux en travaillant tous les jours; car, lorsqu'on arrête, les cuirs se dessèchent et prennent un mauvais goût, la pompe cesse momentanément d'aspirer, et lorsqu'elle commence à reprendre l'eau elle lui communique un goût qui ne s'en va qu'après plusieurs jours de travail; ce système ne saurait donc convenir dans les petites localités où le débit des eaux gazeuses a peu d'importance.

Le troisième système, celui de MM. Vernaut et Baruel, est composé comme suit :

La première partie, servant au dégagement du gaz, se compose d'un grand générateur en forme de tonneau placé horizontalement et traversé par un agitateur; à la partie supérieure se trouve placée une boule en cuivre, doublée en plomb, contenant l'acide sulfurique concentré qu'on laisse tomber sur le mélange de craie et d'eau qu'on a, au préalable, introduit dans le générateur; il y a également un petit tube qui sert à équilibrer la tension sur l'acide sulfurique. C'est en un mot un tonneau de dégagement à peu près semblable à celui que nous avons décrit plus haut, avec cette différence que celui-ci est placé horizontalement et qu'il

est fait d'un métal très résistant pour pouvoir maintenir dans son intérieur la grande quantité de gaz qui s'y dégage. À côté du tonneau de dégagement, il y a un ou deux vases laveurs, et ensuite un cylindre saturateur, au fur et à mesure que le gaz se dégage, il va se rendre dans le cylindre où la saturation se fait au moyen d'un agitateur, ou en faisant osciller le cylindre. Ce système a un avantage sur la pompe de Bramah, attendu que la main-d'œuvre du refoulement du gaz est inutile, puisqu'on utilise l'action chimique du dégagement de l'acide carbonique; mais il n'est pas sans danger à cause du vase qui contient l'acide sulfurique, et qui doit être soumis à la même tension que celle existant dans les autres parties de l'appareil. Il se détériore assez promptement à l'endroit qui sert de fermeture pour intercepter l'écoulement de l'acide dans le générateur; il y a aussi un développement assez considérable de calorique lorsqu'à lieu le mélange de l'acide avec l'eau contenue dans le générateur, ce qui peut développer une odeur de marne toujours nuisible à la qualité de l'eau gazeuse. Cette chaleur contribue aussi à attaquer plus facilement les métaux qui sont en contact avec l'acide sulfurique.

Dans les appareils à système continu, il y a aussi l'inconvénient de la production de chaleur; mais comme la pression est presque nulle dans le tonneau en plomb générateur, l'action est aussi moins destructive; cependant il pourrait y avoir une explosion du bocal à acide, qui ne serait pas sans danger, si le tube par où s'écoule le gaz venait à se boucher, ce qui peut avoir lieu par un dégagement trop abondant qui convertirait la masse en écume. On obvie à cet inconvénient en donnant un large passage au premier tube. L'ouvrier qui manœuvre la pompe peut aussi faire éclater le récipient saturateur, s'il ne porte pas toute son attention à l'examen du manomètre et du niveau d'eau.

Le quatrième et dernier système, celui de M. Savarèse, dont nous allons parler, est un perfectionnement aux autres systèmes.

Le volume et le poids total de cet appareil sont réduits de plus des trois quarts, comparés à ceux des autres.

La manœuvre en est facile, même pour ceux qui ne l'ont jamais vu, et une seule personne suffit pour en diriger le travail. Les explosions y sont impossibles, vu que la quantité de gaz produite se trouve parfaitement déterminée, et que la résistance de l'appareil a été calculée dix fois plus grande que la puissance qui agit à son intérieur. Ce fait est facile à prévoir, puisqu'il ne peut y avoir de gaz produit qu'en mettant en contact un acide et un carbonate. Si donc le poids ou le volume de ces deux réactifs sont connus, on sera certain des volumes de gaz produits, puisqu'il ne s'agit ici que de calculer les équivalents des réactifs mis en contact, et par surcroît de précaution, on a encore prévu le cas où l'on pourrait se tromper dans le poids des réactifs employés. L'appareil Savarèse est confectionné de manière à ne pouvoir y introduire que la quantité rigoureuse des agents nécessaires; si la mesure excédait la quantité voulue, on ne pourrait fermer l'appareil qu'après avoir retranché l'excédant.

L'acide sulfurique, dans ce système, n'est employé qu'après avoir été étendu de 45 fois son poids d'eau et refroidi, en sorte qu'il n'y a jamais une élévation de température dans le travail.

Le carbonate de chaux se trouve isolé de l'eau acidulée jusqu'au moment où l'appareil est fermé, c'est alors que le mélange s'opère par un agitateur et aussitôt l'acide se neutralise en même temps que le gaz se dégage, d'où il résulte que l'acide sulfurique ne reste que très peu de temps en contact avec le générateur, vu qu'il est neutralisé par le carbonate de chaux dont

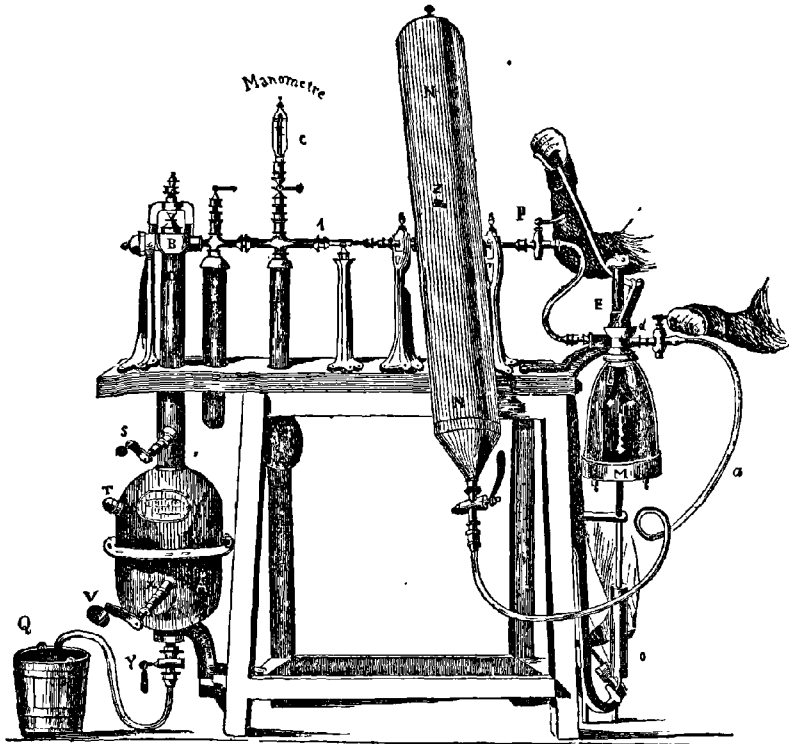
la proportion est calculée pour qu'il n'y ait jamais excès d'acide.

Le gaz qui se dégage s'épure en montant dans la colonne remplie de carbonate de chaux, d'où il passe successivement dans deux vases laveurs, puis arrive dans le cylindre saturateur que l'on fait osciller pour accélérer la saturation. Le mouvement du cylindre ne se fait pas sentir sur les tubes conducteurs auxquels il n'imprime aucun mouvement de torsion, vu qu'il pivote entre deux boîtes à étoupes; cinq minutes suffisent pour préparer un cylindre d'eau gazeuse à 40 atmosphères. Cet appareil peut se loger dans un petit espace d'environ 2 mètres; il peut fabriquer de 500 à 4,000 bouteilles par jour. Il est muni d'un manomètre dont l'invention est aussi de M. Savarèse, et calculé spécialement pour la fabrication des eaux gazeuses. Le mercure a été remplacé par de l'eau, et la hauteur du tube manométrique se trouve à quelques centimètres; malgré son peu d'élévation, les divisions d'une atmosphère à une autre peuvent s'écarter à volonté. A cet effet, le tube manométrique porte deux renflements, dont l'un inférieur a pour but de raccourcir le manomètre en lui donnant une plus grande surface horizontale aux dépens de celle verticale; le second renflement, placé à la partie supérieure, a pour but de donner plus d'espace entre chaque atmosphère qu'on a le plus d'intérêt à connaître.

Ce tube manométrique peut se remplacer par la première personne venue, sans scellement ni mastic.

La fig. 685 représente l'appareil dans son ensemble.

A, est le récipient générateur dans lequel s'introduit l'eau acidulée; D, col allongé dans lequel on introduit le carbonate de chaux; S, pièce servant à isoler momentanément le carbonate de chaux du contact de l'acide; B, ouverture fermée par où l'on introduit la craie; T ouverture fermée par où l'on introduit l'acide; F, premier vase laveur; F', second vase laveur; C, manomètre; I, boîte à étoupes à rotule dans laquelle pivote l'axe du cylindre; N, cylindre saturateur; a, tube servant à conduire le liquide à l'embouteillage; d, robinet livrant passage au liquide qu'on veut introduire dans une bouteille; M, bouteille pour être remplie; E, machine à boucher, chassant le bouchon par un levier à parallélogramme; O, pédale servant à comprimer la bouteille lorsqu'on la remplit; P, robinet de retour dont on se sert dans la fabrication des vins mousseux; c'est par ce robinet que l'air atmosphérique de la bouteille remonte dans l'atmosphère gazeuse du cylindre, afin d'éviter la formation de la mousse et pour éviter la déperdition de l'arôme du vin; Q, seau fermé, destiné à recevoir le résidu du générateur. Il suffit d'ouvrir le robinet Y pour que toutes les matières passent dans le seau, chassées qu'elles sont par la puissance du gaz



685.

On n'a pas besoin de se rendre compte des changements de température, comme cela a lieu à l'égard des manomètres à syphon, attendu que l'air ambiant communique à volonté dans le tube manométrique, ce qui fait que le manomètre est toujours exact, lors même qu'on fonctionnerait à des températures différentes.

qui reste encore dans le générateur lorsque l'opération est terminée; V, manivelle de l'agitateur servant au dégagement du gaz.

Les eaux gazeuses une fois fabriquées, on n'a encore que la moitié de l'ouvrage de fait, puis qu'il faut les introduire dans les bouteilles destinées à les livrer au commerce. A cet effet, on emploie deux genres de mé-

caniques : l'une est à engrenage semblable à celui du plic, et avec lequel on chasse le bouchon dans la bouteille ; l'autre est celle qu'on voit représentée dans la fig. 685. Le levier est chassé à l'aide d'un parallélogramme. Ce système a pour avantage de moins casser les bouteilles que le mouvement saccadé et brusque de l'engrenage.

C'est M. Vielcazal qui, le premier, a fait l'application de ce système.

On comprendra que l'embouteillage des eaux gazeuses n'est pas sans danger à cause de la casse des bouteilles dont les fragments de verre sont divisés en lames aiguës et tranchantes, et pourraient blesser si on ne prenait les précautions nécessaires pour s'en garantir ; aussi les machines à boucher sont-elles munies d'un masque en métal.

C'est dans le but de remédier à ces inconvénients, et aussi pour rendre l'embouteillage plus facile que M. Savarèsse a imaginé l'usage de ses vases syphoïdes, dont nous ferons dès à présent la description, puisqu'ils se rattachent à la fabrication des eaux gazeuses.

Il est inutile de s'étendre sur les inconvénients qui résultent de l'usage des bouteilles de verre pour le débit des liquides gazeux, car chacun a appris, par sa propre expérience, qu'au moment où l'on débouche une bouteille d'eau de Seltz, une partie en est rejetée par l'expansion du gaz, et le reste du liquide a bientôt perdu toute sa force ; les vases syphoïdes, comme nous l'avons dit, ont remédié à ces inconvénients ; mais, il faut le dire, ils sont d'un prix assez élevé, et demandent du soin pour leur entretien.

Le mécanisme de ces vases est du reste facile à comprendre.

Un cruchon en grès, très résistant, verni en dedans et en dehors, se trouve muni d'une tubulure à sa partie supérieure, à laquelle on adapte un appareil de fermeture permanente, en étain, qui porte un tube plongeur, qui descend jusqu'au fond du vase, un levier ou une clef à vis sert d'obturateur pour maintenir le liquide ; ce vase se remplit en le présentant à un robinet disposé à cet effet et communiquant au cylindre saturateur ; une issue a été ménagée pour laisser échapper l'air contenu dans le vase au fur et à mesure qu'il se remplit, et

lorsqu'on veut en obtenir du liquide il suffit d'appuyer sur le levier ou de tourner un peu la vis ; le liquide s'échappe, obligé de fuir par la pression qu'exerce le gaz à sa surface, le vase étant fermé le restant du liquide conserve sa force. L'emploi des bouchons et des ficelles se trouve remplacé à perpétuité par l'appareil de fermeture permanente.

Ces vases restent toujours la propriété de l'établissement

qui les reprend vides pour les remplir de nouveau ; on peut faire dans ces vases comme dans les bouteilles de verre, des limonades gazeuses ou toute autres boissons édulcorées ; il suffit pour cela d'y introduire le sirop préparé à l'avance comme cela se fait à l'égard des limonades ou orangeades, etc., etc.

Ces vases sont représentés dans les figures 686 et 687.

Nous indiquerons ici la manière de faire le sirop pour les limonades, comme étant indispensable à la fabrication des liquides gazeux.

Les limonades gazeuses se préparent avec l'eau saturée d'acide carbonique.

On prépare le sirop en faisant fondre ensemble deux parties de sucre et une partie d'eau en poids qu'on fait bouillir, environ un quart d'heure, en ayant soin d'écumer et de filtrer à chaud, puis on fait fondre séparément de l'acide citrique ou tartrique dans quatre fois son poids d'eau chaude ; lorsque la solution est complète on la verse dans le sirop qu'on agite, afin d'en opérer le mélange ; la quantité d'acide citrique qu'on emploie pour chaque livre de sucre est de 5 grammes, lorsqu'on opère avec de l'acide tartrique il en faut 8 grammes. Ce dernier est d'un prix moins élevé et a aussi pour avantage que les limonades se conservent plus longtemps sans se moisir.

Le parfum du citron est donné avec l'essence du zeste de citron, dans la proportion d'environ une goutte par livre de sucre, et lorsqu'on veut faire des orangeades il suffit d'y mettre de l'essence d'orange au lieu de citron.

Le sirop étant préparé d'avance, placé au frais, ne s'altère nullement, et lorsqu'on veut faire des limonades gazeuses on introduit dans chaque bouteille trois onces de sirop, et l'on tire de l'eau gazeuse par dessus, lorsque la bouteille est bouchée et ficelée, on l'agite, afin d'opérer le mélange. La limonade est alors prête à être livrée au consommateur.

Les eaux médicinales se préparent de la même manière, c'est-à-dire qu'on fait d'abord fondre les sels ; on filtre les solutions et on les introduit dans la bouteille pour la remplir d'eau gazeuse ; nous ne donnerons ici que la formule des eaux de Sedlitz, attendu que ce sont les seules qui s'obtiennent de meilleure qualité que les eaux naturelles ; pour les autres eaux minérales, nous l'avons déjà dit, nous croyons qu'il est préférable de ne faire usage que de celles naturelles et prises aux sources ; néanmoins ceux qui voudraient se livrer à cette fabrication, devront consulter la pharmacopée de M. Soubeiran, dans laquelle on trouve l'analyse et la préparation de toutes les eaux minérales.

L'eau de Sedlitz se prépare avec le sulfate de magnésium, suivant la force ordonnée par le médecin, qui est ordinairement de 20 à 48 grammes par bouteille.

Le sel est d'abord dissous dans une quantité d'eau, environ trois fois son poids, puis filtré et introduit dans la bouteille qu'on remplit d'eau gazeuse. Chaque bouteille doit porter une étiquette indiquant la poids du sel contenu dans le liquide.

EAU MINÉRALE. On appelle eaux minérales, celles qui contiennent des substances étrangères en assez grande quantité pour avoir une action marquée sur l'économie animale. Les unes sont chaudes et portent le nom d'eaux thermales, les autres sont dites eaux minérales froides. Sous le rapport de leur composition, on les divise en quatre groupes, savoir

- 1° Eaux alcalines ;
- 2° Eaux ferrugineuses ;
- 3° Eaux salines ;
- 4° Eaux sulfureuses.

Eaux alcalines. Ces eaux renferment des sels alcalins et ordinairement de l'acide carbonique libre. Les principales sont : à l'étranger, celles de Sedlitz, et en



686.



687.

France, celles de Plombières et de Vichy. Elles sont prises comme boisson pour faciliter la digestion.

Eaux ferrugineuses. Ces eaux renferment du carbonate de fer tenu en dissolution par de l'acide carbonique en plus ou moins grande quantité; au contact de l'air ce dernier se dégage, et le fer se dépose à l'état de peroxyde. Elles sont souvent chargées de sels alcalins. Parmi les eaux simplement ferrugineuses, nous citerons Passy, Forges, Bussang et Pymont. Parmi les eaux ferrugineuses et alcalines, les principales sont : celles de Spa (Belgique), de Carlsbad et de Tœplitz (Bohême); celles du Puy-de-Dôme (Mont-Dore, etc.) et de Cransac en France. On les prend fréquemment à l'intérieur, comme boisson fortifiante par suite de leur teneur en fer.

Eaux salines. Ces eaux renferment une assez grande quantité de sulfate de soude et de chlorure de sodium, mais pas de carbonate de soude; elles renferment aussi souvent de l'acide carbonique libre. Les principales eaux salines de France sont les sources du Cantal, d'Aix, de Balaruc, de Bourbonne-les-Bains, de Niederbronn et de Bains.

Eaux sulfureuses. Ces eaux sont caractérisées par la présence de l'hydrogène sulfuré, quelquefois à l'état libre, mais le plus souvent à l'état de sulfures alcalins; ces eaux qui ne sont employées qu'extérieurement, sont très abondantes en France : les principales sont celles d'Aix-la-Chapelle en Belgique, d'Eaux-Bonnes, de Barèges, de Cauterets, de Bagnères-de-Luchon et de Bagnères-de-Bigorre, dans les Pyrénées, et d'Enghien près Paris.

Lorsqu'on connaît la composition d'une eau minérale naturelle, on peut, en général, les imiter artificiellement assez bien, mais dans le cas où elles renferment des matières organiques, comme c'est le cas des eaux sulfureuses des Pyrénées qui contiennent une matière glaireuse azotée, la *barégine*, qu'il est impossible de reproduire, on n'obtient qu'une imitation très grossière, par l'addition d'une certaine quantité de gélatine.

EAU RÉGALE (*angl.* nitro-muriatic acid, *all.* kœnigswasser). Mélange en proportions variables d'acide nitrique et d'acide hydro-chlorique. Par suite de l'action réciproque de ces deux acides, il se dégage du chlore à l'état naissant, et par conséquent dans l'état le plus propre à se combiner avec les métaux, de telle sorte que le mélange dissout certains métaux, l'or, le platine, par exemple, sur lesquels chaque acide pris isolément n'avait aucune action. Le nom d'*eau régale*, donné à ce mélange, vient de la propriété qu'il a de dissoudre l'or, le roi des métaux, d'après les anciens alchimistes.

La composition de l'eau régale est variable. On prend ordinairement 2 à 3 parties d'acide hydro-chlorique pour une partie d'acide nitrique. On remplace quelquefois l'acide nitrique par du nitre. Lorsqu'on mêle de l'acide hydro-chlorique et du chlorate de potasse, on obtient un dissolvant encore plus énergique que l'eau régale.

L'acide hydro-fluorique mélangé avec de l'acide nitrique, ou acide nitro-fluorique, est encore plus actif que les mélanges précédents.

EBULLITION (*angl.* boiling, *all.* kochen). La transformation d'un liquide en vapeur s'appelle en général *évaporation*. Les liquides se vaporisent par *ébullition* quand les vapeurs se forment au sein de la masse, et par *ÉVAPORATION*, quand elles se forment à la surface.

L'ébullition se manifeste par des bulles de vapeur qui se forment sur les parois échauffées du vase qui renferme le liquide, et qui augmentent de volume au fur et à mesure qu'elles s'élèvent dans l'intérieur de la masse liquide en vertu de leur légèreté pour venir à

la fin éclater à la surface. Pour que ces bulles puissent se former et s'élever au milieu de la masse liquide qui les presse de toutes parts, il faut évidemment que la vapeur dont elles se composent ait une tension égale à la pression environnante; c'est cette condition qui détermine les points d'ébullition des différents liquides, ainsi que ceux du même liquide soumis à des pressions différentes.

Les causes qui peuvent faire varier le point d'ébullition d'un même liquide sont principalement la pression qu'il supporte et les substances qu'il peut tenir en dissolution; ensuite la cohésion et la nature du vase qui le contient, exercent aussi quelque influence, mais dans des limites très restreintes.

La température de l'ébullition de l'eau est d'autant moindre que l'on s'élève davantage au-dessus du niveau de la mer, et par conséquent, que la hauteur barométrique est plus faible, comme le montre le tableau suivant :

LOCALITÉS.	HAUTEUR au-dessus de l'Océan.	HAUTEUR moyenne du barom.	DÉGRÉ d'ébullition de l'eau.
	mètres.	millim.	degrés.
Métairie d'Antisana.	4104	454	86,3
Quito.	2908	527	90,4
Mexico.	2277	572	92,3
Hospice du Saint-Gothard.	2075	586	92,9
Briançon.	1306	615	95,5
Bains du Mont-Dore.	1040	667	96,5
Madrid.	608	704	97,8
Plombières.	421	721	98,4
Moscou.	300	732	99,0
Lyon.	162	745	99,4
Vienne.	133	747	99,5
Paris (4 ^e étage de l'Observatoire)	65	754	99,7
Niveau de la mer.	0	760	100,0

L'eau bouillante n'est donc pas également chaude dans tous les lieux de la terre, et par conséquent elle n'est pas également propre aux usages domestiques et à la préparation des aliments. A Quito, par exemple, où l'eau bout à 90°, on ne pourrait pas cuire beaucoup de substances qui peuvent être cuites à 100°.

Voici le point d'ébullition de divers liquides sous la pression barométrique de 760^{mm} de mercure :

Éther sulfurique.	37°,8
Sulfure de carbone.	47,0
Alcool.	79,8
Eau.	100,0
Essence de térébenthine.	157,0
Phosphore.	290,0
Soufre.	299,0
Acide sulfurique.	310,0
Huile de lin.	316,0
Mercure.	350,0

Lorsqu'on augmente la pression au lieu de la diminuer, on retarde l'ébullition, et d'autant plus, que cette augmentation est plus considérable. C'est ainsi que dans l'appareil si connu sous le nom de *digesteur de Papin*, on peut élever l'eau jusqu'aux plus hautes températures sans la faire bouillir. Cet appareil n'est autre chose qu'un vase cylindrique en bronze ou en fer, dont les parois sont susceptibles d'offrir une grande résistance. L'ouverture en est petite, et on la ferme avec une soupape que l'on charge de poids de manière à produire une pression de 40 à 50 atmosphères, suivant la force des parois. La vapeur qui se forme au-dessus du liquide acquiert toujours une pression suffisante, pour empêcher l'ébullition; mais lorsqu'on ouvre la soupape, l'eau s'élance en vapeur avec une telle force

qu'elle forme un jet de 8 à 10^m de hauteur, et en même temps, le vase se refroidit considérablement par suite de la chaleur absorbée par le passage de l'eau de l'état liquide à l'état gazeux.

Le digesteur inventé par Papin au milieu du XVII^e siècle servit alors à montrer la puissance mécanique utilisable que l'on pouvait accumuler dans la vapeur par l'action de la chaleur, ainsi que la puissance dissolvante de l'eau, maintenue liquide à des températures supérieures à 400°. (Voyez COLLE-FORTE, GÉLATINE).

L'autoclave inventé par feu M. D'Arcet est un appareil du même genre que le digesteur de Papin; il en diffère seulement par une ingénieuse modification. Outre l'ouverture de la soupape, qui est toujours très petite, l'autoclave porte une autre ouverture, de grandeur arbitraire et de forme essentiellement elliptique; par cette disposition, le couvercle, quoique plus large, peut être mis en dedans; c'est alors la tension de la vapeur qui le presse contre les parois: ainsi, l'appareil se ferme de lui-même, et d'autant mieux que la tension est plus forte.

Si l'eau n'est pas hermétiquement renfermée dans une chaudière, et s'il se trouve quelque issue par où la vapeur puisse s'échapper, le point d'ébullition dépend alors de la grandeur de l'ouverture comparée à la surface de chauffe. Voici un tableau des températures approchées que peut prendre l'eau dans ces circonstances sous la pression ordinaire:

Température que prend l'eau dans la chaudière.	Rapport de la surface de l'orifice d'échappement de la vapeur à la surface de chauffe.
400°	1/1000° et au-dessus.
405.	1/5000
415	1/10000
438.	1/20000

Il paraît que dans le même temps, la quantité de vapeur qui sort par chacune de ces ouvertures est à peu près la même. Ainsi en une minute, le poids de la vapeur d'eau qui se dégage d'une chaudière tout à fait ouverte, à 400°, serait à peu près la même que celle qui s'écoulerait de la même chaudière à 438°, par un orifice dont la surface serait 1/20000^e de la surface de chauffe.

Le point d'ébullition d'un liquide n'est pas changé par des corps étrangers, tels que du sable, qu'il tient mécaniquement en suspension; mais il est toujours changé par les corps qui s'y combinent chimiquement, tels que les sels solubles; un phénomène digne de remarque, c'est que la vapeur qui donne ces dissolutions est de la vapeur d'eau parfaitement pure, sans aucune trace des substances dissoutes.

Tableau des points d'ébullition de diverses dissolutions saturées et des proportions de sels correspondants :

NOMS DES SELS.	POINTS d'ébullition en degrés centigrades.	QUANTITÉS de sel quiaturent 100 d'eau.
Carbonate de soude. . .	104°,5	48,5
Chlorure de potassium. .	408°,3	59,4
Chlorure de sodium (sel marin).	108°,4	41,2
Sel ammoniac.	144°,2	88,9
Nitrate de potasse (nitre). .	445°,9	335,1
Nitrate de soude.	421°,0	224,8
Acétate de soude.	124°,4	209,0
Carbonate de potasse. . .	435°,0	205,0
Chlorure de calcium. . .	479°,5	325,0

M. Legrand a fait des expériences très intéressantes à ce sujet, et le tableau ci-dessus contient les résultats principaux auxquels il est parvenu :

Lorsqu'un liquide est combiné avec un autre liquide, plus ou moins volatil que lui, il y a encore changement dans le point d'ébullition; mais alors la vapeur qui se forme n'est souvent qu'un mélange, en diverses proportions, des vapeurs des deux liquides. Ainsi, l'alcool avance le point d'ébullition de l'eau, l'acide sulfurique le retarde, et, dans les deux cas, les vapeurs sont simplement mélangées, quoique les liquides soient chimiquement combinés.

L'eau bout un peu plus tard dans un vase de verre que dans un vase de métal, et en même temps l'ébullition se fait par des soubresauts très violents; d'autres liquides présentent des phénomènes analogues, et ces soubresauts paraissent d'autant plus violents que le liquide présente plus de cohésion et qu'il exerce sur la matière du vase une action moléculaire plus grande: c'est pour cela que la distillation de l'acide sulfurique est si difficile à exécuter dans des cornes en verre. Il suffit souvent de jeter dans un vase de verre un morceau de métal, ou quelques poudres métalliques, pour rendre l'ébullition très régulière.

Enfin, la rapidité de l'ébullition dépend de l'intensité du feu et par conséquent du tirage de la cheminée et de la surface de chauffe. (Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR).

Plusieurs liquides mis en contact avec une surface métallique fortement chauffée, au lieu de s'agiter et de bouillir vivement, se transforment en globules qui conservent leur volume, et n'en diminuent pas sensiblement. M. Boutigny a fait à ce sujet des recherches très intéressantes dont nous rendrons compte à la fin de l'article VAPEUR.

ÉCAILLE. (*angl.* tortoise shell, *all.* schildkroten-schale). L'écaille est une substance cornée qui recouvre, en plaques plus ou moins grandes, plus ou moins épaisses, la carapace de quelques espèces de tortues. La tortue appelée *caret*, et qu'on pêche en Asie et en Amérique, est celle qui porte la plus belle espèce d'écaille. On compte, sur chaque carapace, treize lames et vingt six autres morceaux recourbés qu'on désigne sous le nom d'*onglons*, qu'on en détache à l'aide de la chaleur, soit de l'eau bouillante, soit, selon quelques voyageurs, en allumant du feu dans la carapace même. L'écaille est tantôt blonde, tantôt brune, tantôt noire; le plus souvent, ces trois couleurs se trouvent réunies sur le même morceau qu'elles nuancent d'une manière agréable.

L'écaille se travaille à peu près comme la corne, et tout ce que nous avons dit de l'aplatissage et de la soudure de celle-ci s'applique à l'écaille, avec cette différence que l'on n'a que le léger bombement de l'écaille à faire disparaître dans l'aplatissage, et qu'il n'est pas nécessaire de la refondre comme la corne; enfin, quant à la soudure, il faut une température plus élevée que pour la corne, et il devient nécessaire d'employer l'eau salée (une poignée de sel par litre d'eau) dans laquelle on la laisse bouillir trois quarts d'heure à une heure, suivant sa nature. Les jeunes écailles doivent bouillir moins longtemps, mais dans une eau plus salée que les vieilles; enfin, la chauffe et le serrage, au moment de la soudure, doivent être beaucoup moins fortes que pour la corne. Une autre différence à observer, c'est qu'il est tout à fait inutile de faire tremper préalablement l'écaille dans l'eau froide.

L'écaille est ordinairement moulée, de la même manière que la corne.

Pour faire des incrustations sur l'écaille, on prend du fil d'or ou simplement de cuivre doré que l'on contourne avec des pinces, de manière à former un fragment de dessin que l'on veut reproduire. Ce fragment s'applique sur l'écaille; au moyen d'une couche de gomme adragante. On dis-

pose successivement autour, ou à côté, les fragments du dessin dans lequel entrent souvent de petites plaques d'une nacre-naturellement très mince et encore amincie à la meule, qu'on désigne sous le nom de *nacre de Burgos*, et dont les teintes et les reflets sont beaucoup plus vifs et plus variés que ceux de la nacre ordinaire. Lorsqu'il s'agit de lignes droites un peu longues, on creuse ordinairement un sillon avec un burin pour y loger le fil métallique, qu'il serait difficile d'empêcher de se déranger sans cette précaution. Lorsque le dessin est terminé, on remet la pièce dans le moule où elle a été fabriquée, et au moyen de la pression à chaud, on fait pénétrer dans l'écaïlle ramollie tous les fils métalliques ou les morceaux de nacre qui forment le dessin, et qui s'y trouvent solidement retenus par la contraction qu'éprouve l'écaïlle en se refroidissant.

On fait encore usage d'une autre espèce d'incrustation qui produit de charmants effets, et dont nous empruntons la description suivante à M. Boquillon :

Dans un premier moulage, soit en écaïlle fondue, soit en écaïlle naturelle, l'écaïlle reçoit du moule des entailles profondes, formant des dessins divers. On introduit ensuite dans ces sillons de la râpure d'écaïlle très fine et colorée, que l'on y tasse fortement, puis on essuie bien toute la surface, de telle sorte qu'il ne reste de la râpure d'écaïlle colorée que dans les sillons. On remet la pièce dans un autre moule exactement de même dimension, et portant, soit un *guilloché*, soit des dessins en relief, qui se raccordent parfaitement avec ceux qu'a produits le premier moule. Il résulte de ce second moulage des dessins d'une autre couleur que le fond, et qui produisent de fort jolis effets. Quant à la coloration de la râpure d'écaïlle, il suffit, pour la produire, de la mélanger avec la couleur convenable, lors des moulages successifs que l'on fait subir aux déchets et rognures d'écaïlle (voyez CORNE).

ÉCARLATE (*angl.* scarlet, *all.* scharlach). C'est une couleur rouge vif extrêmement belle et éclatante que l'on obtient en fixant la couleur de la COCHENILLE par un mélange de crème de tartre et de per-chlorure d'étain (voyez TEINTURE).

ÉCARRISSEUR, ÉCARRISSAGE. Écarrir, c'est abattre un cheval hors de service pour le dépecer et en séparer les matières premières nécessaires aux fabricants qui s'occupent du traitement des matières animales (prussiate de potasse, sels ammoniacaux, engrais musculaires, noirs d'ivoire, noir animal, colle, gélatine, phosphates, boyauderies, etc., etc.). Les chevaux morts de maladie ou accidentellement sont achetés par l'écarrisseur; tous les animaux morts, chiens, chats, etc., passent entre ses mains. L'ouvrier qui s'occupe plus spécialement du dépeçage des chiens et des chats prend le nom d'écorcheur.

Près des grandes villes, le métier d'écarrisseur a toujours été profitable aux gens qui s'y livrent, mais il est pour le voisinage la source de tant d'inconvénients qu'il ne peut être exercé qu'à de certaines conditions et sous une surveillance des plus actives. Pendant près de cinquante ans, les particuliers n'ont cessé de porter plainte contre des établissements où l'écarrissage était encore à l'état de barbarie. A Montfaucon, la saleté était si révoltante, l'odeur si fétide, que les maisons voisines n'étaient plus habitables. Grâce aux efforts soutenus et aux publications de MM. D'Arceet, Parent-Duchatelet, Payen, cette industrie a perdu ce qu'elle avait de repoussant et d'incommode.

Les matières jadis abandonnées, au détriment de l'agriculture et de l'industrie, sont maintenant utilisées; toutes les améliorations réclamées depuis si longtemps sont mises en pratique dans le bel établissement d'Aubervillers, que nous aurons occasion de citer dans le cours de cet article. La répugnance qu'inspire généralement le dépeçage d'un cadavre s'est long-

temps opposée, surtout dans les campagnes, au progrès de l'écarrissage. Nous voyons encore les paysans porter au loin les animaux morts, dont ils pourraient tirer un si grand parti. Cette répugnance est-elle fondée? L'écarrissage compromet-il la santé des ouvriers? les gaz que développent la putréfaction ont-ils quelque influence nuisible? non... Les enquêtes consciencieuses de MM. Parent-Duchatelet et Payen ont prouvé qu'en général, la santé des écarrisseurs était meilleure que celle des ouvriers employés dans les autres fabriques; au milieu de cette putréfaction, nous avons vu grandir et se développer des enfants sains et vigoureux.

Pour calmer les craintes imaginaires que fait naître cette industrie, disons que, dans le clos de Montfaucon, il ne s'est pas présenté un seul cas de choléra, pendant que ce fleau décimait les quartiers les plus riches et les mieux tenus de Paris.

En thèse générale, le dépeçage des animaux morts est sans danger, il est toutefois une circonstance où l'on doit s'en abstenir. Quand un animal succombe à la maladie connue sous le nom de charbon (anthrax), il faut bien se garder d'y toucher, l'entraîner avec un long croc dans une fosse préparée d'avance, et le recouvrir de terre. Au bout de deux ans, on peut extraire de la fosse les os, pour les vendre. Cette affection morbide est tellement caractérisée dans ses symptômes et dans sa marche, qu'elle ne peut donner lieu à aucune erreur. Les indices du charbon sont les suivants : tumeur gangréneuse surmontée de cloches, douleur vive, chaleur ardente. Les pustules se convertissent en escarres. L'animal est triste, agite ses flancs près desquels se développe une grosseur douloureuse au toucher et rendant le bruit d'une membrane sèche. Après la mort, qui survient au bout de 18 à 30 heures, la langue est noire, la chair et le sang colorés en brun. A ces signes évidents on connaît le charbon; dans le doute il vaudrait mieux s'abstenir et consulter un vétérinaire. Dans tous les cas, pourquoi d'ailleurs les ouvriers n'évitent-ils pas même l'ombre du danger, en imprégnant leurs vêtements de travail et leurs mains d'une solution de chlorure de chaux qui est à si bon marché.

Nous avons prouvé que l'écarrissage n'était pas une opération insalubre, tâchons de prouver combien elle peut être lucrative pour les cultivateurs. Un cheval hors de service par suite de maladie, de vieillesse, ou d'une luxation qui ne peut être remise, vaut généralement de 40 à 45 francs. Traité par des procédés peu coûteux, à la portée de tous, il peut acquérir une valeur de 70 francs en moyenne. Une vache du poids de 400 kilogr. peut donner environ 60 francs. Les animaux plus petits présenteraient à proportion les mêmes bénéfices. Pour fixer les idées à cet égard, posons des chiffres, présentons les tableaux que nous devons à M. Payen. Ses comptes-rendus, fruits d'une longue expérience et d'une fabrication en grand, ne laisseront aucun doute dans les esprits. Prenons deux chevaux, l'un de volume moyen, l'autre en bon état, et nous verrons les matières qu'on peut en extraire et le prix qu'on en retire. Ces prix peuvent être modifiés suivant les localités, mais les produits mentionnés dans ces tableaux (voir à la page suivante) offrent en tout pays des applications nombreuses, soit qu'on considère l'agriculture ou l'industrie.

Tous les chevaux qui meurent sont conduits dans des entrepôts d'où ils sont transportés à Aubervillers, les chevaux vivants doivent y être abattus le jour de leur arrivée. Les voitures, qui servent à porter les animaux destinés à l'abattage, sont munies de cordes et d'un moulinet, afin qu'un homme, en les attachant par la queue, puisse facilement les enlever. Pour que les jambes ne s'accrochent pas, les ridelles sont basses et inclinées.

ÉCARRISSEUR.

Tableau n° 4.

	CHEVAL	CHEVAL
	de volume moyen.	en bon état
	kilogr.	kilogr.
Peau	34	37
Sang	18,500	20,840
Crins courts et longs	1,000	1,220
Sabots	4,500	4,860
Fers et clous	450	4,800
Viscères et issues, foie, boyaux, cervelle	38	39
Tendons	2	2,400
Graisse	4,150	34,500
Chair musculaire, viande	164	203
Os décharnés complètement après la cuisson	46	48,500
Poids total des cadavres	309,600	386,790

N° 2. Tableau des produits obtenus des matières fraîches par les plus simples opérations.

	CHEVAL DE VOLUME MOYEN.		
	Poids en kilogr.	Prix du kilogr.	Valeur en francs.
	k.	f. c.	f. c.
Peau fraîche ou passée dans un lait de chaux léger	34	40	13,60
Crins courts et longs	1	1	1
Sang cuit et pulvérisé calculé soit en raison de la nourriture qu'il repré- sente pour les chiens, porcs, etc., soit comme engrais	9	70	2,70
Fers et clous	45	22	12
Sabots supposés réduits en rapures	4,50	1,20	4,80
Viscères et issues employés à faire éclore les asticots pour engraisser les vo- lailles	8	20	1,60
Vidange des boyaux comme fumure	20	05	1
Tendons trempés dans un lait de chaux et desséchés	50	60	30
Graisse fondue	4,15	1,20	4,98
Chair musculaire cuite et divisée pour servir de nourriture aux animaux de basse-cour ou comme engrais	400	35	35
Os	46	05	2,30
	224,50		f. c. 63,60

En refaisant le même calcul pour un cheval en bon état, on trouve, tant par suite de la différence du poids que par la plus value, la somme de 144 francs.

Dans le transport, souvent les rucs sont salées par des épanchements de sang et de liquide. Ne pourrait-on pas prévenir ces inconvénients en doublant le fond de ces voitures de plaques métalliques, ou bien encore, ce qui serait plus économique, en plaçant sous les animaux une couche de matières absorbantes comme le noir animalisé. Pour abattre un cheval, on lui bande les yeux et l'on lui assène sur la tête un coup de masse; il est sai-

ÉCARRISSEUR.

gné immédiatement afin que le sang ne soit pas perdu. Ce moyen d'abattage est pour ainsi dire le seul admis aujourd'hui. Autrefois, pour montrer leur adresse, les écarrisseurs insuflaient une veine ouverte à dessin, ou bien encore enfonçaient une lame de couteau entre l'occiput et la première vertèbre. En pénétrant jusqu'à la moelle épinière, le couteau donnait immédiatement la mort à l'animal.

Une fois le sang recueilli, nous verrons ultérieurement les préparations qu'on lui fait subir, l'animal est étendu sur le dos, une incision est pratiquée dans le sens de la longueur, depuis le milieu de la mâchoire inférieure jusqu'à l'anus, en suivant la poitrine et le ventre; pour séparer la peau des membres antérieurs et postérieurs, on fait en croix deux autres incisions qui se prolongent jusqu'aux extrémités. Alors on fait une dernière incision circulaire. L'écarrisseur enlève la peau, en glissant son couteau dans l'incision longitudinale. Dans tous les cas, comme il vaut mieux endommager la chair que la peau, il faut toujours tenir le couteau appuyé contre les muscles, surtout si l'animal est maigre: La queue est coupée le plus près possible de sa racine. L'animal est ensuite retourné sur le dos, quand il est complètement dépouillé; la peau qui retient encore les lèvres, c'est-à-dire quelques lambeaux de chair, ce que les écarrisseurs font à dessin pour lui donner plus de poids, la peau est envoyée aux tanneurs, ou s'il fallait attendre, elle est étendue sur des bâtons pour être exposée à l'air. Il est bon de l'imprégner d'une solution de sel marin pour prévenir un commencement de putréfaction.

Les tendons obtenus par la désarticulation des quatre membres devront être passés dans un lait de chaux; cette préparation facile leur donne une valeur plus grande. Ils sont expédiés aux fabricants de colle forte. Dans une exploitation rurale, hachés en morceaux et mélangés avec des pommes de terre, du son, des débris végétaux, ils peuvent servir à l'engraissement des porcs. La chair musculaire est enlevée ensuite par morceaux. A Aubervilliers, elle est divisée par un couteau mécanique avant de passer aux chaudières de cuite. Comme engrais et comme matière alimentaire, la chair musculaire constitue des produits assez importants. Bien qu'à Paris la police, dans des vues de prudence que nous ne saurions blâmer, ait interdit la vente de la chair de cheval comme viande de boucherie, il n'en est pas moins constant que la chair d'un cheval sain, loin d'offrir des dangers comme aliment, peut être d'une grande ressource pour les classes les plus pauvres et réparer les forces de ceux qui sont dans l'impossibilité de se procurer une nourriture animale plus délicate. En Danemarck, la chair de cheval se vend publiquement et avec autorisation.

Dans la Russie méridionale, les Tartares ne mangent, pour ainsi dire, que de la chair de cheval; leur santé n'en souffre nullement. Dans une fabrique que nous avons eu occasion de visiter, ils supportaient beaucoup mieux le travail que les ouvriers russes qui ne se nourrissent, une grande partie de l'année, que de végétaux. En lisant les ouvrages de Parent-Duchatelet et les rapports du baron Larrey, on pourra se convaincre que cet aliment, en admettant toutefois certaines restrictions, n'a rien de nuisible à la santé; c'est le seul point que nous tenons à constater.

La chair de cheval se vend encore pour les chiens, les animaux du Jardin-des-Plantes. Nous croyons qu'elle profite davantage aux porcs, quand elle est cuite et mêlée à des débris végétaux. La viande crue, leur occasionne parfois des maladies, surtout lorsqu'ils sont enfermés. Avant de passer à la cuisson de la chair et du sang, disons quelques mots de la graisse et de la manière d'utiliser quelques résidus, intestins, vidanges, sabots, clous, fer et poils.

ÉCARRISSEUR.

L'écarisseur détache la graisse des muscles dans la région des reins, autour des rognons. Après avoir enlevé les boyaux, il les gratte soigneusement sur une table, en se gardant bien d'endommager ceux qui doivent être livrés aux boyaudiers. La graisse enlevée doit être coupée par morceaux et jetée dans une chaudière, en observant de bien ménager le feu. La graisse fond et se sépare du tissu cellulaire qu'on peut enlever avec une écumoire. Autrefois, l'ouvrier, pour alimenter sa combustion, jetait sur le feu le tissu cellulaire; il vaut mieux le soumettre dans des sacs à une pression graduée, ce qui fournit encore une certaine quantité de graisse. La matière éclaircie, on la verse dans des baquets où elle se refroidit. Nous n'entrerons pas dans de plus grands détails sur cette opération qui sera décrite plus au long à l'article FONDROID.

On peut compter qu'un cheval en bon état fournira 40 litres d'huile. Un cheval maigre, 4 à 5 litres seulement. Un ouvrier emploiera 6 heures pour enlever toute la graisse d'un cheval en bon état, à peine une heure pour un maigre.

Par une ébullition dans l'eau suffisamment prolongée, on retire des pieds de chevaux une huile très estimée pour le graissage des machines. Elle vaut de 2 fr. à 2 fr. 50 c. le kilogr. Cette huile a des qualités qui la font rechercher par les émailleurs, elle est fluide, brûle également et sans fumée; elle sert aux hongroyeurs pour préparer les peaux et aux bonnelliers pour assouplir les cuirs des harnais. Une fois les intestins débarrassés de leur graisse et vidés, l'ouvrier met à part une partie des intestins grêles, tous ceux qui peuvent servir aux boyaudiers, à la fabrication des cordes à poulie, etc., etc. Ces intestins doivent donc être soigneusement rincés à plusieurs eaux. On les fait sécher en les suspendant à l'air. Dans un établissement bien monté, on pourrait les exposer au soufrage, ce qui leur donnerait une plus grande valeur. Les vidanges d'intestins mélangés avec de la terre, des marnes, des cendres, des escarbilles, ou mieux encore avec du noir animalisé, fournissent un excellent engrais qui peut être utilisé sur les cultures aux environs de l'abattoir.

On peut utiliser les issues, les débris d'intestins dans la production de ces vers blancs, connus vulgairement sous le nom d'ASTICOÏTES, ces vers proviennent des mouches, *musca carnaria*, *musca caesar*, *musca vivipara*, qui déposent leurs œufs sur les viandes en putréfaction, et valent à Paris 12 francs environ l'hectolitre. Il s'en vend chaque année pour une dizaine de mille francs. C'est, comme on voit, un produit qui n'est pas à dédaigner. En détail ces vers se vendent encore assez cher aux pêcheurs à la ligne. On les donne avec avantage aux volailles. Les expériences à cet égard sont concluantes, c'est un fait bien connu des conservateurs des forêts, qui faisaient jeter çà et là dans les bois des débris d'animaux, pour développer ces larves dont les faisans sont fort avides.

Les fers sont détachés des sabots. Les clous, connus sous le nom de caboche, sont envoyés en province, principalement en Auvergne. Les sabots sont employés par les aplatisseurs pour les peignes à chignon et autres objets; rien n'est plus facile que de séparer le sabot de l'os intérieur, une fois que les attaches sont sèches, il suffit de le frapper sur un corps dur.

Par la fermentation en tas, l'hiver et l'été, par une macération de quelques jours dans l'eau, on arrive à désorganiser les parties pulpeuses. La connexion entre l'épiderme et le sabot est détruite. Les sabots ont peu de valeur, les 400 kilogr. valent de 4 à 5 francs. On pourrait tirer un plus grand parti des sabots en les râpant. La corne en poudre a une valeur d'autant plus grande, que la poudre est plus fine et moins souillée de corps étrangers.

ÉCARRISSEUR.

Le poil des animaux se vend humide, 4 fr. 50 c. l'hectolitre : c'est un engrais puissant.

On peut avec les poils fabriquer un feutre grossier, qui, dans les pays froids, surtout dans les maisons en bois, sert à calfeutrer les cloisons. Ce feutre fournit aux chasseurs d'excellentes bourres, qui ne brûlent pas, une fois hors du fusil. Il est encore employé avec avantage dans les emballages.

Le sang se réduit par la dessiccation au tiers de son poids environ.

Les 400 kilogr. de sang sec valent de 48 à 20 fr. environ.

Différentes méthodes ont été employées pour la cuisson du sang; en petit, le moyen le plus simple serait la concentration à feu nu, dans des chaudières longues et peu profondes. Il faudrait, dans ce cas, remuer continuellement le liquide et modérer le feu, surtout vers la fin de l'opération. Pour accélérer l'évaporation, tantôt on faisait descendre le sang sur des piles de bois, tantôt on l'exposait en nombreuses surfaces au contact de l'air, au moyen de toiles qui plongeaient dans la chaudière et se relevaient alternativement. Ces moyens ingénieux, du reste, ont été abandonnés, l'emploi de la vapeur ayant prévalu dans la cuisson du sang.

Dans plusieurs établissements, on verse le sang dans un grand cuvier; un tuyau en serpentín percé de trous y amène la vapeur, le sang bouillonne; après un certain temps, l'albumine du sang est coagulée. On sépare la partie solide de la partie liquide, en soumettant le tout dans des sacs à l'action d'une presse. La partie solide est ensuite portée aux séchoirs. Le liquide qui s'est écoulé des presses peut servir à l'arrosage.

À Aubervilliers, le sang se cuit en vases clos à haute pression, dans d'immenses chaudières cylindriques munies d'un double fond.

Ce sont les mêmes chaudières que l'on emploie pour la cuisson de la viande; une porte latérale permet de retirer par le bas, après l'opération, le sang ou la chair.

Dans le double fond se rassemble un liquide gélatineux chargé de graisse.

Des chaudières, le sang et la chair, vont directement au séchoir, sans être pressés.

La dessiccation s'opère, à Aubervilliers, au moyen du ventilateur de M. Combes et à l'abri de l'air, avantage immense, car les matières azotées sont préservées de la fermentation. Après la dessiccation, le sang et la chair sont broyés dans un moulin, et mis en sacs ou en tonneaux. Le sang et la chair desséchés forment un engrais très puissant; il s'en expédie beaucoup aux colonies pour la culture des cannes à sucre.

Les fabricants de bleu de Prusse en emploient aussi une grande quantité. On préparait pour la clarification des sucres un sang desséché à basse température, dans le but de ne pas coaguler l'albumine. Il paraît que cette opération, qui n'a jamais été faite sur une grande échelle, a été abandonnée.

Le sang liquide s'emploie, dans quelques localités, comme matière colorante. On en fait un badigeon.

Quand on retire la chair cuite par la porte latérale, placée dans le bas de la chaudière, les os s'en séparent avec la plus grande facilité. Dans certains établissements, ils sont vendus directement sans avoir subi aucun traitement. À l'article OS, nous parlerons de leur constitution chimique, et nous entrerons dans des détails de fabrication que nous ne pouvons donner ici. Il suffit de savoir que les os sont employés à des ouvrages de tourneurs, tabletiers, etc., à la fabrication du noir animal, des produits ammoniacaux, de la colle-forte, de la gélatine, du phosphore, etc.

Ces os, suivant leurs dimensions, valent de 6 à 40 francs les 400 kilogrammes.

À l'article ABATTOIR, nous avons donné le plan d'un

clos d'écartissage. Ce plan ne laisse rien à désirer sous le rapport des dispositions qui doivent faciliter le travail, assurer la salubrité et la surveillance de toutes les parties de l'établissement.

Ce plan sera toutefois modifié par les industriels qui voudraient annexer à l'écartissage proprement dit les fabrications qui en dépendent, carbonisation des os, colle, boyauderies, ce qui pourrait être avantageux dans le cas où les matières premières, fournies par l'écartissage, devraient être envoyées à de grandes distances.

O. VALERIO.

ÉCHAPPEMENT. V. MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

ÉCLAIRAGE. L'éclairage, qui ne consistait autrefois que dans l'emploi d'appareils extrêmement grossiers, a pris depuis la fin du dernier siècle un développement extraordinaire. Après la découverte des becs à double courant d'air d'Argand, les lampes employées antérieurement par la classe pauvre devinrent un objet de luxe. Bientôt on construisit la lampe hydrostatique et à mouvement d'horlogerie. Enfin, le gaz, découvert par le docteur Clayton, en 1737 et 1738, et appliqué en Angleterre par Murdoch en 1792, vint donner une nouvelle importance à l'art de l'éclairage, qui devint alors une branche d'industrie très importante, et qui excita au plus haut point l'intérêt de tous. Nous reviendrons sur la découverte du gaz d'éclairage.

Rappelons d'abord en peu de mots les propriétés physiques de la lumière.

Nous savons que la radiation de la lumière est rectiligne et que la vitesse de ses rayons peut être considérée comme infinie, puis qu'elle est de 70,000 lieues par seconde; chacun a également pu remarquer qu'un corps arrondi, éclairé par un corps lumineux quelconque, n'était éclairé qu'en partie. Ainsi une sphère soumise à l'action d'un corps lumineux reste obscurcie dans une partie de sa surface, et la dégradation de la lumière est presque insensible; cette partie porte le nom de *penombre*; la partie obscure est l'*ombre*.

L'intensité de la lumière décroît d'autant plus que la distance de l'objet éclairé au corps lumineux est plus considérable. La loi de ce décroissement d'intensité dépend évidemment du mode d'émission de la lumière; les rayons s'écartant d'autant plus que leur distance du point lumineux est plus considérable, l'intensité de la lumière diminuera dans le rapport inverse des surfaces des sec-

de la lumière. Effectivement, si un tableau est éclairé séparément par deux lumières, à l'aide d'un écran placé entre ces lumières, on pourra, l'une des lumières restant fixe, éloigner ou rapprocher l'autre jusqu'au moment où les deux ombres projetées sur le tableau soient de même intensité. Alors prenant les distances de ces foyers au tableau d'expérience, on conclut, d'après la loi que nous avons reconnue, que les intensités des deux lumières sont en raison directe du carré de leur distance au tableau qu'elles éclairent. C'est par ce moyen, dont la fig. 688 montre la disposition, que se font les expériences dites *photométriques*.

On emploie souvent des appareils connus sous le nom de réflecteurs. Pour la construction de ces appareils, il est important de se rappeler la manière dont les rayons lumineux se réfléchissent, quand ils viennent frapper des surfaces de nature variable. Quelle que soit la surface réfléchissante, l'angle formé par le rayon incident et le plan de cette surface est égal à l'angle compris entre le rayon réfléchi et cette même surface. Enfin, c'est dans un plan perpendiculaire à celle-ci que sont compris les deux rayons.

D'après ce que nous venons de dire, il est facile de voir que les rayons réfléchis sur une surface plane rectangulaire sont compris dans une pyramide à quatre faces, dont le sommet est symétriquement placé par rapport au point lumineux et dont les arêtes passent par les angles de la surface; ainsi la surface plane ne fait que changer la direction des rayons lumineux. Quand la surface est convexe, les rayons réfléchis se dispersent; si elle est concave, les rayons convergent.

Parmi les surfaces concaves, les miroirs sphériques, paraboliques et elliptiques, ont la propriété de réunir en un seul point dit *foyer* tous les rayons lumineux réfléchis.

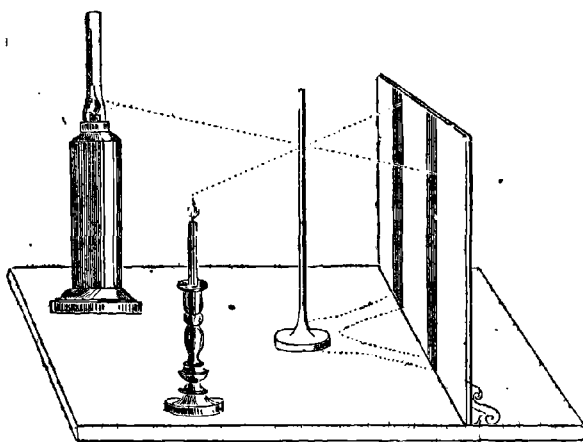
Dans les miroirs sphériques, le corps lumineux étant placé sur l'axe du miroir et à une grande distance, de manière à pouvoir considérer les rayons lumineux arrivant au miroir comme parallèles, le foyer est situé à égale distance du centre et du miroir. En approchant du centre, le foyer prend diverses positions entre le foyer principal et le centre du miroir, et il finit par se confondre avec le corps lumineux quand ce dernier arrive au centre de la surface.

Dans les miroirs paraboliques, tous les rayons réfléchis se réunissent au foyer de ce miroir quand le corps lumineux est placé à une grande distance de la surface.

Enfin dans les surfaces elliptiques, le corps lumineux étant à l'un des foyers, les rayons réfléchis passent tous à l'autre foyer du miroir.

Réfraction. M. Fresnel a fait une application de la réfraction de la lumière dans la construction des PHARES (voyez ce mot). Cette application nous engage à dire un mot de cette propriété de la lumière.

Quand un rayon lumineux passe d'un corps transparent dans un autre, la direction de ce rayon change. Il y a déviation, c'est à-dire réfraction. Quand le corps transparent est terminé par deux surfaces parallèles, les rayons de sortie sont parallèles à ceux d'entrée; mais si le solide transparent est prismatique, les rayons émergents divergent beaucoup plus que les rayons incidents; le même phénomène se présente quand le corps transparent se termine par deux surfaces courbes qui se présentent leur concavité. Ce solide transparent se nomme une *lentille*; elle est divergente pour le cas que nous venons d'examiner, et convergente quand



688.

tions du cône de lumière, c'est-à-dire en raison inverse du carré de la distance. Cette loi donne un moyen simple et généralement usité pour mesurer l'intensité

de la lumière. Effectivement, si un tableau est éclairé séparément par deux lumières, à l'aide d'un écran placé entre ces lumières, on pourra, l'une des lumières restant fixe, éloigner ou rapprocher l'autre jusqu'au moment où les deux ombres projetées sur le tableau soient de même intensité. Alors prenant les distances de ces foyers au tableau d'expérience, on conclut, d'après la loi que nous avons reconnue, que les intensités des deux lumières sont en raison directe du carré de leur distance au tableau qu'elles éclairent. C'est par ce moyen, dont la fig. 688 montre la disposition, que se font les expériences dites *photométriques*.

les deux courbes se présentent leur convexité. Dans ce cas, il y a un foyer qu'on peut toujours reconnaître par expérience à l'aide d'une feuille de papier, que l'on fait marcher derrière elle après l'avoir exposée aux rayons solaires, de manière que leur direction soit parallèle à l'axe de la lentille. Dans la pratique, les surfaces de ces lentilles doivent être de faibles fractions des sphères dont elles font partie, afin que la concentration des rayons au foyer puisse être rigoureuse.

Dispersion de la lumière. Quand un rayon de lumière solaire traverse un corps transparent dont les faces ne sont point parallèles, un prisme, par exemple, non seulement il y a divergence des rayons lumineux, mais il y a décomposition de la lumière, et si on recueille sur un carton les rayons lumineux qui s'échappent du prisme, on a successivement toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Cette image est connue sous le nom de spectre solaire. On conclut de cette expérience que les rayons colorés existent dans la lumière blanche; inversement, la lumière blanche résulte de l'impression simultanée de toutes les couleurs du spectre. Si un corps réfléchit toute la lumière blanche qu'il reçoit, il paraît blanc, celui qui l'absorbe est noir, et on conçoit facilement que les couleurs des corps dépendent de la réflexion variable des rayons lumineux dont ils reçoivent l'impression.

Après ce coup d'œil rapide, trop rapide peut-être, sur les lois physiques de la lumière en général, nous allons nous occuper de la lumière artificielle causée par l'action chimique, connue sous le nom de *combustion*. L'air jouant le principal rôle dans ce phénomène, nous sommes conduits à rappeler les propriétés physiques et chimiques de l'air.

L'air est transparent, pesant et élastique. Sa pesanteur spécifique est prise pour point de comparaison de la densité des gaz; il jouit de la propriété commune à tous les gaz permanents d'occuper un espace infini ou extrêmement limité suivant la pression; il transmet en tous sens la pression qu'on lui imprime en un point quelconque.

De ces propriétés, on conclut que l'air atmosphérique est d'autant plus dense, d'autant plus élastique, qu'il est plus voisin de la surface de la terre. Tous les corps soumis à l'action de l'atmosphère sont pressés en tous sens par une colonne d'air correspondant au poids d'une colonne de mercure de 760^{mm}, qui aurait pour base la surface considérée.

L'air est formé principalement d'oxygène et d'azote dans le rapport de 79 à 21 en volume. Il contient en outre des traces d'acide carbonique et une quantité variable de vapeur d'eau. Le rôle de l'azote dans le phénomène de la composition est négatif; il diminue l'énergie des propriétés de l'oxygène. L'oxygène est le principal agent de la combustion.

L'oxygène a la propriété de se combiner avec tous les corps simples et de former avec eux des acides ou oxydes plus ou moins énergiques. Cette combinaison se fait toujours avec dégagement de chaleur, rarement avec chaleur et lumière. C'est ce seul cas cependant qui nous intéresse, c'est le seul dont nous devons nous occuper. Les corps qui donnent lieu à ce phénomène et qui peuvent être appliqués à l'éclairage sont assez restreints, car ils doivent satisfaire à certaines conditions toutes particulières.

D'abord ils doivent brûler dans l'air, et la chaleur dégagée par cette combustion doit être suffisante pour l'entretenir; ils doivent être très répandus dans la nature et à bas prix. Enfin les produits de la combustion ne doivent avoir aucune action nuisible sur l'économie animale.

Le bi-carbure d'hydrogène est le seul corps qui jouisse de cette propriété; il est contenu dans les diverses matières solides, liquides ou gazeuses qui servent à l'éclairage.

Quand un corps a la propriété de se volatiliser à une température inférieure à celle de la combustion, cette combustion s'effectuera sur le gaz. C'est le lieu de la combustion qui a reçu le nom de flamme. La combustion d'un gaz produit une température bien plus élevée que la combustion d'un corps solide. On s'explique ce fait en remarquant que le rayonnement de la chaleur est bien plus considérable pour un corps solide que pour un corps gazeux. De plus, les corps solides perdent toujours une partie de leur chaleur par la conductibilité des corps sur lesquels ils reposent. Généralement, la lumière d'un gaz combustible est pauvre; pour qu'elle soit brillante, elle doit renfermer des matières solides. Ce fait provient de ce que les gaz ne sont lumineux qu'à une température beaucoup plus élevée que les corps solides.

Les corps métalliques étant bons conducteurs de la chaleur peuvent avoir une action importante sur la flamme. Nous aurons plus tard occasion de décrire l'emploi de cette propriété à l'article *LAMPE DE SURETÉ*.

Nous diviserons l'éclairage proprement dit en éclairage par les matières solides, éclairage à l'huile, éclairage au gaz; enfin nous passerons en revue les essais tentés récemment pour utiliser d'autres liquides que l'huile pour l'éclairage.

ECLAIRAGE PAR MATIÈRES SOLIDES.

La seule forme sous laquelle on emploie les matières solides, en laissant de côté les branches de bois résineux employés dans quelques contrées peu civilisées, est la forme de la chandelle ou bougie. Diverses matières servent à la confection de cet appareil d'éclairage; ces matières sont le suif provenant du bœuf, du bouc, du mouton, la cire d'abeilles qui sert à confectionner les bougies proprement dites, le blanc de baleine, enfin les acides margarique et stéarique.

Nous avons donné à l'article *CHANDELLE*, la fabrication de ces produits; nous n'avons donc à traiter ici que de leur combustion. Se composant tous d'une mèche de coton, enveloppée par le corps qu'il s'agit de brûler, les phénomènes de la combustion y ont lieu d'une manière semblable. Prenons pour exemple une chandelle; aussitôt que la mèche est allumée, la chaleur faisant fondre les parties les plus voisines de la flamme, il se forme au pied de la mèche un bain liquide, les parties de la circonférence plus éloignées restant plus longtemps solides. Le suif fondu s'élève dans la mèche en vertu de l'action capillaire, et se décompose à mesure qu'il arrive dans la région de la flamme; d'où résultent des vapeurs combustibles qui, ne pouvant brûler qu'à la circonférence, donnent lieu à un noyau obscur entouré d'une enveloppe incandescente, terminé en pointe (sans noyau obscur), à la partie supérieure, quand les gaz obscurs sont tous arrivés à l'état de combustion.

Nous verrons, à l'éclairage à l'huile et au gaz, l'influence du courant d'air qui alimente la flamme, sur celle-ci. La question a moins d'intérêt pour l'éclairage par les substances solides, puisqu'on ne peut le modifier, observant toutefois que la mèche doit être en proportion de l'affluence de l'air; ainsi dans les travaux de M. Triger pour creuser des puits de mines dans l'air comprimé, il faut réduire à un très faible diamètre les mèches des chandelles, autrement par l'activité de la combustion résultant de cet excès de pression, les chandelles sont consumées avec une extrême rapidité.

Un des plus grands inconvénients des chandelles consiste dans la nécessité de les *moucher*. La diminution de lumière qui résulte de la présence au milieu de la flamme d'une masse charbonnée est très considérable, de plus elle donne lieu à des dégagements de gaz qui se brûlent imparfaitement et possèdent une odeur très désagréable. Aussi doit-on considérer sous tous les rap-

ÉCLAIRAGE.

ports, comme le plus grand progrès qu'il fût possible d'accomplir, l'emploi des suifs sous forme de bougies stéariques, dont la mèche tressée s'use d'elle-même (voyez NOUÏS), qui ne coule pas, n'est pas grasse, et se trouve presque entièrement débarrassée de l'odeur particulière du suif.

ÉCLAIRAGE PAR LES HUILES.

Parmi les diverses espèces d'huiles, grasses, siccatives ou essentielles, les huiles grasses sont les seules que la pratique ait généralement adoptées comme bestes à l'éclairage, les huiles siccatives ne peuvent être employées à cause de leur durcissement à l'air, et les huiles volatiles ne brûlent qu'avec fumées et dégagent une odeur fort désagréable. Parmi les huiles grasses, les plus généralement employées sont celles d'olive, de colza, de navette et d'œillet. Pour purifier les huiles, on y verse 2 p. 100 d'acide sulfurique à 66° de l'aréomètre de Baumé et on brasse le mélange, auquel on ajoute deux fois son volume d'eau; l'eau entraîne toutes les matières étrangères qui se déposent au fond du vase, et que l'on sépare par filtration à une température de 40° environ.

Tous les appareils d'éclairage à l'huile se composent d'un réservoir et d'un appareil où se fait la combustion. Dans toute lampe les deux parties importantes sont 1° le lieu de la combustion ou le bec, 2° le moyen de faire arriver l'huile sur le bec, ce qui comprend les réservoirs supérieurs ou de niveau avec le bec, et les moyens mécaniques employés pour faire arriver l'huile au lieu de la combustion.

Une lampe n'étant autre chose qu'un appareil dans lequel s'exerce une combustion extrêmement active; les conditions auxquelles l'appareil est assujéti sont celles de tout foyer.

Une cheminée qu'il est bon de faire la plus élevée possible (il faut qu'elle soit en verre pour ne pas intercepter la lumière), portant un étranglement ou coude pour mélanger les gaz et rendre la combustion aussi complète que possible; des entrées d'air disposées pour faciliter le plus possible le contact de la flamme et de l'air, en proportion convenable pour que la combustion soit complète sans mélanger de trop fortes proportions d'air, qui refroidissent la flamme; telles sont les bases fondamentales de toute lampe.

Becs ou appareils de combustion. Un appareil de combustion qui a été longtemps répandu et qui l'est encore, bien que reconnu mauvais, est la mèche plate; elle est formée de fils de coton parallèles, et simplement plongée dans un réservoir renfermant l'huile, qui est aspiré par la capillarité de la mèche; dans cet appareil la combustion est incomplète, il en résulte que la lumière offre une teinte peu brillante et toujours rougeâtre. Tel était il y a 60 ans l'appareil de combustion le plus estimé, quand Argand fit la découverte de son bec à double courant d'air.

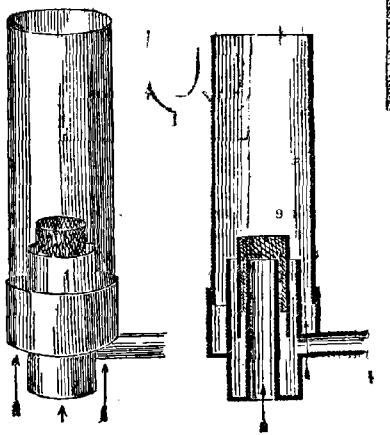
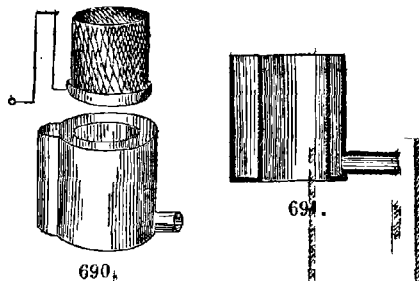
Description du bec d'Argand. Ce bec, représenté tel que l'a construit son inventeur dans les fig. 689, 690, 691, 692 et 693, se compose de deux cylindres concentriques; dans l'espace annulaire compris entre ces cylindres est placé un anneau qui maintient une mèche circulaire; la partie inférieure du cylindre communique avec un réservoir d'huile dont le niveau est un peu inférieur à celui de la partie supérieure des cylindres; un levier doublement recourbé et uni à l'anneau qui maintient la mèche peut lui donner un mouvement dans le sens vertical; enfin on adapte à ce système une partie cylindrique en métal qui vient supporter un cylindre en verre;

Il résulte de cette disposition que la flamme est lée chée par l'air intérieurement et extérieurement, ce courant d'air est activé par la cheminée en verre, la combustion est complète et la flamme présente une intensité

ÉCLAIRAGE.

et une pureté très supérieure à la lumière fournie par les appareils connus avant Argand.

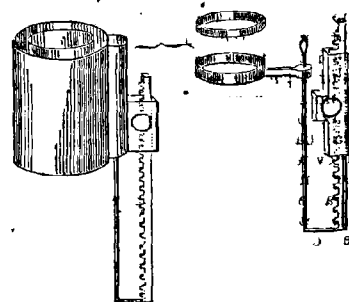
689.



692.

693.

La seule amélioration importante apportée au bec d'Argand est celle qui consiste dans le rétrécissement de la cheminée immédiatement au-dessus de la mèche; de cette manière l'air rejeté sur la flamme opère une combustion beaucoup plus complète; les autres changements qui ont été faits à cet utile appareil résident



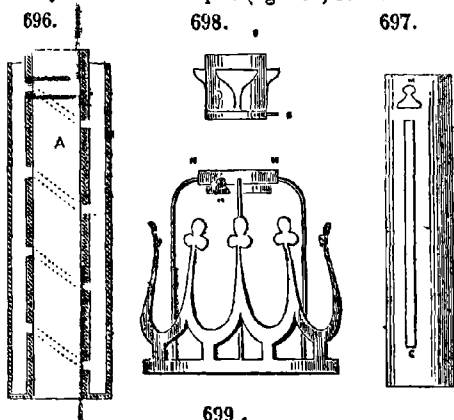
694.

695.

dans le mouvement qu'on doit lui imprimer pour faire monter ou descendre la mèche; le levier doublement coudé d'Argand était incommode, on a donné le mou-

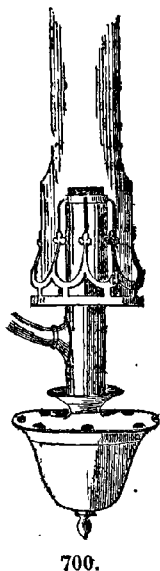
viennent par un pignon qui engrène avec une crémaillère, comme le montrent les fig. 694 et 695.

On construit aujourd'hui un appareil très ingénieux qui, quoique reposant sur le principe du bec d'Argand, en diffère totalement quant à la construction. Ce bec se compose de quatre pièces dont nous allons successivement donner la description et l'emploi. Deux cylindres concentriques (fig. 696) sont réunis à



la partie inférieure par une couronne circulaire, le cylindre intérieur porte une rainure en spirale, dans laquelle peut se mouvoir le porte-mèche, fig. 698, qui porte deux appendices, l'un extérieur E, l'autre intérieur B; pour donner le mouvement à ce porte-mèche, un cylindre (fig. 697) entre dans l'intervalle cylindrique réservé entre les deux cylindres concentriques et porte lui-même une rainure dans laquelle pénètre l'appendice extérieur du porte-mèche; ce cylindre est en outre garni à sa partie supérieure d'une saillie M, qui pénètre dans un anneau que l'on pose sur le bec (fig. 699); cet anneau est relié par quatre tiges à un anneau d'un plus grand diamètre, qui porte une galerie dans laquelle s'engage la cheminée; maintenant on conçoit facilement le mouvement de la mèche, le cylindre est mis en mouvement par l'anneau M N, et il communique ce mouvement au porte-mèche; La fig. 700 montre cet appareil monté.

Bec à mèches multiples de Fresnel et Arago. Cet appareil de combustion exécuté en 1822 a pour but de produire une grande intensité de lumière dans un espace très petit; il a été imaginé pour être appliqué aux phares; pour modérer la hauteur de la flamme et éviter la décomposition de l'huile résultant d'une trop haute température, on dispose le réservoir d'huile de manière à ce que l'écoulement sur la mèche soit plus considérable que la quantité consommée; cette disposition est facile à établir en donnant la pression dans le réservoir par un tuyau vertical glissant à volonté dans une boîte à cuir. Afin de régler le tirage, on a surmonté la cheminée d'une partie cylindrique en tôle que l'on fait



700.

mouvoir à volonté, les mèches s'abaissent séparément, à l'aide d'une crémaillère.

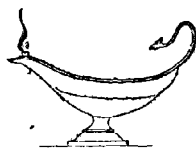
Un bec à deux mèches concentriques produit l'effet de cinq lampes Carcel, et ceux à trois et quatre mèches, donnent une lumière égale à 10 ou 20 lampes Carcel, mais ces derniers becs dépendent plus d'huile que 10 et 20 lampes Carcel; les becs à 2 mèches concentriques dépendent à peu près dans la proportion d'une Carcel.

L'application des becs à mèches concentriques pour l'éclairage des salles de spectacle a été faite en 1825 par Locatelli au théâtre Fenice de Venise; l'appareil avait quelques dispositions particulières très ingénieuses, il était d'un fort bel effet.

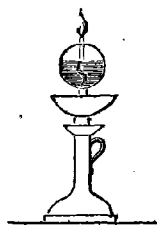
Épaisseur du bec. Lorsque le bec est très large la mèche se charbonne jusqu'au niveau de l'huile, mais si on le rétrécit en lui donnant vers le haut une forme conique à l'extérieur, le refroidissement dû à l'effet de la partie métallique empêche la carbonisation de la partie inférieure de la mèche, et l'on peut alors brûler à blanc, pourvu que l'affluence de l'huile soit suffisante par les moyens que nous indiquons plus loin.

Réservoirs placés au niveau des becs. Dans ces réservoirs le niveau supérieur de l'huile est toujours inférieur à celui de la mèche

dans lequel l'huile monte par la force de capillarité. Telle était la lampe antique représentée fig. 701. La disposition fig. 702 est encore assez répandue. On construit plus tard des lampes à réservoir latéral; ces réservoirs sont fondés sur une propriété physique des liquides, qui consiste en ce qu'un liquide renfermé dans deux vases communiquant, se tient toujours au même niveau dans chacun d'eux. Pour que le niveau égal s'établisse dans les deux vases l'air doit avoir un libre accès dans chacun d'eux, la mèche est toujours placée à une distance de 3 à 5^{mm} au-dessus du réservoir. La



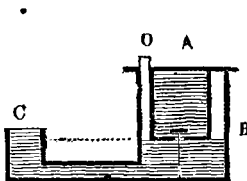
701.



702.

nombre, où le réservoir est disposé soit latéralement, soit en couronne, sont d'un grand usage.

Réservoirs supérieurs aux becs. Nous établirons d'abord le principe reposant sur la propriété connue du vase de Mariotte, sur lequel est fondé la construction de ces réservoirs. Quand deux vases B, C, fig. 703, communi-



703.

quent, si dans l'un d'eux B, on renverse un réservoir A qui s'ouvre par la partie inférieure quand il est placé dans le vase B. Le liquide renfermé dans le vase A s'échappe et remplit les deux réservoirs B et C. L'air arrive par l'orifice O, pour remplacer le liquide qui s'échappe de A, et l'écoulement cesse quand l'air ne peut plus pénétrer, c'est-à-dire quand la partie inférieure du vase A touche au niveau supérieur du liquide dans le vase B. A mesure que la combustion est opérée le niveau baisse dans l'espace annulaire et l'air entre dans le vase quand sa partie inférieure est découverte, ainsi la combustion ayant lieu d'une manière continue, le

ECLAIRAGE.

niveau s'abaissera peu à peu, mais les variations seront faibles, car bien que l'entrée de l'air ne se fasse point d'une manière régulière, les bulles se succèdent à intervalles très petits.

Les fig. 704 et 705 représentent des lampes établies d'après le principe que nous venons d'expliquer; il suffit de voir le dessin pour comprendre la disposition.

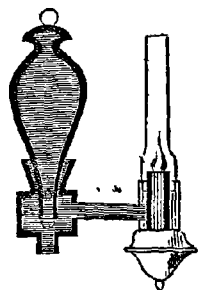
On a établi des réservoirs qui ont eu quelque succès et qui, différents des précédents, reposent néanmoins sur le même principe et que représente la fig. 706; l'espace cylindrique annulaire extérieur est remplacé par un petit cylindre intérieur qui communique avec l'atmosphère. Le bouchon *d* permet d'emplir le réservoir, et la communication s'établit avec l'appareil de combustion par le robinet *m*.

Une condition essentielle à remplir est de faire en sorte que l'huile arrive assez haut dans la mèche très peu au-dessous du bord; on peut alors faire sortir celle-ci de 6 à 40 millimètres, de telle sorte que la

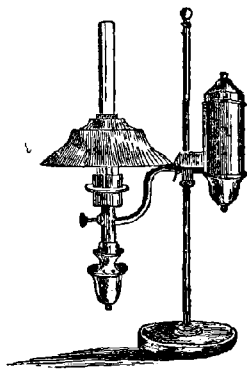
grande quantité d'huile élevée par la pression de l'huile et la capillarité empêche celle-ci de se carboniser au-delà de 2 à 4 millimètres. Au-dessous de l'anneau charbonné, il restera une partie blanche préservée par l'affluence de l'huile. On évite ainsi la distillation et décomposition de l'huile qui se produit par l'échauffement des parties métalliques, quand la combustion a lieu au contact de celles-ci. La lumière est ainsi beaucoup plus vive; en évitant une perte on brûle à blanc et on obtient une économie considérable d'huile qui ne brûle pas, ou brûle mal, en donnant peu de lumière.

Tous les réservoirs supérieurs aux becs sont soumis à l'action de la chaleur qui émane de ce bec, et la force de dilatation doit faire dégorger l'huile par l'orifice destiné à la combustion. Des expériences de M. Pécolet ont prouvé que ce danger est peu à craindre, pourvu qu'il n'y ait pas d'air emprisonné dans le réservoir.

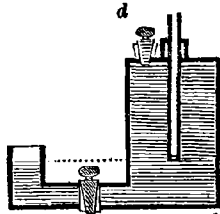
L'influence de la capillarité est évidente dans les différents appareils que nous venons de passer en revue, il est important de connaître la loi d'élevation de niveau dû à cette force physique; sans entrer dans les détails connus probablement du lecteur, nous allons donner



704



705.



706.

ECLAIRAGE.

les tables de M. Pécolet, déduites d'expériences faites par lui-même avec le plus grand soin, et qui sont toutes particulières pour l'huile :

Elevation de l'huile au-dessus de son niveau dans un tube circulaire.

DIAMÈTRE intérieur du tube.	ÉLEVATION exprimée en millimètres.
0 ^{mm} ,5	27 ^{mm} ,20
1	43 ^{mm} ,60
2	6 ^{mm} ,80
3	4 ^{mm} ,53
4	3 ^{mm} ,40
5	2 ^{mm} ,72
6	2 ^{mm} ,26

Elevation de l'huile au-dessus de son niveau dans un espace annulaire.

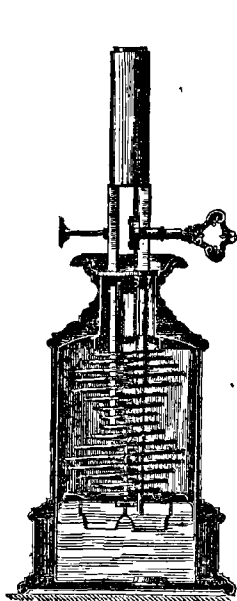
ÉPAISSEUR de l'espace annulaire.	ÉLEVATION exprimée en millimètres.
0 ^{mm} ,5	43 ^{mm} ,60
1 ^{mm} ,0	6 ^{mm} ,40
2 ^{mm} ,0	3 ^{mm} ,40
3 ^{mm} ,0	2 ^{mm} ,26
4 ^{mm} ,0	1 ^{mm} ,70
5 ^{mm} ,0	1 ^{mm} ,26
6 ^{mm} ,0	1 ^{mm} ,43

Remarquons que la mèche sert non-seulement à élever l'huile, mais encore à la diviser et à faciliter la combustion en accroissant les surfaces inflammables.

Réservoirs inférieurs aux becs. Ce genre de lampes, qui offre sur celles qui précèdent le grand avantage de faire disparaître l'ombre que produit le réservoir d'huile, n'est possible qu'autant qu'on a pu accumuler dans l'appareil un travail moteur suffisant pour élever l'huile, à la hauteur du bec pendant toute la durée de la combustion.

Les lampes de ce genre les plus employées aujourd'hui ne sont qu'une heureuse modification d'un système très imparfait et très ancien connu sous le nom de lampes à pompe. Nous voulons parler des lampes à modérateur, dont la fig. 707 représente une coupe. Un piston *A* se meut dans un corps de pompe formé par le pied de la lampe et renfermant l'huile; il est pressé par un ressort en hélice (de rayon variable pour pouvoir s'aplatir quand on resserre les spires) et force l'huile à monter par un tuyau d'ascension, qui la conduit jusqu'au bec. A mesure que le piston descend la force du ressort diminue, et la hauteur à laquelle il faut élever l'huile augmente. Le mouvement de l'huile serait donc irrégulier sans l'emploi du modérateur. On appelle ainsi une tringle placée à l'intérieur du tube par lequel l'huile monte (fig. 708), et qui rend très étroit le passage de l'huile entre la tringle et un petit tube fixé au piston et qui se meut dans la partie supérieure du tube qui est fixe. Cet étranglement est donc très sensible quand le piston est très haut, quand le ressort vient d'être fortement comprimé à l'aide d'un bouton portant un pignon engrenant avec une crémaillère. Il est minime, au contraire, quand le ressort est à l'extrémité de sa course.

L'huile est versée au-dessus du piston; mais quand on remonte la lampe, le vide produit à la partie infé-



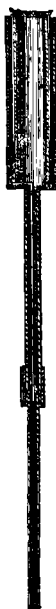
707.

neure fait infléchir le cuir embouti, qui forme garniture, et l'huile repasse à la partie inférieure.

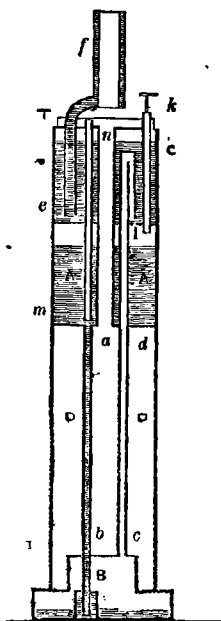
Les avantages de ces lampes sont, avec un prix peu élevé, les avantages des lampes Carcel, bien qu'à un degré moindre, c'est-à-dire que l'écoulement abondant de l'huile sur la mèche permet une combustion qui n'atteint jamais le bec métallique, une combustion à blanc.

Le bon marché de ces lampes, l'heureuse invention du modérateur, la perfection dans la fabrication de ressorts puissants, du bec, etc., sont autant de causes qui expliquent le succès de ces lampes, dont la construction est devenue un article d'une certaine importance pour l'industrie parisienne.

Une disposition très ingénieuse du réservoir inférieur est due à Girard, cette disposition repose sur le même principe que la fontaine de Hérou; nous supposons cet appareil bien connu (voyez ce mot), et nous passons à la description de cette lampe, qui offre malheureusement l'inconvénient d'être trop compliquée et trop sujette aux variations thermométriques et barométriques, par suite du grand volume d'air qu'elle renferme.



708.



709.

Cette lampe présente l'aspect d'un cylindre (fig. 709) divisé en quatre compartiments A, B, C, D, réunis ou séparés par des tubes *mn*, *ab*, *cd*, *ef*. Le réservoir A communique avec l'air extérieur par un tube *mn*, placé à sa partie inférieure. Il s'y produit une pression égale à la pression atmosphérique, et cette pression égale sur toute la section du liquide qui est au-dessus de ce point, donne au fluide un écoulement uniforme, quelle que soit la quantité de liquide qu'il y ait dans le réservoir A. Cet écoulement continu vient diminuer la capacité du réservoir B; il en résulte augmentation de densité de l'air renfermé dans ce réservoir, et pour que tout reste en équilibre, cet air vient exercer une pression sur la partie supérieure de l'huile renfermée dans le compartiment C; de là, ascension dans le tube *ef*. Ce tube se terminant par le bec, la combustion se trouve alimentée. On remplit cette lampe d'une manière assez simple par le tube *IK*: à cet effet on remplit d'abord le compartiment A, puis on bouche le tube *IK* et on renverse la lampe; B se vide dans C. On doit ajouter de l'huile jusqu'à ce que le compartiment A soit rempli; la hauteur de ce compartiment est calculée de manière à ce que l'écoulement du liquide suffise pour la combustion de l'huile que peut contenir C.

Nous dirons encore un mot de la lampe Thilorier, dite hydrostatique. Elle est fondée sur un principe de physique qui, du premier abord, paraît d'une application facile; cependant, avant la réussite de Thilorier, Keir, de Lange et de Vigi, avaient échoué. Voici quel est ce principe:

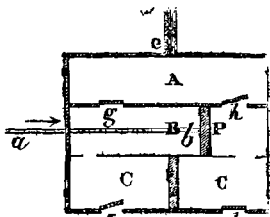
Si deux vases communiquant entre eux sont remplis de liquides de densités différentes, se faisant équilibre, les hauteurs de chaque liquide seront en raison inverse de leurs densités; avec un liquide plus dense que l'huile, on peut donc faire monter celle-ci de manière à ce qu'elle vienne constamment alimenter la mèche où s'opère la combustion. Le liquide, qui peut être employé comme auxiliaire, doit avoir une densité plus considérable que celle de l'huile; ne point attaquer le métal qui le renferme; n'exercer aucune action chimique sur l'huile; enfin, pouvoir supporter les variations de température sans altération sensible. Une dissolution de sulfate de zinc, étendue de son volume d'eau, possède toutes ces propriétés. C'est ce liquide que M. Thilorier a employé avec avantage; c'est à son emploi qu'est dû le succès de cette lampe. Il remplit la capacité supérieure, descend par un tube dans le pied de la lampe rempli d'huile, et fait monter celle-ci par un tube aboutissant au bec.

Le niveau de cette lampe n'est point constant, il baisse pendant la combustion, mais d'une manière peu sensible, un tube très fin qui établit la communication de la capacité qui renferme le sulfate de zinc avec l'air, agissant ici comme dans le vase de Mariotte.

Il nous reste à dire un mot des lampes à mouvement d'horlogerie; c'est à Carcel qu'on doit la construction de ces lampes. Elles ont pour effet de supprimer les ombres que donnent toujours les réservoirs dans les lampes à niveau supérieur au bec et de produire une flamme bien supérieure en intensité à celle des lampes précédentes. Cet effet est produit par l'écoulement continu et surabondant de l'huile sur la partie de la mèche où s'opère la combustion, d'où résulte une combustion à blanc extrêmement active.

Voici en quoi consiste l'appareil de Carcel: une boîte supérieure au mouvement d'horlogerie est divisée en trois compartiments, A, B, C (fig. 740); le compartiment B renferme un piston P, dont la tige *ab* est mise en mouvement par une manivelle mue elle-même par un mécanisme inférieur. C, est divisé en deux parties qui portent chacune une soupape *c, d*; à la partie supérieure du vase A, se trouve un tube *ef*, et à la partie inférieure deux soupapes. Cet appareil plonge dans le réservoir

à huile. Le piston P étant mis en mouvement dans le sens de la flèche, les soupapes c, h, s'ouvrent, et g, d, se ferment; le liquide à droite passe dans A, et de là dans ef, d'où il se répand sur la mèche, pendant que B et C, se maintiennent pleins de liquide; le piston marchant en sens contraire, les soupapes, g, d, s'ouvrent et c, h, se ferment; il résulte de ce mouvement un résultat analogue à une aspiration continue du tube ef, et par conséquent une distribution régulière du liquide.



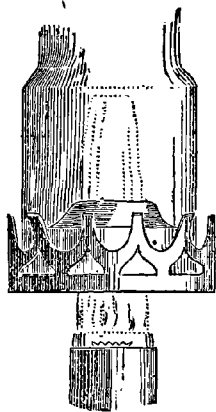
710.

Le mouvement de l'huile ne peut être constant avec une seule pompe; aussi dans la plupart des systèmes perfectionnés depuis que l'invention de Carcel est dans le domaine public, a-t-on employé deux pompes qui chassent l'huile dans le même conduit. On pourrait employer aussi une chambre à air intermédiaire. MM. Gotten, Gagneau, etc., se sont acquis une juste réputation en modifiant les détails du système Carcel.

M. Careau, a tenté assez heureusement de construire une lampe à mouvement d'horlogerie, à un prix modéré, qui permit d'en rendre l'emploi plus général. Pour cela, il a simplifié considérablement le mécanisme en supprimant le régulateur, et le réduisant à un barillet et à un excentrique portant la tige des pompes. Il régularise l'arrivée de l'huile par l'huile elle-même, forcée de traverser un diaphragme percé d'un trou très petit, et placé dans le tube d'arrivée de l'huile. La contraction au passage est d'autant plus grande que le ressort a plus de force. Ce moyen très simple donne de bons résultats mais exige des nettoyages fréquents.

Généralement dans les lampes à mouvement d'horlogerie on a mis les pompes au-dessous du réservoir d'huile, en faisant traverser à la tige des pompes une boîte en cuir. Il peut en résulter des inconvénients graves et notamment l'écoulement de l'huile à l'extérieur de la lampe. Aussi, doit-on préférer les dispositions dans lesquelles les pompes sont placées au-dessus du réservoir. On peut aussi, comme l'a conseillé M. Sainte-Preuve, laisser les pompes au-dessous du réservoir d'huile et faire passer la tige communicatrice par un tube traversant le réservoir d'huile et soudé au fond de ce dernier; alors la tige s'élève au-dessus du bain d'huile, et c'est à son extrémité supérieure qu'on adapte les organes qui doivent la lier aux pompes.

Lampe solaire. Une invention fort curieuse a paru dans ces dernières années. Elle permet d'obtenir sans mouvement d'horlogerie et en employant des lampes, qui, quant à la forme du réservoir se rapprochent des plus anciennes dispositions, une combustion éclatante de blancheur. C'est la lampe dite *solaire*. La figure 711 fera comprendre le principe de cet appareil. Il con-



711.

siste en un étranglement que l'on fait subir à la flamme un peu au-dessus de la mèche. La flamme étant mélangée forcément avec l'air (comme cela a lieu dans les appareils fumivores), les parties charbonneuses non encore brûlées, et qui donnent à la flamme une teinte rougeâtre, se brûlent; celle-ci s'allonge et s'élève beaucoup au-dessus du niveau de l'huile en dégageant une lumière extrêmement vive.

Nous renvoyons les lecteurs qui désireraient de plus grands détails au sujet de l'éclairage au moyen des lampes au *Traité de l'éclairage* de M. Pécolet, auquel nous sommes redevables de nombreux renseignements pour la rédaction de ce qui précède. Cet ouvrage, fort bien conçu, est malheureusement un peu ancien; sans doute l'auteur ne tardera pas à doter le public d'une nouvelle édition de ce livre important. On peut aussi consulter avec fruit le *Bulletin de la Société d'encouragement*; on y trouvera la description et le dessin de la majeure partie du grand nombre de lampes nouvelles, construites dans ces dernières années, et qui sont, presque toutes, des modifications plus ou moins heureuses du système Carcel.

ÉCLAIRAGE AU GAZ.

Découverte. — *Résumé historique.* — L'industrie de l'éclairage par le gaz ne date que d'un demi-siècle environ; c'est en 1792 qu'un anglais, Murdoch, en fit le premier l'heureuse application. Avant lui, certains auteurs ont parlé vaguement de la nature du gaz que la houille renfermait. Ainsi le docteur Clayton, en 1737 et 1738, cherchait par quelques expériences la nature des gaz produits par la houille qu'il distillait en vase clos; il n'arriva à rien de positif; il donna à ces gaz carbonés le nom d'*esprit de houille*. C'est seulement en 1786 que parut le thermolampe de l'ingénieur français Lebon; c'est à lui, sans contredit, que l'on doit la théorie de cette industrie. Murdoch attendit dix ans, de 1792 à 1802, que la pratique eut suffisamment constaté les avantages de sa découverte pour établir une usine importante destinée à l'éclairage d'un vaste établissement anglais, de l'atelier de construction de machines à vapeur de Watt et Bolton à Soho, près Birmingham. Cette application permit d'apprécier les nombreux avantages du nouveau mode d'éclairage. A cette époque, Winsor s'occupa avec beaucoup de succès de cette industrie; il tenta ses premiers essais en pays étrangers, à Hambourg, Brunswick, etc. De retour en Angleterre en 1803, il chercha à l'appliquer en grand; il eut à lutter pendant de longues années contre des habitudes établies et des intérêts positifs, malheureusement aussi contre des résistances sincères, et des craintes d'abord fondées sur la nature des gaz étrangers renfermés dans les produits de la distillation des houilles. C'est seulement en 1812 qu'une compagnie fut autorisée pour l'éclairage de Londres. En 1815, le même Anglais Winsor vint en France. La lutte qu'il eut à supporter fut encore terrible; elle fut moins longue, il est vrai, mais elle fut pour ainsi dire générale, et Winsor dut parler aux yeux pour réussir en 1817. Il éclaira seulement le passage des Panoramas. Plusieurs sociétés prirent successivement naissance; elles échouèrent. La première qui réussit, après des dépenses considérables, est celle connue encore aujourd'hui sous le nom de Société Anglaise. Alors l'expérience étant faite, on put organiser sur des bases solides; des usines modèles ont été montées par les soins d'habiles ingénieurs, et maintenant Paris jouit presque entièrement de ce mode d'éclairage. Cette industrie ne s'est point bornée à répandre ses bienfaits sur la capitale de la France; toutes les villes de premier et de second ordre ont vu successivement ses progrès s'étendre dans leurs murs, et cela malgré les difficultés que rencontre toujours une industrie nouvelle.

ECLAIRAGE.

L'éclairage au gaz est actuellement appliqué d'une manière générale et avantageuse pour tous.

Les matières premières qui peuvent être employées à la préparation du gaz sont très diverses. Ce sont les houilles, les résines, les acides gras de toute nature, enfin presque toutes les matières organiques, puisqu'elles donnent par la distillation des carbures d'hydrogène gazeux. Nous nous occuperons d'abord du gaz d'éclairage, produit par la distillation de la houille.

Les opérations qui constituent cette préparation sont les suivantes : 1° distillation ; 2° condensation et épuration. Nous allons successivement les étudier.

DISTILLATION. Dès l'instant qu'une qualité de houille produit du gaz d'un pouvoir éclairant suffisant et dans une certaine proportion, par exemple 18 à 20 mètres cubes par 100 kil., que le gaz produit est épurable sans trop de difficulté, elle est susceptible d'être employée dans une usine à gaz. Les conditions particulières de chaque localité, de chaque usine, de chaque saison pour la même usine, peuvent et doivent seules fixer le choix du fabricant de gaz ; aucune règle ne peut être donnée à cet égard. Ici on trouve avantage à distiller de la houille qui fournit beaucoup de coke, et on ne tient pas à obtenir un peu plus de gaz ; là, au contraire, le coke se vend mal, on veut de la houille qui produit le plus de gaz possible ; enfin, à égalité de produits, on préfère partout la houille qui coûte le moins cher. Ainsi, en France, on distille de la houille anglaise dans les usines à gaz voisines des ports de la Manche ; dans le Centre et une partie du Midi on emploie les houilles du bassin de la Loire ; dans le Nord et à Paris, ce sont les houilles belges et celles du bassin de Valenciennes qui ont la préférence ; c'est de la houille prussienne que consomme l'usine à gaz de Metz. Mais les houilles de ces diverses provenances présentent bien des variétés entre lesquelles le directeur d'une usine doit choisir.

La houille traitée en vase clos à une chaleur rouge se décompose et donne naissance à de l'hydrogène bicarboné, de l'hydrogène pur, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique, de l'acide hydrosulfurique, des sels ammoniacaux, parmi lesquels nous pouvons signaler le carbonate, l'hydrosulfate, l'hydrochlorate, le cyanhydrate, le sulfocyanure, etc. ; du goudron, des huiles empyreumatiques, de l'eau ; toutes ces substances sont volatiles à la température rouge et se dégagent par l'ouverture dont est muni le vase distillaire, dans l'intérieur duquel reste un produit solide nommé coke. Parmi les corps dégagés, les quatre premiers sont des gaz inflammables répandant, le premier surtout, de la lumière par leur combustion. On peut mettre cette lumière à profit, mais alors il faut séparer les quatre premiers corps des autres, qui ne peuvent être que nuisibles pour le but qu'on se propose ; cette séparation est le but de la condensation et de l'épuration.

Voici, d'après Clegg, une analyse du gaz de houille fourni par une usine d'Angleterre :

Gaz oléfiant (hydrogène deuto-carboné).	8
Hydrogène proto-carboné.	72
Oxyde de carbone.	13
Acide carbonique.	4
Acide hydrosulfurique.	3

400

Nous pouvons dire dès à présent que plus la température de distillation est élevée, plus il se forme de gaz et moins de goudron et d'huile essentielle. Il ne faut pas cependant dépasser une certaine limite, car l'hydrogène bi-carboné pourrait être décomposé et devenir par cela même moins éclairant ; il ne faut pas dépasser le rouge cerise vif au rouge blanc. Généralement, ce

ECLAIRAGE.

n'est point par excès de chaleur qu'on pêche dans les usines à gaz.

Suivant qu'on chauffe plus ou moins, le rendement de la houille en gaz, en goudron et en volume de coke, varie d'une manière très sensible : ainsi le même charbon fournira ici 3 à 3¹/₂ de goudron et 27 à 28 mètres de gaz ; là, il produira 4 à 5 kil. de goudron et 22 mètres cubes de gaz. La moyenne assez bonne est de 25 mètres cubes de gaz et de 4 à 4¹/₂ de goudron par 100 kil. de houille. Le volume du coke obtenu dépend aussi de la température de la distillation ; si elle ne dépasse pas la limite ci-dessus indiquée, il est beaucoup plus fort que celui de la houille distillée, suivant la mesure de la houille, le volume du coke augmente de 30 à 60 p. 100. Ainsi un hectolitre de houille rend en moyenne 4¹/₂ et même 4¹/₅ de coke pesant 40 à 45 kil., l'hectolitre comble. Si la température était poussée et maintenue assez de temps au rouge blanc, et par conséquent au delà, le volume du coke diminuant, sa densité augmente alors nécessairement, et alors le volume du coke peut n'être plus supérieur à celui de la houille employée.

Il est presque inutile d'insister sur ce point que la chaleur doit être maintenue régulièrement pendant tout le temps de la distillation.

Il est évident que les quantités de gaz obtenues et le pouvoir éclairant varient suivant les divers moments de la distillation. Dans les premiers moments de la charge le gaz se produit abondamment, sans être toutefois aussi éclairant qu'une demi-heure après. Vers la fin de la distillation le gaz produit est peu abondant, très peu éclairant et plus difficile à épurer, car il contient alors plus d'acide hydrosulfurique, les pyrites de fer exigent une température assez élevée pour que leur décomposition soit avancée. La durée de la distillation varie avec la nature des houilles et aussi les idées du directeur de l'usine ; elle varie de quatre à six heures. Les usines de Paris distillent presque toutes en quatre heures.

M. d'Harcourt, dans son Traité sur l'éclairage au gaz, donne le tableau suivant des expériences faites à la Compagnie française, qui prouvent l'inutilité d'un chauffage trop prolongé, outre que les dernières quantités de gaz sont très peu éclairantes.

Ces expériences, faites au moyen d'un petit gazomètre dont les élévations étaient proportionnelles aux quantités de gaz obtenues, ont donné les résultats suivants :

Après 4 h. de distillat., le gazom. avait monté de	38,00
2 h. id. en plus de	20
3 h. id. id.	22
4 h. id. id.	15,66
5 h. id. id.	9,33
6 h. id. id.	6,00

Les signes d'une bonne distillation sont faciles à apprécier ; l'aspect du coke à l'ouverture de la cornue suffit pour indiquer si l'on a tiré de la houille tout ce qu'elle devait produire. Dans ce cas, le coke est blanc et ne laisse émaner aucun gaz, dont la présence est indiquée par l'inflammation. Si au contraire le coke est brun, si de petites flammes se forment à sa surface, la distillation n'est point complète.

Une autre condition essentielle est d'employer les houilles non mouillées, l'humidité exerçant une influence nuisible sur la distillation. M. Penot a fait à Mulhouse l'expérience suivante :

Un kilogramme de houille contenant 40 p. 100 d'eau a donné :

Gaz de bonne qualité. . .	160 litres.
Gaz de mauvaise qualité. . .	92
Total.	252

ÉCLAIRAGE.

La même houille desséchée a donné :

Gaz de bonne qualité. . .	240 litres.
Gaz de mauvaise qualité. . .	92
Total.	332

Pour avoir la houille la plus sèche possible il faut la mettre à couvert, et non la laisser à l'air du temps, surtout si elle est fine, lors de son entrée à l'usine. Lorsqu'on met les charbons en tas, même à découvert, il est nécessaire de prendre toutes les précautions possibles pour la ventilation des diverses parties de la masse, et éviter le réchauffement et quelquefois même l'inflammation; ces accidents se produisent surtout dans les magasins quand la houille a été emmagasinée humide; sous l'influence simultanée de la chaleur et de l'humidité, il s'y produit une espèce de fermentation, surtout dans les houilles menues et pyriteuses, par la transformation du sulfure de fer en sulfate, transformation accompagnée d'un dégagement de chaleur assez considérable qui amène le départ d'une quantité plus ou moins considérable de substances volatiles. Aussi il est d'usage d'étaler devant les fourneaux le plus longtemps possible la houille qui doit être mise dans les cornues. Non-seulement on obtient moins de gaz avec de la houille mouillée, mais on peut faire éclairer les cornues si elles sont en terre réfractaire.

Cornues. Dans presque toutes les usines à gaz, on opère la distillation dans des cornues très souvent en terre réfractaire, quelquefois en fonte.

La cornue proprement dite (fig. 712) se divise en deux parties, corps et tête de cornue; le corps est la partie placée dans le fourneau, la tête de cornue est extérieure. L'assemblage qui réunit ces deux parties de la cornue est généralement à brides; ces brides sont serrées l'une contre l'autre par des boulons, et du mastic de fer placé entre elles vient les unir fortement et s'opposer aux fuites.

Cette tête de cornue porte une tubulure ou manchon, dans lequel on assemble le tuyau d'échappement. Quelquefois cet assemblage se fait à collet; mais l'assemblage à manchon est préférable et bien moins sujet aux fuites. La cornue est fermée par une porte en fonte lutée avec de l'argile, et maintenue dans une position fixe par une vis de pression qui passe dans un écrou relié à la tête de la cornue par des oreilles.

La forme qu'on a donnée aux cornues a beaucoup varié: ainsi on en a fait de rondes, d'elliptiques, d'autres avaient la partie inférieure bombée intérieurement. De toutes ces formes, celle qui paraît être la plus convenable est celle qui affecte la forme d'un Δ renversé dont les angles intérieurs sont arrondis. Dans ces cornues, la couche de houille pouvant être uniforme, la distillation est plus régulière que dans les cornues elliptiques; de plus, cette disposition offre une surface de chauffe assez considérable, et présente aussi des avantages sous le rapport de la solidité. Suivant nous, il ne faut donner à la cornue que la hauteur strictement nécessaire pour l'accroissement de volume du coke et la facilité du défournement.

On donne aujourd'hui aux cornues les plus grandes dimensions possibles; elles ont de 2^m,30 à 2^m,60 de long; on peut avec de grandes cornues distiller plus de houille sans dépenser plus de chauffage; l'entrée a 0^m,45 de large sur 0^m,35 à 0^m,40 de haut.

Les cornues en fonte durent en moyenne neuf mois; la qualité de la fonte influe sur leur durée d'une manière remarquable; on a vu des cornues hors de service après six semaines ou deux mois, d'autres durer quinze mois.

Nous avons déjà dit que les cornues peuvent être en fonte ou en terre réfractaire. On a eu le temps depuis

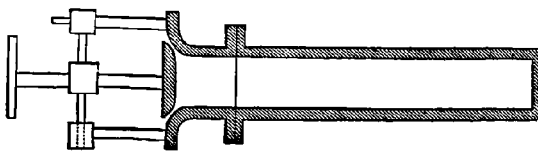
ÉCLAIRAGE.

qu'on les emploie d'apprécier tous les avantages et les inconvénients des cornues en fonte, mais on n'a pas encore dit le dernier mot pour la construction et l'établissement des cornues en terre.

Les cornues en fonte sont chauffées plus facilement que les cornues en terre; elles peuvent même faire produire à une même quantité de houille plus de gaz; elles sont moins sujettes à des fêlures, à des ruptures instantanées, mais leur durée est moins longue; généralement aujourd'hui les cornues en terre sont préférées; cependant de bons fabricants de gaz n'hésiteraient pas à établir des cornues en fonte, surtout dans de petites usines où le nombre des cornues en fer est peu considérable, pour éviter précisément les conséquences graves d'accidents qui pourraient arriver à un four garni de cornues en terre.

Quand on fait usage de cornues en fonte, il n'est pas possible de les chauffer au goudron, la forte chaleur développée par la combustion de cette matière faisant fondre les cornues même quand elles sont préservées des coups de feu directs par des carreaux réfractaires.

Les cornues en terre réfractaire de bonne qualité présentent des avantages incontestables pour des directeurs d'usine et des ouvriers bien au courant des soins qu'elles exigent et des dispositions particulières de chauffage qu'il faut adopter surtout pour la mise en feu. La nature même de la cornue dispense de toutes garnitures ou carreaux réfractaires préservateurs des



712.

coups de feu; elle se prête très bien au chauffage du four par le goudron.

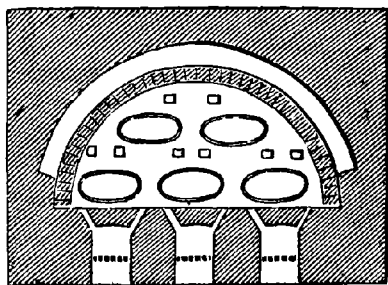
Quand on veut monter un four avec des cornues réfractaires, on prend généralement la précaution de faire recuire les massifs et la voûte avant la pose des cornues; pour cela on mure le devant du fourneau et on allume le feu. Puis quand les cornues sont placées, il faut chauffer avec beaucoup de précaution, éviter surtout les changements brusques de température, et ne pas charger avec du charbon mouillé. On sait que la terre réfractaire chauffée n'éprouve pas de dilatation mais bien du retrait.

La porosité des cornues réfractaires est un assez grave inconvénient. En effet, dans les premiers jours de la marche, le gaz traverse les pores; mais peu à peu ces pores se bouchent à cause du dépôt du carbone occasionné par la décomposition du gaz deuto et même proto-carboné. Ce dépôt se fait non-seulement dans l'épaisseur de la cornue, mais aussi dans l'intérieur, et principalement vers la partie du fond; de sorte qu'au bout d'un certain temps l'intérieur de la cornue est tapissé d'une couche de carbone, appelé aussi quelquefois carbure dans les usines à gaz, matière excessivement dure, d'une sonorité presque métallique qui sert aujourd'hui avantageusement à la confection des piles électriques. Cette couche de carbone n'éprouvant point, par le refroidissement, le même retrait que la cornue elle-même, la différence de retrait peut très bien amener des ruptures, et par cela même la perte de la cornue quand on éteint le four. M. Grellot, directeur de l'usine à gaz du faubourg Poissonnière (Compagnie française), recommande de faire brûler cette couche intérieure en ouvrant les cornues lorsqu'on veut éteindre le four, une fois cette couche disparue, il faut boucher

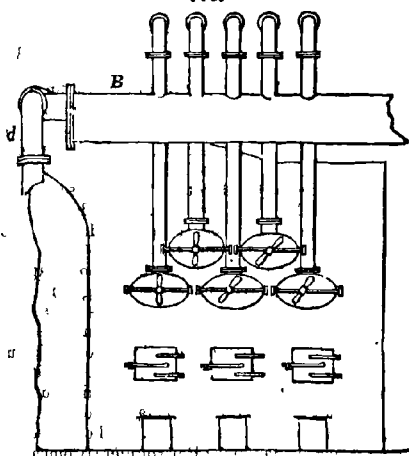
ECLAIRAGE.

aussi hermétiquement que possible, toutes les ouvertures du four, ainsi que les cornues, et laissés alors éteindre le foyer. On abandonne le tout dans cet état jusqu'au moment où on veut rallumer le four, et même on se débouche les cornues que quand le four est déjà chaud. Rien n'empêcherait, le four étant bien froid, de démonter les cornues pour les mettre dans un autre four. Quelques fabricants de gaz, le même M. Grellet entre autres, pensent que si on pouvait boucher les pores de la surface intérieure de la cornue, on empêcherait le dépôt de carbone en question; une couche de silicate de potasse ou de soude, ou même de potasse ou de soude appliquée au pinceau suffirait peut-être pour produire ce résultat, ces matières sous l'action de la chaleur devant produire une espèce de vernis. Si on ne réussissait pas ainsi, on pourrait ajouter un peu de métal, fer ou plomb, pour rendre le silicate plus fusible. Les cornues de terre peuvent être réparées facilement; on bouche les fissures qui se déclarent au moyen de terre à four, à laquelle on ajoute quelquefois du verre pilé ou du minium; on a même mis des pièces à des cornues qui ont fait, malgré cela, un assez bon service.

Fours. Les cornues étant décrites, nous nous occuperons de la description des fours dont les dispositions ont déjà beaucoup varié et varieront encore. On a commencé par des fours avec une seule cornue, puis à deux, puis à trois cornues, on a été plus tard jusqu'à cinq cornues; mais ce nombre cinq, longtemps le plus fort, est aujourd'hui dépassé. Cependant les fours à cinq cornues sont encore les plus généralement employés,



713.

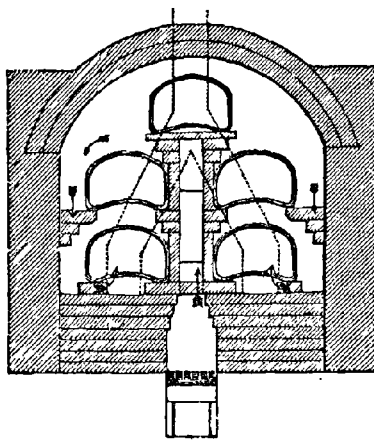


714.

du moins en France. Les fig. 713 et 714 représentent un four à cinq cornues en coupe et vu de face; seule-

ECLAIRAGE.

ment au lieu de trois foyers qui existaient primitivement, on n'en met plus qu'un. La fig. 715 représente



715.

une autre disposition due à M. Barlow, qui est bien plus avantageuse sous le rapport de l'économie de chauffage.

On voit des fours à sept et neuf cornues; nous pensons même qu'on en a établi jusqu'à treize à Londres; seulement une fois le nombre neuf dépassé, les dimensions du four restant les mêmes on diminue les dimensions des cornues, et on ne laisse pour ainsi dire pas d'espace entre les cornues qui, en terre réfractaire, ne sont presque soutenues qu'en tête et en queue. Nous concevons parfaitement ces fours à cornues multiples dans des usines qui se trouvent à l'étroit et sont obligées d'économiser le terrain, mais nous ne sommes pas du tout convaincu qu'il y ait des avantages notables à modifier dans ce sens des fours à cinq grandes cornues qui peuvent encore marcher. S'il s'agissait de fours à remonter à neuf, ce serait différent. On obtient une économie dans le chauffage, mais les deux cornues qu'on place souvent de chaque côté du foyer et à son niveau, pour ainsi dire, chauffent toujours moins que les autres et produisent moins de gaz surtout quand on chauffe au coke. Cet inconvénient est moindre, ou ne se présente pas quand on chauffe au goudron, qui donne une flamme très longue ou encore quand on chauffe avec de la houille. Si on pouvait mettre le foyer en contre-bas du sol on pourrait bien augmenter le nombre de cornues et le porter à sept ou huit; mais on est arrêté par la difficulté du service d'un foyer ainsi établi; cependant il nous semble qu'il y a quelque chose à faire à cet égard, car pour le bien du chauffage, il est utile que le corps à chauffer soit placé au-dessus du foyer. Pour des usines à gaz peu importantes, il peut être nécessaire et indispensable d'avoir des fours à trois, à deux et même à une cornue.

Pour un four à cinq cornues pouvant distiller 2,500 à 2,600 kilog. de houille en vingt-quatre heures, on brûle, quand le four est bien construit et le feu bien conduit, de 42 à 44 hectol. de coke, soit 30 à 35 pour 100 du coke produit. Remarquons ici que pour obtenir un chauffage énergique en même temps qu'économique, il ne faut pas que le coke, et par conséquent la houille dont il provient, soit trop tendre; le coke de houille tendre brûle à peu près comme des allumettes. Un hectolitre de goudron bien brûlé peut remplacer dans le chauffage des fours de 3 à 4 hectol. de coke, suivant sa qualité. Quand on chauffe à la houille, les foyers n'ont pas besoin d'être aussi étendus que ceux destinés

ECLAIRAGE.

au chauffage par le coke, qui ne brûle bien que par une masse volumineuse.

Les foyers à voûte ordinaire qu'on emploie pour chauffer au coke ou à la houille ne peuvent servir pour le chauffage au goudron; ces voûtes seraient bientôt détruites par la chaleur. Les foyers qu'on emploie alors se composent de deux murs verticaux ou pieds-droits assez élevés permettant à la flamme du goudron de bien se développer, de faire par des remous un mélange intime avec l'air; la disposition des cornues est alors changée, elle s'approche beaucoup de celle représentée dans la fig. 745.

Les fig. 746, 747 et 748 représentent un four chauffé par le goudron, construit par M. Gibbon, à l'usine à gaz d'Arras, et qui a assez bien réussi.

À l'usine de l'avenue de Trudaine, de la Compagnie anglaise, à Paris, on établit pour le chauffage au goudron des voûtes bien plus grandes que celles du foyer ordinaire, elles ont bien de 40 à 50 centimètres de rayon en plein cintre, et s'étendent dans toute la longueur du fourneau. Ces voûtes sont flanquées de chaque côté d'une cornue et à la partie supérieure du fourneau se trouvent trois autres cornues de front. On se trouve très bien de cette disposition qui laisse à la flamme du goudron tout le développement nécessaire.

Quand on veut chauffer un four au goudron, on ne lui fait ni grille, ni porte, ou bien on les bouche; le mur de face est percé de deux orifices: l'un d'eux reçoit une gouttière en tôle ou en fonte, inclinée de 35 degrés environ, et sur laquelle vient tomber en petit filet le goudron amené dans un tuyau en fer d'un réservoir supérieur, que dans l'hiver il est bon de chauffer au moyen de la chaleur perdue des fourneaux, pour que le goudron soit toujours bien fluide et l'écoulement régulier; on règle d'ailleurs cet écoulement au moyen d'un petit robinet: au-dessous de la gouttière se trouve le deuxième orifice d'un décimètre carré de surface. Nous verrions un avantage à ce que cet orifice eût plus d'étendue et qu'on pût le boucher partiellement, soit par un tampon, soit par une porte à coulisse pour régler à volonté l'entrée de l'air dans le four.

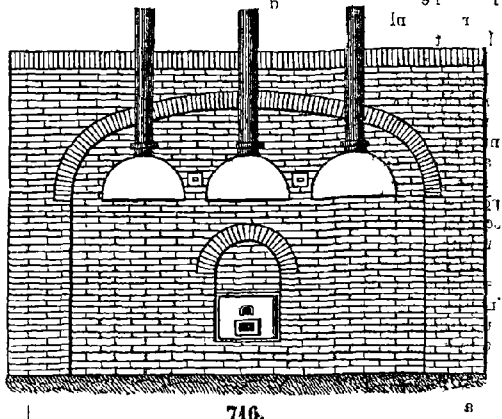
Depuis quelque temps on a entrevu la possibilité de chauffer avec du gaz les fours où on distille la houille. Avec le gaz d'une cornue, on prétend qu'on peut chauffer un four à cinq; ce procédé ne serait donc uniquement applicable que là où on pourrait trouver le placement avantageux du coke.

Quelle que soit la nature des cornues employées, la voûte du foyer est percée latéralement d'ouvreaux dont les sections vont en augmentant à mesure qu'elles s'éloignent de la devanture du four. La flamme qui s'échappe par ces ouvreaux circule autour des cornues avant de se rendre dans la cheminée; la manière dont la circulation est établie dépend essentiellement de l'ingénieur qui dirige la construction des fours.

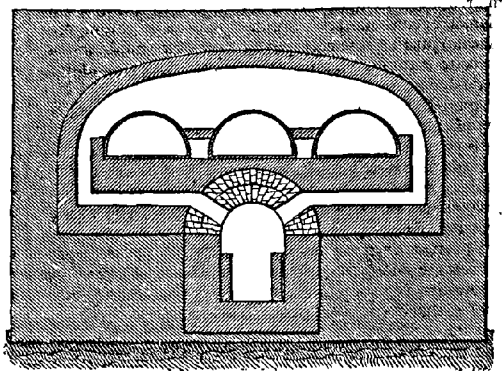
Nous avons vu des fours à cinq cornues très bien et très économiquement chauffés au moyen de deux petits foyers à voûte symétriquement entre les trois cornues; il est évident qu'on parvient ainsi à répartir uniformément la chaleur au moyen des sections des ouvreaux entre les trois cornues d'en bas que la flamme chauffe d'abord par-dessous, pour aller ensuite circuler autour des deux cor-

ECLAIRAGE.

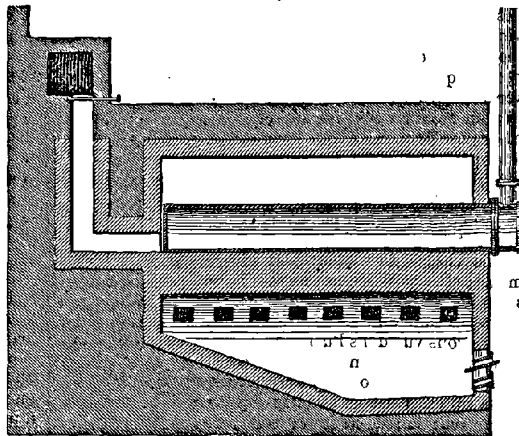
nes du haut, la circulation étant établie de bas en haut, ce qui nous semble toujours préférable. On a reconnu, ainsi qu'il était du reste facile de le prévoir,



746.



747.



748.

que des fours accolés et adossés présenteraient de l'économie pour le chauffage quand ils marchaient ensemble.

Les cornues se chargent généralement à la pelle, et

les ouvriers ne tardent pas à acquérir une assez grande habileté dans cette manœuvre; on fait aussi usage du *scoppe*, espèce de demi-cylindre à talon d'un côté, muni d'une queue en fer qui sert à le soulever; on place la houille dans le scoppe quand il est à terre, et les ouvriers l'enlèvent pour l'enfourner dans la cornue où ils le retournent. On est obligé, en chargeant au scoppe, d'égaliser la houille dans la cornue. Quelquefois on place le scoppe sur un chariot à roulettes sur lequel on l'élève à volonté au moyen de crics faisant partie du bâti, pour le monter ainsi à la hauteur de la cornue qu'on veut charger. Cet instrument ne peut, suivant nous, rendre quelques services que dans une petite usine où il n'y a, par exemple, qu'un seul chauffeur pour soigner un seul four; il peut alors, au moyen du scoppe, charger une cornue sans la laisser longtemps ouverte.

La tubulure de la tête de chaque cornue doit être assez large et avoir de 42 à 45 centimètres de diamètre intérieur, de même que le tuyau qui la surmonte, et qu'on nomme colonne montante. Un excès de largeur ne nuit pas à ce tuyau, car il arrive souvent, surtout quand on chauffe fort, que la colonne montante s'obstrue, si elle est étroite, de goudron cuit et durci par l'effet de la chaleur. Les diverses colonnes montantes se recourbent et viennent toutes plonger de quelques centimètres dans un cylindre en fonte de 0^m,40 environ de diamètre, contenant du liquide (goudron et eau ammoniacale) jusqu'à une certaine hauteur et nommé *barillet*; de cette manière chaque cornue est indépendante de toutes les autres, et on peut l'ouvrir sans qu'il y ait perte de gaz. Il est bon que les colonnes montantes et les tuyaux plongeant dans le barillet puissent être facilement nettoyés; ils doivent donc former ligne brisée avec des regards munis de tampons aux deux sommets de chaque angle.

Quelques rares usines qui redoutent les effets de la pression aspirent le gaz produit au moyen de machines qui portent dans ce cas spécial le nom d'extracteurs. De cette manière, le gaz n'éprouve, lorsque l'extracteur fonctionne régulièrement et à les dimensions convenables, que la pression du barillet, c'est-à-dire celle de la colonne liquide formant la garde des tuyaux de chaque cornue; toute la pression que le gaz éprouverait pour passer dans les condenseurs, les laveurs (s'il y en a) et les épurateurs, est annihilée. Toutes les machines destinées à l'aspiration des gaz et vapeurs peuvent servir dans cette circonstance, soit les cloches mobiles montant et descendant tour à tour, imaginées par Hall et appliquées par lui au flambage des tissus, soit les ventilateurs, soit la vis d'Archimède. Le mécanisme qui fait mouvoir ces diverses machines doit être calculé et disposé de manière que l'aspiration produite réponde à la quantité de gaz fabriquée, de manière que d'un côté il n'y ait pas de pression après le barillet, et que de l'autre il ne se forme pas un vide dans la cornue, ce qui ne manquerait pas d'amener une aspiration d'air pouvant former avec le gaz un mélange explosif. Il faut que la vitesse du moteur soit réglée par le gaz lui-même; si la pression augmente, il faut que l'aspiration soit plus grande; si la pression diminue, devient négative, il faut que l'aspiration soit moins énergique. Nous avons vu, dans l'usine à gaz de la Compagnie parisienne, à Paris, un régulateur construit par M. Pauwels, et qui fonctionne admirablement; ce n'est autre chose qu'un petit gazomètre équilibré à la pression qu'on veut laisser au gaz, soit zéro; si la pression change, le gazomètre baisse ou monte, et son mouvement agit sur la vitesse de l'extracteur. L'extracteur de la même usine, le seul du reste que nous connaissons en France, fonctionne aussi très bien.

Quel que soit le système de l'extracteur, il est indispensable que l'appareil soit agencé de telle manière

qu'en cas d'aspiration sur les cornues le gaz des gazomètres puisse être aspiré par l'extracteur pour rendre impossible toute rentrée d'air.

La difficulté de vendre à un bon prix le coke des cornues a depuis quelques années fait songer les inventeurs au moyen de produire à la fois et du gaz suffisamment éclairant, et du coke dur pouvant servir au chauffage des locomotives et aux fonderies.

M. Pauwels a établi à l'usine de la Compagnie parisienne des fours dont l'un marche déjà depuis près de trois ans, et les autres depuis un an environ, qui semblent résoudre le problème. Nous ne pouvons donner aucun détail sur la partie économique de la question, partie excessivement importante, comme chacun sait; mais nous pouvons dire que ces fours produisent du très beau coke qui trouve son écoulement dans les chemins de fer. Ces fours ont une assez grande capacité, car ils contiennent six tonnes de houille; la durée de la cuisson est de quatre-vingts heures à peu près. Ils sont accolés nécessairement les uns aux autres, et au-dessus d'eux règne un petit chemin de fer sur lequel circulent des petits wagons contenant la houille destinée à la charge du four; la charge se fait par la voûte garnie à son milieu d'une ouverture ou porte suffisamment grande, chaque wagon vient culbuter sa contenance dans le four, qu'on ferme immédiatement quand la charge est terminée; on enlève le coke produit par deux grandes portes placées en face l'une de l'autre. Sous la sole du four se trouve un foyer dont la flamme circule autour de la voûte pour la chauffer convenablement. Le four est hermétiquement clos et muni d'un tuyau pour l'échappement du gaz; ce tuyau est muni d'ailleurs d'une vanne pour arrêter au besoin toute communication entre le four et la conduite générale du gaz fabriqué. Dans les dernières heures de la distillation, le gaz produit est très peu éclairant, car pour avoir du coke dur il faut pousser la température au rouge-blanc très intense, alors on peut diriger le gaz du four dans le foyer et les carnaux des fours voisins. Les deux portes de chaque four sont munies de petits orifices pour donner, s'il est nécessaire, entrée à une petite quantité d'air à la fin de la distillation.

Ces fours sont établis en briques très réfractaires, et leur construction indique qu'ils ne pourraient pas marcher sans l'aide d'un extracteur; ils paraissent exiger très peu de réparations.

Nous savons qu'une usine à gaz de Londres, celle du Wauxhall, si nous ne faisons erreur, a adopté le système de M. Pauwels, et qu'il y est en application.

Ce système n'a soulevé qu'une objection; on s'est demandé si le gaz obtenu par les fours était bien éclairant, car au moment de la charge d'un four la masse de houille introduite est si considérable qu'il y a un grand refroidissement, ce qui est une condition peu favorable, du moins dans les idées reçues jusqu'ici, pour la production du gaz. L'adoption de ce système par une usine de Londres nous semble indiquer que l'objection n'était pas fondée. Pour être vrai, nous devons ajouter qu'outre les fours en question, insuffisants pour son éclairage important, l'usine de la Compagnie parisienne fait aussi usage de cornues qu'elle employait uniquement jadis.

Ces fours laissent quelque chose à désirer sur le temps nécessaire au défournement du coke, temps assez long pendant lequel l'intérieur du four se refroidit. M. Pauwels a voulu remédier à cet inconvénient en établissant des fours inclinés, mais ils ne marchent pas depuis assez longtemps pour qu'on sache s'il a atteint son but.

Comme pour obtenir du coke très bon et recherché pour le chauffage des locomotives, il faut lui donner une grande homogénéité et une grande pureté, M. Pauwels fait passer au moulin toute la houille des-

linée aux fours; la houille ainsi écrasée est tamisée, puis lavée, pour la rendre plus pure, pour la débarrasser en grande partie des pyrites et des matières étrangères qu'elle contient; puis elle est chargée dans les wagons qui doivent la mener aux fours; tout cela est produit mécaniquement.

Un seul point laisse, suivant nous, à désirer dans cet agencement, c'est que la houille arrive sinon mouillée, du moins très humide aux fours, ce qui doit augmenter le refroidissement. Si cette manipulation pouvait se faire sur le carreau de la mine, la houille aurait le temps de s'égoutter et de sécher pendant le trajet de la mine à l'usine à gaz.

CONDENSATION ET ÉPURATION. Avant d'envoyer le gaz produit aux récipients ou gazomètres, il doit être débarrassé, autant que possible, de tout ce qu'il entraîne avec lui, et qu'il ne reste de la distillation que les quatre gaz que nous avons indiqués au commencement. Pour cela, il faut d'abord le refroidir, le condenser. Cette condensation commence déjà dans le barillet, qui doit nécessairement être muni d'un dégorgeoir donnant un écoulement au goudron et à l'eau ammoniacale, de manière que le niveau du liquide dans ledit barillet soit constant.

A la sortie du barillet le gaz circule dans une série plus ou moins considérable de tuyaux en fonte, dont le nombre et le diamètre dépendent de l'importance de la distillation; généralement ces tuyaux, et cette disposition est bonne, sont disposés en jeux d'orgues. Quelquefois ces tuyaux sont boulonnés sur des caisses en fonte, dans lesquelles se rendent les produits de la condensation. Ces caisses sont munies de syphons, pour qu'il y ait toujours constance dans le niveau du liquide où plongent les diaphragmes nécessaires pour que le gaz suive la série de tuyaux. Quelquefois ces tuyaux sont ouverts par l'extrémité inférieure, ils plongent dans une espèce de barillet, toujours à syphon, et communiquent entre eux latéralement, alternativement par le haut et par le bas. Il est, dans tous les cas, indispensable d'établir ces tuyaux de condensation de manière qu'on puisse les nettoyer dans toutes leurs parties; des regards sont nécessaires, et la disposition des T est, suivant nous, très bonne. Le contact de l'air seul peut produire la condensation, mais on peut très bien refroidir la surface extérieure des tuyaux au moyen d'un filet continu d'eau froide. Il faut, autant que possible, que le condenseur soit placé au nord et abrité du soleil.

Les produits de la condensation sont du goudron, de l'eau ammoniacale, très peu d'huiles essentielles quand la distillation a été bien conduite, et quelquefois de la naphthaline et produits analogues. Plus la houille est sèche et plus la condensation est facile, moins il y a d'eau ammoniacale; mais cette eau est plus riche, plus dense. Plus le nombre des tuyaux est considérable, et il est énorme dans les grandes usines, plus aussi la condensation est complète. Mais il peut résulter d'une trop grande longueur de tuyaux un grand inconvénient, l'obstruction par la formation de sels ammoniacaux. Effectivement, les sels étant plus volatils que l'eau, si le parcours à traverser est considérable, il arrive un moment où les sels ne sont plus en dissolution; il y a dépôt à l'état solide. Nous avons en occasion de constater ces dépôts, qui ne sont autre chose que du carbonate et de l'hydrosulfate d'ammoniaque; aussi doit-on éviter l'emploi absolu de ce moyen pour se débarrasser complètement des eaux ammoniacales.

La pratique donne les chiffres suivants pour déterminer la surface du condenseur: le condenseur étant continuellement rafraîchi par un filet d'eau froide, on estime que 30 décimètres carrés de surface peuvent condenser, par minute, l'eau contenue dans 3 décimètres cubes de gaz; ainsi un four de cinq cornues chargées

chacune de 68 kil., dont la production en cinq heures serait de 345 mètres cubes, ou 3 mètres cubes par minute, exigerait un condenseur de 34 mètres carrés de surface.

Pour que la condensation soit bonne, il faut que les derniers tuyaux du condenseur n'aient pas une température plus élevée que celle de l'air ambiant; mais cette disposition seule ne suffit pas pour épurer le gaz des dernières traces de goudron et huiles volatiles qu'il contient avec lui, et qui nuiraient singulièrement à l'épuration, surtout si elle s'opère au moyen de substances solides, c'est-à-dire par la voie sèche.

Pour arrêter ce goudron léger, il faut ou laver le gaz ou lui faire traverser une couche de petit coke assez épaisse.

Quand on se sert de laveurs, il est bon, si on en a plusieurs, de les disposer d'une manière méthodique, communiquant entre eux et en cascade, de sorte qu'on évacue les produits du laveur inférieur qui, vide, reçoit le liquide de celui immédiatement au-dessus de lui; et le dernier laveur vide reçoit de l'eau pure. Les laveurs peuvent et doivent être encore employés lorsqu'on n'enlève pas l'ammoniaque par des moyens chimiques, les sels métalliques.

Les produits de ce lavage vont se rendre avec ceux de la condensation dans des citernes, pour la construction desquelles on ne saurait apporter trop de soins, à cause des inconvénients auxquels les fuites peuvent donner lieu. Il est bon d'avoir des citernes d'une certaine dimension et deux au moins; tous les produits se rendant dans une; le goudron, plus dense, occupe la partie inférieure, l'eau surnage, et un déversoir l'amène dans une autre citerne, de manière qu'on peut extraire facilement et sans mélange le goudron et l'eau ammoniacale.

Aujourd'hui on arrête souvent le goudron léger au moyen de coke: on dispose un large cylindre en fonte muni d'un diaphragme à claire-voie, sur lequel on place du coke d'abord en gros morceaux, puis en morceaux plus petits, de sorte que le volume de coke, qui a 2 ou 3 mètres au moins (si l'usine est importante), se termine par une couche de gros poussier. Le gaz arrive sous le diaphragme et sort par le haut de la colonne; les dispositions d'ailleurs peuvent varier. On arrose même quelquefois le coke de la colonne avec un filet d'eau; nous considérons ce lavage comme inutile, excepté au moment où on va enlever le coke, quand on épure le gaz de son ammoniaque, comme il va être dit plus loin.

La colonne est munie, au-dessus du diaphragme, d'une porte assez large, par laquelle on évacue le coke quand il est saturé de goudron; un tampon se trouve au haut de la colonne, par lequel on introduit le coke.

Au point où nous sommes arrivés, le gaz ne doit plus contenir que des acides carbonique et hydrosulfurique, des sels ammoniacaux en vapeur, et notamment le carbonate, l'hydrosulfate et le cyanhydrate.

L'épuration peut se diviser en deux parties; 1° l'enlèvement des sels ammoniacaux; 2° l'enlèvement des acides et surtout de l'acide hydrosulfurique.

Avant 1840, on n'avait pas suffisamment étudié la nature des produits à enlever au gaz, et en général on l'épurait assez mal. Un des premiers, M. Mallet a signalé ces divers produits et indiqué plusieurs moyens de les absorber économiquement; il ne s'est pas contenté d'en rester à la théorie, il a mis la main à l'œuvre, il a appliqué son procédé dans plusieurs usines et s'est établi épurateur de gaz; il s'est créé une spécialité. Les bons résultats de son procédé, ses publications, ses efforts, ont appelé l'attention de l'autorité, des fabricants de gaz, des chimistes; depuis lors, d'autres procédés que le sien ont surgi, nous les examinerons successivement; mais on peut dire que

c'est à M. Mallet qu'on est redevable, en France du moins, des améliorations considérables qu'a subies cette partie de la fabrication du gaz.

Parlons d'abord de l'enlèvement des sels ammoniacaux contenus dans le gaz.

En privant le gaz d'ammoniaque on obtient les résultats suivants : 1° l'ammoniaque qui vient nuire à la puissance éclairante du gaz, et qui, en se transformant partiellement par la combustion du gaz en acide azotique (1), agit d'une manière énergique sur notre organisation, est totalement absorbé; 2° la chaux ou tout autre oxyde, en présence de l'acide hydrosulfurique, enlève beaucoup plus facilement au gaz la totalité de ce produit, toujours délétère, soit qu'il se transforme en acide sulfureux par la combustion du gaz, soit qu'il agisse comme acide hydrosulfurique dans les fuites de gaz; 3° les eaux des citernes des gazomètres ne sont plus ammoniacales, et les infiltrations dans les puits environnants moins à redouter; 4° l'absorption de l'ammoniaque rend bien moins fréquentes les obstructions des tuyaux de conduite par la naphthaline et autres produits similaires, car une portion de la naphthaline n'est contenue dans le gaz qu'en dissolution, pour ainsi dire, à la faveur de l'ammoniaque; quand on enlève l'ammoniaque dans l'épuration, la naphthaline en question se dépose dans la substance absorbante; sinon cette naphthaline va se déposer plus loin, alors que sous certaines influences de température ou d'humidité l'ammoniaque se condense, dépôts toujours à redouter, qu'ils se forment dans l'intérieur de l'usine ou au dehors. Quand ces dépôts se produisent, on lance dans les tuyaux de la vapeur qui dissout, entraîne la naphthaline et l'eau de condensation qu'on a soin de retirer encore chaude, la plus chaude possible; 5° le gaz, privé d'ammoniaque et d'acide hydrosulfurique, n'attaque plus les conduites des rues, ni les compteurs, ni les appareils d'éclairage, ce qui se produit très énergiquement avec du gaz mal épuré; le gaz brûle avec une flamme plus blanche en donnant peu de fumée, même quand la flamme est portée à une hauteur de 42 à 45 centimètres; 6° la chaux n'exhale plus l'odeur d'ammoniaque caustique, qui gêne les ouvriers qui renouvellent les cuves; 7° il faut beaucoup moins de chaux pour épurer; aussi dans des épurations méthodiques, dont nous parlerons tout à l'heure, 1 hectol. de chaux suffit pour épurer complètement 4,500 mètres cubes de gaz environ.

On peut pour absorber l'ammoniaque employer 1° le procédé par la voie humide, 2° le procédé par la voie sèche.

1° *Voie humide.* C'est M. Mallet qui a le premier appliqué ce procédé au moyen des dissolutions métalliques neutres, et indiqué le premier la dissolution de chlorure de manganèse comme la plus économique. Le chlorure de manganèse étant le résidu de la fabrication du chlore, se trouve en grande quantité et à un prix d'autant plus bas qu'il est, pour les fabricants de chlorures décolorants, un produit encombrant, dont ils ne peuvent souvent se débarrasser qu'au détriment de la salubrité publique.

Il s'opère entre les sels métalliques et les sels ammoniacaux une double décomposition; il se forme un sulfate ou un hydro-chlorate d'ammoniaque soluble, et il se précipite du sulfure et du carbonate de fer ou de manganèse. Les dissolutions épurantes sont placées dans trois laveurs en fonte nécessairement disposés en cascade. Pour obtenir un lavage méthodique, on a soin de diviser les gaz en bulles; il suffit d'exercer sur chaque laveur une pression de 2 à 3 centimètres pour opérer l'absorption. Les laveurs sont munis d'agitateurs pour

empêcher le précipité d'adhérer à la fonte. Ces laveurs portent, comme les laveurs à eau, un trop plein pour empêcher la pression de dépasser la hauteur déterminée. Les laveurs doivent être munis de robinets placés un peu au-dessous du niveau du liquide, afin de pouvoir à chaque instant connaître le degré de saturation du liquide. C'est toujours du premier laveur qu'on extrait les dissolutions; lorsque celui-ci est vide, on le remplit avec la dissolution contenue dans le second laveur; on remplit celui-ci au moyen du troisième qui, à son tour, reçoit une dissolution nouvelle, afin que le gaz rencontre toujours en premier lieu le liquide le plus saturé et qu'il achève de s'épurer dans le liquide qui possède encore toute son action. Ce liquide ne doit point être acide: on neutralise facilement avec les eaux ammoniacales les dissolutions du manganèse qui sont toujours acides.

Au lieu de chlorure de manganèse on peut aussi employer une dissolution de sulfate de fer de qualité inférieure, la petite couperose qui coûte 6 fr. environ les 100 kil. M. Mallet a, avec raison, rejeté, par des motifs très bien déduits dans sa notice sur l'épuration, l'emploi des acides pour absorber l'ammoniaque; personne n'y songe plus aujourd'hui.

Le procédé des dissolutions métalliques neutres est en application depuis longtemps dans plusieurs usines à gaz; celles de Saint-Quentin, Douai, Roubaix et Tourcoing, Bruges, Courtrai, Saint-Josse-Ten-Noode (Bruxelles), Gratz, etc.

2° *Voie sèche.* Dès que la pratique de plusieurs années eut démontré l'efficacité du procédé que nous venons de décrire, M. Mallet trouva des imitateurs et des concurrents. Pour faire autrement (et quand il s'agit d'un brevet à tourner, c'est un point important) et aussi pour employer une pression moindre que celle des laveurs, pression de 6 centimètres; pour éviter dans les usines à gaz les manipulations des liquides et rester dans les habitudes des employés, plusieurs chimistes proposèrent de substituer la voie sèche à la voie humide. Nous ne parlons pas du but d'éviter des appareils nouveaux, car il est reconnu aujourd'hui sans contestation que pour arriver à un bon résultat, il faut des cuves pour arrêter l'ammoniaque et d'autres cuves pour arrêter l'acide hydrosulfurique.

En 1847, M. Johnson, chimiste anglais, conseilla de placer sur les claies ou grilles des épurateurs de la sciure de bois mélangée intimement avec du sulfate de fer pulvérisé, égrugé, le tout suffisamment mouillé pour rendre plus efficace l'action du sulfate de fer dissous dès lors en petite partie. Il faut six à huit couches de cette matière pour arrêter complètement l'ammoniaque. Ce procédé a été essayé et employé à l'usine à gaz de la Compagnie de l'Est à Paris; la théorie de l'opération est absolument la même que celle donnée plus haut.

A peu près dans le même temps, M. R. Laming, aussi chimiste anglais, fit usage de sciure de bois imbibée d'une dissolution concentrée de chlorure de calcium (muriate de chaux). L'expérience a démontré que, contrairement à la théorie, on pouvait avec cet agent enlever toute l'ammoniaque du gaz; le sulfhydrate d'ammoniaque contenu dans le gaz est décomposé par l'acide carbonique libre et transformé en carbonate d'ammoniaque sur lequel le chlorure de calcium peut agir, tandis qu'il n'exerce aucune action sur le sulfhydrate. Dans cette réaction, due probablement à l'affinité du chlorure de calcium pour le carbonate d'ammoniaque, l'acide hydrosulfurique de l'hydrosulfate est mis en liberté et va se joindre à celui qui existe déjà dans le gaz.

Le chlorure de calcium qu'emploie M. Laming est toujours mélangé d'une quantité notable de chlorure de manganèse, substance spéciale du procédé Mallet.

(1) M. H. Gore, chimiste anglais, prétend qu'il se forme du cyanogène ou un composé cyanique.

Avec le chlorure de calcium, substance éminemment soluble, déliquescence, il ne faut plus six couches de matières pour enlever complètement l'ammoniaque, deux couches suffisent. Ce procédé est évidemment préférable à celui de M. Johnson; il est employé à Paris à l'usine de Belleville, de MM. Payn et compagnie, et à celle de MM. Lacarrière et compagnie.

En 1848, arriva M. de Cavailion, qui, ressuscitant une ancienne application de Darcey et une idée de MM. Suquet et Krafft, fit usage du sulfate de chaux, soit à l'état neuf, soit à l'état de plâtras. Nous conseillons aux amateurs de curiosités chimiques la lecture des brevets pris par M. de Cavailion; il a commencé par conseiller l'emploi du plâtre *cuit* qui ne manquerait pas, en absorbant l'humidité du gaz, de transformer en cloisons les claies des épurateurs. Profitant des travaux de MM. Johnson et Laming, il eut soin de diviser ses plâtras, qu'il humecta du reste avec de l'acide sulfurique, au moyen de matières inertes comme sable, sciure, poussier de coke. Les plâtras ainsi préparés enlèvent facilement l'ammoniaque du gaz. L'explication donnée à propos du chlorure de calcium s'applique aussi au sulfate de chaux; la matière Cavailion est employée avec succès à la Compagnie française.

Depuis l'apparition de ces procédés à la voie sèche, M. Mallet est venu à son tour apporter son contingent à ce système. Le premier il a conseillé l'emploi du sulfate de chaux, résidu du travail de l'acide stéarique, comme pouvant remplacer le plâtre avantageusement; (son conseil fut bientôt utilisé par M. de Cavailion); il alla plus loin, il voulut épurer le gaz complètement en une seule opération, avec une seule et même matière, sans avoir le moindre résidu, aussi en employant la voie sèche. Il fit et fait usage (ce procédé est breveté ainsi que tous ceux que nous venons de signaler) d'un mélange de sulfate et d'oxyde de plomb, mélange qui se revivifie d'ailleurs presque indéfiniment, tout en permettant d'obtenir du sulfate d'ammoniaque.

Le sulfate de plomb qu'il emploie est un résidu soit de la préparation de l'acétate d'alumine, soit de la fabrication de l'acide sulfurique; pour l'amener en partie à l'état d'oxyde, il le transforme partiellement en sulfure au moyen des eaux ammoniacales du gaz et par un passage préalable dans les épurateurs; puis il le grille dans un four à réverbère. Ce four a deux étages: l'étage supérieur est surmonté d'une chaudière dans laquelle s'évapore la dissolution de sulfate d'ammoniaque; c'est dans cet étage que le sulfure de plomb commence à sécher, et c'est dans l'étage inférieur qu'il est porté à une chaleur rouge cerise suffisante pour qu'ait lieu la transformation en sulfate et en oxyde. La matière suffisamment grillée, refroidie et mouillée est placée sur les claies des épurateurs; sous l'action du gaz, il y a formation de sulfate d'ammoniaque et de sulfure de plomb. Après l'épuration, on lessive avec de l'eau ammoniacale, pour dissoudre le sulfate d'ammoniaque et utiliser l'acide sulfurique du sulfate de plomb non décomposé. Le four est disposé de telle manière que le même feu grille le sulfure de plomb, évapore le sulfate d'ammoniaque et le sèche.

C'est là une solution élégante et rationnelle du problème de l'épuration; le gaz fournit lui-même l'acide sulfurique nécessaire à sulfatiser son ammoniaque, et la matière sert presque indéfiniment, pourvu qu'on apporte les soins nécessaires à ce qu'il n'y ait pas de perte du sulfate de plomb, substance chère encore, trop chère pour être perdue. Dans l'usine à gaz de Versailles, où ce procédé est en application depuis deux à trois ans, le déchet a été presque insensible depuis la mise en train, bien qu'on n'emploie aucune autre matière pour l'épuration complète du gaz. Ce procédé est en application dans plusieurs autres usines, celles de la compagnie du Nord et de l'Ouest, de Dunkerque,

Saint-Omer, etc. Ce procédé si satisfaisant demande, à cause de la perte du sulfate de plomb, plus de soins qu'on n'en apporte dans beaucoup d'usines; du reste, on ne trouve pas assez de ce résidu pour qu'on puisse songer à une application beaucoup plus étendue que celle que le procédé a prise depuis son application. Il restait donc encore une lacune dans l'épuration; MM. Laming et Mallet se sont chargés de la combler; ils ont mis à profit une propriété du sulfure de fer hydraté, dont on n'avait pas jusqu'à présent tiré parti dans l'industrie. Le sulfure de fer hydraté exposé à l'air se transforme en très grande partie en peroxyde de fer et en soufre, et en petite partie en sous-sulfate. Ils emploient un mélange de sciure de bois et d'oxyde de fer hydraté au lieu de chaux dans les épurateurs qui suivent ceux où est placée la matière absorbant l'ammoniaque; il y a formation de sulfure de fer et d'eau. La matière sortant des épurateurs est exposée à l'air, on a soin de la maintenir humide; de noire qu'elle était, elle ne tarde pas à devenir rouge, à cause du peroxyde de fer revivifié, qui se retrouve à l'état d'hydrate par suite de l'humidité de la matière, et qu'on peut dès lors employer à nouveau, et ainsi de suite jusqu'à ce que le soufre se trouve en trop grande quantité et masque l'oxyde de fer qui se trouve aussi en partie combiné avec des produits cyaniques (voir PRUSSIANE); le nombre de fois que l'oxyde de fer peut servir varie de soixante à cent vingt fois, suivant la nature de la houille. Ce procédé, mis en application dans plusieurs usines, entre autres celles de MM. Payn et Lacarrière, produit les meilleurs résultats.

Nous n'entrons pas ici dans des détails sur la préparation de l'oxyde de fer employable à l'épuration du gaz. Nous pourrions examiner cette question dans un autre article; qu'il nous suffise de dire ici qu'on peut se le procurer, 1° en décomposant un sel de fer par un alcali; 2° en prenant le résidu de l'épuration ammoniacale du gaz au moyen du sulfate de fer (voie sèche ou voie humide); 3° en traitant l'oxyde de fer sec à l'état de colchotar par certains agents chimiques, comme la potasse, la soude, la chaux, etc. Il y a dans ce cas une combinaison particulière, et l'intervention d'un alcali fixe servirait très bien à la fixation des composés organiques; cette question reviendra naturellement à l'article PRUSSIANE.

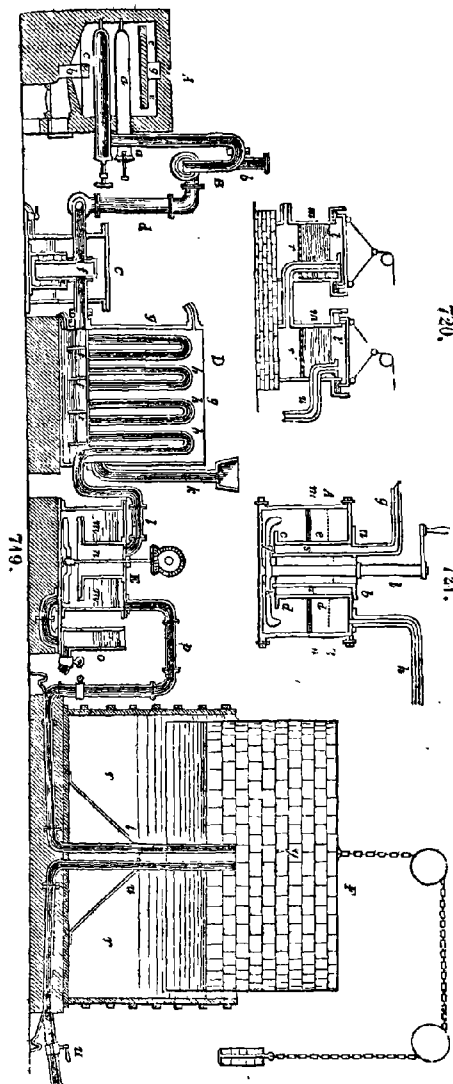
L'emploi de ces divers procédés d'épuration ne doit pas nous faire oublier le procédé d'épuration à la chaux, presque exclusivement employé jusque dans ces derniers temps pour absorber le soufre.

On a d'abord employé en Angleterre le lait de chaux. Les fig. 749, 720 et 721, qui donnent le dessin réduit de toute usine montée dans l'ancien système pour la condensation et l'épuration, représentent une épuration au lait de chaux. Le cylindre D, dont la partie inférieure est terminée par une bride assez large et percée d'un nombre considérable de petits orifices destinés à laisser passer le gaz. Ce cylindre plonge dans un cylindre *m*, d'un diamètre plus considérable, dans lequel est disposé un lait de chaux mis en mouvement continu par un agitateur *n*, auquel on imprime le mouvement par des roues d'angle. Le gaz purifié s'échappe par la partie supérieure en *p*, un robinet à gros boisseau sert à vider l'appareil quand la chaux est saturée, et un vase latéral *o* sert à introduire de nouveau le lait de chaux. Si nous admettons que dans 100 mètres cubes de gaz produit il y ait 5 mètres cubes d'hydrogène sulfuré et d'acide carbonique, il faut, d'après ce procédé, 280 kil. de chaux pour 4,000 mètres cubes de gaz; environ 4/16 du poids de la houille.

Ce système de purification ne donnait point en pratique de bons résultats; le gaz contenait encore une grande quantité d'hydrogène sulfuré. On a cherché à appliquer le lait de chaux d'une manière méthodique,

ECLAIRAGE.

Trois vases, à des niveaux différents, communiquant l'un avec l'autre, et munis chacun d'un agitateur, étaient disposés de manière que le niveau inférieur du premier vase communiquait avec le niveau supérieur du second; celui-ci était disposé de même à l'égard du troisième. Le gaz entraît par le troisième vase et sortait par le premier; le courant de lait de chaux avait lieu en sens inverse; de cette manière, le gaz se trouvait en contact avec un lait de chaux de plus en plus pur,



et on obtenait ainsi une purification presque absolue. Mais ce système présentait le grave inconvénient d'augmenter d'une manière considérable la pression sur les cornues; il a cependant été appliqué dans quelques grandes usines à gaz de Londres.

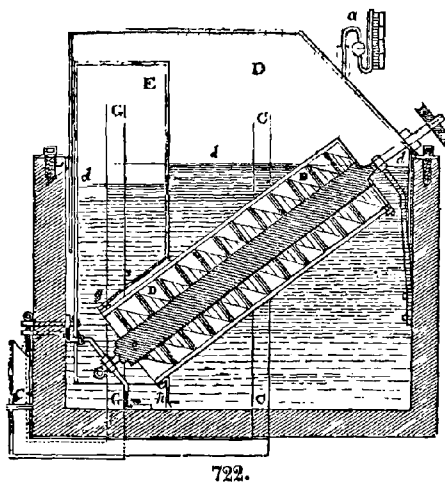
On a encore disposé l'appareil différemment (voir la fig. 721); le seul but qu'on paraît avoir voulu atteindre dans cette disposition, est de prolonger le contact du gaz avec la chaux, par des diaphragmes *m, n*, placés dans l'intérieur du bain; un agitateur d'une

ECLAIRAGE.

forme particulière, permet de donner un mouvement continu à la chaux; le gaz entre dans l'appareil par le tube concentrique *xx*, traverse le bain et s'échappe par le tube *A*. On met l'agitateur en mouvement, soit à la main, soit par des roues d'engrenage, quand on dispose d'une force motrice.

On juge jusqu'à un certain point du degré d'épuration du gaz en faisant plonger un syphon d'un côté dans la cuve d'épuration, de l'autre dans un petit réservoir rempli d'acétate de plomb; l'hydrogène sulfuré non absorbé par la chaux décompose l'acétate de plomb en donnant naissance à du sulfure de plomb qui se précipite en noir; on arrive du reste à un résultat analogue en plaçant sur le couvercle de l'épurateur un robinet qui laisse échapper le gaz à volonte; en soumettant à l'action du gaz un papier trempé dans une dissolution d'acétate de plomb, on a une approximation de sa pureté.

Pour éviter la pression énorme des laveurs au lait de chaux, on avait proposé l'emploi de la vis d'Archimède; ce système a marché pendant quelques années à l'usine à gaz de l'hôpital Saint-Louis. La fig. 722 re-



présente cet appareil en coupe verticale; *D, D*, est la vis d'Archimède : la spirale qui forme cette vis est triple. Le compartiment *D* communique avec les cornues par le tube *C*; le gaz est aspiré de ce réservoir par la vis d'Archimède, qui le force ainsi à venir au point inférieur de la citerne, et de là il s'échappe par le tube *G*. On connaît le degré d'aspiration à l'aide d'un manomètre *a*, placé à la partie supérieure de l'appareil. La vis d'Archimède est mise en mouvement par une petite machine à vapeur.

Nous avons décrit les principaux systèmes d'épuration au lait de chaux. Tous ces systèmes sont en général abandonnés. Les premiers ont l'inconvénient d'augmenter la pression dans les cornues, inconvénient assez grave par les fuites qu'il occasionne. Tous exigent une force motrice continue pour maintenir la chaux en suspension. Sans ce mouvement, la chaux ne tarderait point à se précipiter, il n'y aurait plus d'effet produit. Le gaz se frayerait un chemin unique qu'il saturerait bientôt complètement. Enfin, le peu de réussite de ce système doit être également attribué à la faible solubilité de la chaux dans l'eau qui n'en dissout que 4/800. Les épurateurs secs à la chaux sont préférables; nous allons les décrire.

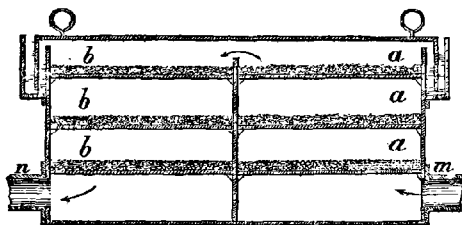
Les premiers épurateurs dans lesquels on a employé la chaux éteinte pulvérulente ont été disposés comme l'indique la fig. 720. Soient deux caisses rectangulaires

de même forme; r, r' , deux espèces de tamis métalliques placés à la partie inférieure de ces caisses, et immédiatement au-dessus des tuyaux t, t' . Les caisses, ordinairement en fonte, portent une gorge g , que l'on remplit d'eau; un couvercle également en fonte entre dans cette gorge; il est maintenu dans une position fixe par deux barres en fer qui passent dans des oreilles o, o . Il empêche ainsi toute communication de l'intérieur du vase avec l'extérieur. Les tamis sont recouverts de foin et mieux de mousse. C'est sur cette matière que l'on répand la chaux, le plus légèrement et le plus également possible. Le gaz arrivant par le tube t traverse la couche de chaux qui se trouve dans le vase A , puis se rend par le tube t' à la partie inférieure de la caisse B , où il est soumis de nouveau à l'action de la chaux; de là il se rend dans le réservoir par le tube u .

Le service de ces épurateurs est facile; une chaîne adaptée au couvercle vient passer sur les poulies p, p, p', p' ; à cette chaîne est suspendue un contre-poids qui fait à peu près équilibre au couvercle; un homme le met à volonté en mouvement. On enlève les barres en fer, on soulève le couvercle, on enlève la chaux à l'état d'oxy-sulfure de calcium, on remet de la chaux neuve, puis on referme de nouveau; mais il faut avoir plusieurs épurateurs, afin de ne point interrompre la fabrication pendant ce nettoyage, qui se renouvelle fréquemment.

Dans beaucoup d'usines ce système est adopté avec de légères modifications; ainsi le couvercle, au lieu d'être plein, est percé à son centre et muni d'un tuyau par où s'échappe le gaz qui a traversé l'épurateur. Ce tuyau vient plonger dans une boîte hydraulique entourant la conduite, communiquant directement ou indirectement avec le gazomètre, de sorte qu'en enlevant le couvercle on doit enlever le tuyau qui le surmonte. Le tuyau d'entrée et celui de sortie, au-dessous de la boîte hydraulique, sont munis de vannes pour isoler l'épurateur au moment de renouveler la matière épurante.

La disposition la plus efficace qui ait été imaginée pour l'épuration à la chaux sèche est sans contredit le système d'épurateurs méthodiques. Rien n'est plus facile que le service de ces épurateurs, et les résultats obtenus auraient dû donner un plus grand développement à l'adoption de cet appareil. Il est du reste employé avec grand avantage dans plusieurs villes importantes, Lille, Marseille, Arras, Bordeaux, etc.

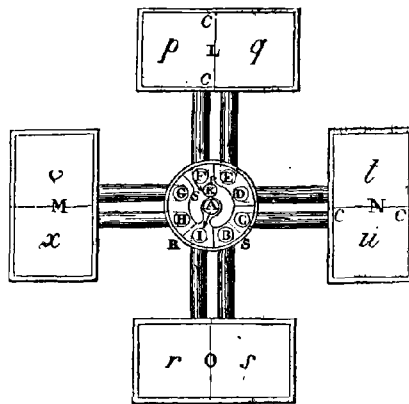


723.

Il se compose de quatre caisses rectangulaires M, N, P, Q (fig. 724). Ces caisses sont en fonte et divisées en deux parties par une cloison également en fonte cc . La coupe verticale de ces caisses, dans le sens de la longueur, est représentée par la fig. 723; et comme celle-ci, chaque compartiment renferme trois ou quatre couches de chaux hydratée bien éteinte, disposées sur des claies en fer ou en osier.

Avec de la chaux bien préparée, il n'est nécessaire de mettre du foin qu'entre les contours des claies et les parois de l'épurateur pour que le gaz ne se forme

pas de passage. Les couches de chaux ont de 5 à 6 centimètres d'épaisseur. Une caisse cylindrique occupe le milieu de cet atelier d'épuration; dans cette caisse aboutissent huit tuyaux $B, C; D, E; F, G; H, I$; outre ces tuyaux de communication, la caisse en reçoit deux autres, l'un pour l'entrée, l'autre pour la sortie du gaz: ce sont les tuyaux A et K .



724.

Une cloche divisée en cinq compartiments, comprenant chacun deux tuyaux, recouvre cette cuve. Le gaz arrivant par le tuyau A se rend dans le compartiment r de la caisse O , traverse trois ou quatre couches de chaux, puis arrive à la partie supérieure de cette caisse; alors il revient sous la cloche en B , passe par le tube C , etc., jusqu'au moment où après avoir traversé les caisses N et L , il arrive en F ; de F il passe immédiatement en K , tuyau de sortie. Dans cette position, la cuve M est isolée; on profite de cet isolement pour renouveler la chaux à heure fixe, on soulève la cloche, on lui fait décrire l'arc RS . Alors c'est l'épurateur O qui est isolé, et c'est dans l'épurateur M fraîchement renouvelé que le gaz passe en dernier lieu, arrivant toujours d'abord dans la cuve la plus ancienne et son épuration se terminant sur la chaux la plus neuve.

On fait quelquefois usage d'épurateurs méthodiques dans le système que nous venons de décrire, avec cette différence que la cloison au lieu d'être placée au milieu est très rapprochée d'une des parois, celle qui forme la largeur. Le gaz ne traverse la chaux ou autre matière épurante qu'en montant, et arrivé au haut de l'épurateur il descend par l'espace vide laissé entre la cloison et la paroi, issue correspondant à un tuyau qui ramène le gaz au distributeur central. Cette disposition a pour but et pour effet de diminuer la pression que le gaz éprouve en traversant une matière de haut en bas, et le tassement que cette matière peut éprouver. Nous admettons sans peine que tout d'ailleurs étant égal, il y a avantage à ce que le gaz traverse les matières épurantes de bas en haut.

Les épurateurs méthodiques, dans les systèmes que nous venons de décrire, ne peuvent être avantageusement employés que lorsqu'ils renferment une seule et même matière épurante. On peut bien à la rigueur, dans les épurateurs à cloison médiane, placer à l'entrée du gaz une matière absorbant l'ammoniacque, et à la sortie une matière absorbant l'acide hydrosulfurique; mais il vaut beaucoup mieux, quand on n'a qu'un jeu d'épurateurs méthodiques, ne faire manœuvrer que deux des quatre cuves (c'est très possible) alternativement; l'une des deux cuves, la première, par

rapport à l'arrivée du gaz contenant la matière à ammoniacque; la deuxième, la matière au soufre. Une fois que le gaz marque à l'ammoniaque ou au soufre, on change au moyen d'un distributeur et on fait marcher les deux autres cuves; il est nécessaire, dans ce cas, de pouvoir essayer le gaz à la sortie de chaque épurateur.

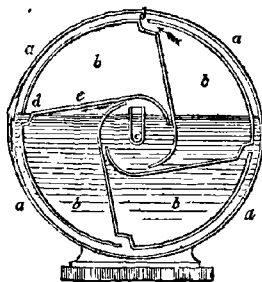
Si les épurateurs sont indépendants au lieu d'être méthodiques, il faut en avoir deux séries, l'une pour arrêter l'ammoniaque, l'autre pour arrêter l'acide hydrosulfurique.

On a quelquefois voulu, en ne faisant usage que de la chaux, arrêter l'ammoniaque après l'épuration au moyen d'un appareil représenté fig. 725. Il se compose de deux caisses concentriques : celle intérieure recevant le gaz des épurateurs, celle extérieure communiquant avec le gazomètre. Le gaz sort par des fentes longitudinales *m, m*, et refoulant l'eau, en se brisant autour du rebord *c* qui règne au-dessus de ces fentes.

Distribution du gaz. Le gaz étant propre à être livré aux consommateurs, il est important de lui donner à la sortie de l'usine une pression uniforme. Pour atteindre ce but, on réunit le gaz dans des gazomètres, ou plutôt dans de grandes cloches qui ne peuvent régulièrement mesurer le gaz, mais qui servent à l'emmagasiner et plus tard à lui donner l'uniformité de pression dont il a besoin.

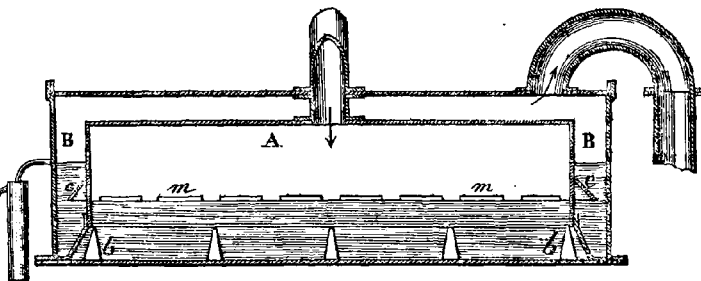
Il est important pour les usines à gaz de savoir exactement la quantité de gaz qu'elles produisent journellement. Ce n'est point par l'élevation de l'appareil auquel on a donné improprement le nom de gazomètre (que nous nommerons ainsi, seulement pour nous conformer à l'usage), que l'on peut connaître avec une approximation satisfaisante la production soit d'une journée, soit d'une charge. On a imaginé en Angleterre un appareil particulier, connu en France sous le nom de compteur, qui remplit parfaitement le but auquel on se proposait d'arriver.

Cet appareil, représenté fig. 726, est une espèce de roue à augets dont l'axe est horizontal et les augets en métal (tôle galvanisée). Cette roue est plongée dans un cylindre rempli d'eau jusqu'à l'axe. Un tuyau *c* amène le gaz dans un auget. Celui-ci s'élevant et sortant complètement de l'eau, le gaz qu'il renferme se répand dans la partie supérieure du cylindre, et s'échappe par un autre tube disposé à cet effet. A peine le premier auget a-t-il vidé son contenu dans la partie supérieure du cylindre qu'un second auget s'emplit de la même manière. L'entrée et la sortie du gaz sont évidemment continues. Le gaz imprime un mouvement de rotation à la roue, et connaissant la capacité des augets, leur nombre et la quantité de tours faits en un temps donné, enregistrés au moyen de rouages mus par l'axe de la roue, il est facile d'en conclure la quantité de gaz fabriquée.



726.

Quand on emploie un compteur pour connaître le volume de gaz produit, il est indispensable d'avoir des valves d'entrée et de sortie pour cet appareil qui, dans certains cas, exige des réparations. On doit également, pour ne point interrompre l'opération pendant ces réparations, avoir une communication directe des épura-



725.

teurs aux réservoirs qui, du reste, n'est jamais établie que dans ces circonstances, toujours rares.

Nous ne nous étendrons pas ici sur cet appareil qu'il faut voir en détail, non pas pour comprendre le principe sur lequel il est basé, mais pour connaître sa construction; il est très utile pour les fabricants qui veulent connaître d'une manière exacte leur fabrication.

Gazomètre. Ils ont pour but : 1° d'emmagasiner le gaz; 2° de lui donner pendant la consommation une pression régulière, qui assure l'uniformité de l'éclairage. Un gazomètre se compose de deux parties distinctes : 1° d'une cuve cylindrique en bois, en maçonnerie ou en fonte, entièrement remplie d'eau; 2° d'un cylindre généralement en tôle, fermé à la partie supérieure, et dont la partie inférieure ouverte plonge dans la cuve pleine d'eau. C'est dans ce cylindre que vient s'emmagasiner le gaz. On lui donne toujours la forme cylindrique pour plusieurs raisons : la première, c'est que pour une même capacité, la surface développée est moins grande que pour toute autre forme régulière (la sphère exceptée); la deuxième c'est que cette forme est moins sujette à se déformer que toute autre, soit par son propre poids, soit pour cause d'accidents. On prend généralement pour hauteur du gazomètre le rayon de la base : cette dimension est en parfaite harmonie avec une solidité convenable. On augmente ordinairement cette hauteur de 3 à 6 décimètres.

On détermine la capacité du gazomètre d'après la quantité de gaz qui doit se consommer en un temps donné. Si pour l'éclairage d'une ville il faut 4000^{m.c.} en 10 heures, par exemple, si de plus les bornes sont chargées six fois en 24 heures, chaque charge doit produire 667^{m.c.} de gaz; le gazomètre doit contenir quatre charges, soit 2664^{m.c.}. D'après ce qui précède,

on a pour la hauteur du gazomètre $h = \sqrt[3]{\frac{2664}{\pi}}$

et pour son diamètre $d = 2A$. Dans notre exemple $h = 9^m.5$, et par conséquent le diamètre du gazomètre serait de 49^m; un gazomètre de cette dimension est déjà considérable. Les plus grands gazomètres ont 30 à 35^m de diamètre; ce sont ceux des grandes usines qui fournissent l'éclairage des capitales. Les gazomètres des villes de province ont ordinairement de 45 à 20^m. Quelle que soit du reste la dépense de gaz d'une usine, elle doit avoir au moins deux gazomètres, afin de pouvoir suffire à l'éclairage, en cas d'accident ou de réparation. La marche du gazomètre en charge étant constatée avec soin, donne heure par heure une approxi-

nation de la production et de la dépense, et on ne doit négliger aucun moyen de s'en rendre compte.

Nous avons dit que les cuves étaient construites en bois, en maçonnerie ou en fonte.

Les cuves en bois sont assez rares; ces cuves sont composées de madriers accolés, maintenus par des cercles en fer, comme les douves d'un tonneau, et tendant toujours à s'ouvrir par la pression intérieure; les cercles sont destinés à s'opposer à cette pression; on évite difficilement les fuites, et si un cercle vient à se briser, il peut en résulter les dangers les plus graves; ce système est cependant employé avec avantage pour les cuves d'un petit diamètre. A Arras, il y a une cuve de 16^m de diamètre, construite de cette manière; la hauteur de cette cuve est de 5^m,50. L'épaisseur des madriers qui la composent est de 9 centimètres; les cercles de fer, distancés en progression croissante de 1 cent. du bas de la cuve à la partie supérieure, ont à la partie inférieure 10 cent. de hauteur sur 2 d'épaisseur, et dans le haut, 7 cent. de haut sur 4 d'épaisseur. Cette cuve, construite depuis sept années, n'a encore aucune fuite importante, et elle parait n'avoir fait aucun mouvement sensible.

Les cuves en maçonnerie (fig. 727 et 728) sont généralement employées et doivent l'être. En effet, ce sont ces cuves que l'on peut construire avec le plus de solidité, le plus de sûreté. Les matériaux qui les composent, et qui varient du reste avec la localité, sont toujours reliés avec un mortier hydraulique de la meilleure qualité. Nous pouvons indiquer un moyen employé avec succès pour empêcher l'eau des citernes du gazomètre d'être en partie absorbée, et par l'enduit et par la maçonnerie, absorption qui se produit à cause de la porosité, surtout si la maçonnerie est en briques. Lorsque l'enduit est bien sec, avant d'introduire l'eau dans la citerne, on le recouvre d'une couche de goudron chaud dans lequel on a fait fondre 40 à 45 p. 400 d'une matière grasse, huile ou suif, de qualité inférieure.

En Angleterre, on a généralement construit les cuves des gazomètres en fonte. Le bas prix de ce produit, joint à ses propriétés, a permis de l'appliquer avec avantage à cette construction; dans ce cas, la cuve est tout à fait cylindrique et formée de bandes de fonte qui s'assemblent au moyen de collets réunis ensemble par des boulons. Pour éviter les fuites, on remplit les interstices des collets avec du mastic de fer; des nervures, judicieusement disposées, consolident la cuve à la partie inférieure.

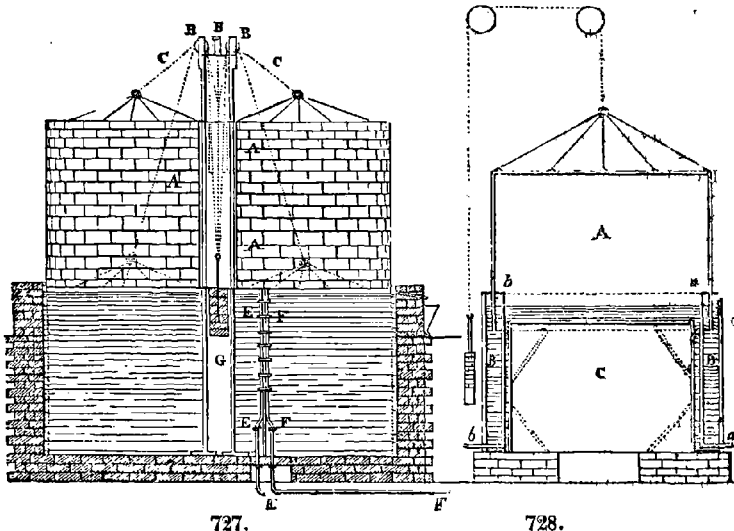
On a été conduit, dans certaines circonstances, à construire des cuves à double enveloppe, comme l'indique la fig. 728. On évite ainsi d'emplir la cuve d'eau; l'intervalle compris entre les deux surfaces cylindriques est seul plein de liquide et sert à donner passage au gazomètre. Ce système est beaucoup plus coûteux que ceux que nous avons décrits, et il ne présente aucun avantage en compensation de son prix élevé. Les

tuyaux d'entrée et de sortie sont désignés par les lettres *a*, *b*. Les réparations intérieures se font facilement, et l'ouvrier chargé de ce travail pénètre dans la cuve par un orifice ménagé à la partie inférieure de la maçonnerie.

Les cloches dans lesquelles on emmagasine le gaz sont formées de plaques de tôle de 2 à 3 millimètres d'épaisseur; cette épaisseur varie du reste avec les dimensions de la cloche; les plaques de tôle sont rivées entre elles avec le plus grand soin, on les recouvre d'une couche de goudron chauffé. Il faut avoir soin de faire cette opération chaque année; on préserve ainsi la tôle de l'oxydation.

Ces réservoirs ayant un poids considérable, on doit les soutenir pour diverses causes : 1^o Pour les guider dans leur mouvement; 2^o pour éviter la pression considérable qui en résulterait sur tous les appareils, et qui causerait de nombreuses fuites et des détériorations fréquentes; 3^o afin de pouvoir régler à volonté la pression du gaz à sa sortie.

Le gazomètre, en s'abaissant dans la citerne, perd de son poids une quantité égale au poids du volume d'eau qu'il déplace. Ainsi on s'abaissant, sa pression



727.

728.

diminue, et celle-ci est maximum quand il est entièrement hors de l'eau. On a imaginé divers modes de suspension des gazomètres, pour donner une pression uniforme au gaz qu'il emmagasine, afin que l'écoulement des gaz puisse être réglé régulièrement.

Dans le système de suspension, représenté fig. 728, on peut facilement donner à la chaîne le poids nécessaire pour que l'équilibre existe dans toutes les positions. Pour arriver à ce résultat, il faut et il suffit que le poids d'un mètre de longueur de la chaîne soit égal au poids du volume d'eau déplacé par 1 mètre de hauteur du gazomètre.

Dans le système de suspension, représenté fig. 727, on ne peut plus établir la permanence de l'équilibre. En effet, la chaîne de suspension est inégalement inclinée, suivant la position du gazomètre; il faudrait, dans ce système, faire varier le poids de la chaîne, qui devrait décroître, selon le point d'application du poids du gazomètre.

Le premier de ces deux systèmes est celui qui a été appliqué avec le plus de succès, mais on y a fait quelques modifications. Ainsi, on a adapté à la calotte du

gazomètre et sur sa circonférence quatre, six, huit ou douze forts crochets, auxquels sont attachées des chaînes en fer qui passent sur une poulie et supportent chacune un contre-poids.

Un autre système de suspension, très commode pour les petits gazomètres de 40 à 45 mètres de diamètre, consiste à prendre trois points également espacés sur la circonférence de la cuve et à les réunir à deux fortes charpentes. Des poulies sont fixées à ces points; sur les poulies s'enroulent des cordes en fil de fer qui viennent toutes s'unir à un contre-poids uniforme, qui fait au partie équilibrée au poids du gazomètre; le poids de la corde en fil de fer est calculé de manière à ce que la pression du gazomètre soit toujours la même, quelle que soit du reste la position qu'il occupe.

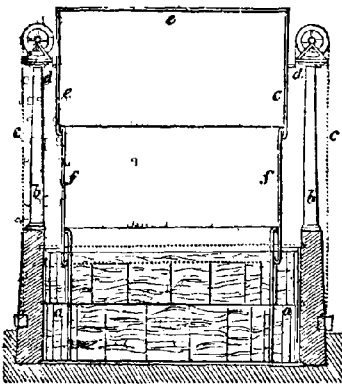
Quand on l'emploie comme moyen de suspension des cordes en fil de fer, il faut avoir soin de les peindre à l'huile de lin au moins une fois par an, et de les recouvrir également de minium; on les préserve ainsi d'une oxydation qui pourrait amener les plus graves conséquences pour la sûreté de la suspension.

Un système de suspension imaginé depuis peu d'années par M. Pauwels, ingénieur-mécanicien, est appliqué avec succès, à Paris, à l'usine de la Compagnie parisienne.

Il consiste en deux genouillères, l'une pour l'entrée, l'autre pour la sortie du gaz. Chacune se compose de deux tuyaux mobiles dont le jeu est disposé de manière à ne permettre aucune perte de gaz. On évite ainsi le placement des siphons dans l'intérieur de la maçonnerie de la cuve, en même temps que le poids du gazomètre se trouve compensé.

La calotte supérieure des gazomètres est soutenue par des armatures en fer intérieures, afin qu'elle offre une résistance suffisante lorsque le gazomètre est au bas de sa course, et que le poids de la calotte n'est plus soutenu par la pression du gaz. On se dispense quelquefois aujourd'hui de ces armatures assez coûteuses en établissant dans l'intérieur de la cuve une charpente en bois, destinée à soutenir la calotte lorsque le gazomètre est au bas de sa course.

Gazomètre télescopique. Un grave inconvénient du gazomètre, c'est le prix élevé de la cuve à eau dans laquelle il vient se placer, quand il dépense le gaz emmagasiné. Souvent encore des difficultés viennent augmenter le prix de cette construction. On a imaginé un appareil qui diminue dans une grande proportion les premiers frais d'établissement; cet appareil a reçu le nom de gazomètre télescopique. Voici en quoi il consiste:



729.

Le gazomètre (fig. 729) devant avoir une hauteur donnée A, on divise cette hauteur en trois ou quatre cy-

lindres; un seul de ces cylindres est recouvert d'une calotte; les autres sont disposés de manière à entrer l'un dans l'autre. Quand il n'y a point de gaz dans ce réservoir, toutes les parties sont emboîtées, et la partie supérieure est au niveau de la cuve proprement dite, qui est en maçonnerie, et qui porte deux colonnes surmontées de poulies autour desquelles passent des cordes métalliques, qui d'un côté s'attachent au gazomètre et de l'autre portent un contre-poids pour faire équilibre. Quand le gaz arrive dans cet appareil, la force élastique qu'il exerce contre les parois soulève le premier cylindre; quand ce premier cylindre est plein, un rebord, ou gorge qu'il porte inférieurement, vient saisir une saillie du deuxième cylindre et permet à celui-ci de s'élever. Le joint qui empêche les fuites de gaz est tout naturel, les deux rebords forment une soupape hydraulique, car en sortant de la citerne, le rebord du premier cylindre est plein d'eau, et c'est alors qu'il accroche le deuxième. On conçoit qu'on pourrait ainsi établir une série de cylindres, mais en France du moins, où du reste les gazomètres télescopiques sont assez rares, le nombre de cylindres se réduit à deux. Il existe deux gazomètres télescopiques à la Compagnie Française et un à l'usine de la Compagnie de l'Est, tous les trois établis sous la direction de M. E. Magniel, un des meilleurs ingénieurs de France pour les usines à gaz.

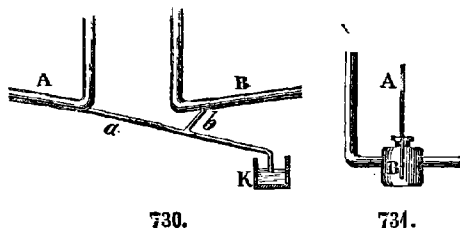
Les gazomètres doivent toujours être entourés de murs qui les abritent des raffales et coups de vent; on a eu plusieurs exemples d'accidents graves par suite de gazomètres renversés, et cela est d'autant plus à craindre qu'il y a plus de gaz dans le gazomètre. Les gazomètres de la Compagnie parisienne, établis par M. Pauwels, ne dépassent pas la surface du sol lorsqu'ils sont pleins de gaz, la citerne étant établie suffisamment en contre-bas.

Lorsque les gazomètres ont un grand diamètre, et que la tôle n'est pas très épaisse, les contre-poids deviennent ou peuvent devenir inutiles, parce que le poids d'un cylindre creux n'augmente pas dans le même rapport que ses dimensions. Ainsi donc, si le gazomètre a de grandes dimensions, non-seulement on peut se passer de contre-poids, mais il faut même le charger, quand on veut que le gaz qu'il renferme passe dans les conduites. On charge ordinairement les gazomètres en répartissant sur les divers points de la calotte un certain nombre de briques ou de poids de fonte. Pour donner plus d'assiette aux grands gazomètres, on avait essayé de charger le bas; l'expérience a démontré qu'il y aurait des inconvénients à disposer toute la charge de cette manière. Pour maintenir les gazomètres dans une position verticale, et cette disposition est surtout nécessaire quand ils n'ont pas de contre-poids, des poulies mobiles sont fixées à son pourtour supérieur, et leurs gorges viennent couler sur des guides fixés à des colonnes élevées symétriquement sur la maçonnerie de la citerne.

Le tuyau qui amène le gaz dans le gazomètre n'est pas continu; il est boulonné sur le dessus d'un réservoir ou réceptacle en fonte qui dépasse la maçonnerie dans le bas de la citerne, et empiète sur le gazomètre; de la partie du réceptacle qui se trouve sous le gazomètre part un tuyau semblable au précédent, de sorte que toutes les condensations se rendent dans le réservoir, d'où part une pompe au moyen de laquelle on enlève les liquides quand il s'en est condensé une certaine quantité. Même disposition pour le tuyau de sortie du gaz, et souvent les deux réservoirs sont accolés l'un à l'autre, et ne forment pour ainsi dire qu'une seule et même caisse.

Anciennement on adoptait la disposition suivante: les tubes A, B (fig. 730) étant les tuyaux d'entrée et de sortie du gazomètre, aux portes d'écluses se trou-

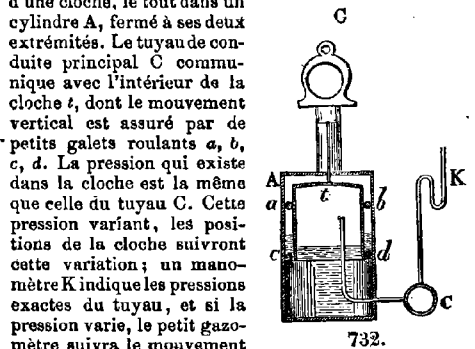
vent des tubes *ab* par lesquels l'eau condensée s'écoule dans un réservoir *K*, d'où elle est puisée à volonté.



Souvent aussi les eaux s'écoulent dans un syphon placé au point le plus bas, et d'où elles sont extraites par une pompe que l'on vient visser à la partie supérieure du tuyau *AB* (fig. 731).

Sortie du gaz du gazomètre. Nous avons conseillé l'emploi d'un compteur avant l'entrée du gaz dans le gazomètre, afin de connaître à chaque instant les résultats de la fabrication. Nous conseillons également l'emploi du même appareil pour la sortie du gaz du gazomètre. On sait ainsi ce que l'on dépense chaque heure, chaque minute, et l'emploi du compteur est le seul moyen de le savoir exactement.

Les valves de distribution doivent être placées à la sortie du compteur. Ces valves ne sont autre chose que des disques en fonte placés entre deux coulisses et qui se meuvent à l'aide d'une crémaillère. La sortie du gaz est réglée par l'ouverture de ces valves, et suivant cette ouverture, la pression que le gaz exerce dans les tuyaux de sortie est variable, le nombre de becs allumés variant dans une même soirée. On a imaginé un appareil fort ingénieux nommé *mouchard*, qui indique à chaque instant la pression qui existe dans la conduite principale desservie par une valve donnée. Voici en quoi il consiste. Imaginez (fig. 732) une cuve à eau recouverte d'une cloche, le tout dans un cylindre *A*, fermé à ses deux extrémités. Le tuyau de conduite principal *C* communique avec l'intérieur de la cloche *t*, dont le mouvement vertical est assuré par de petits galets roulants *a, b, c, d*. La pression qui existe dans la cloche est la même que celle du tuyau *C*. Cette pression variant, les positions de la cloche suivront cette variation; un manomètre *K* indique les pressions exactes du tuyau, et si la pression varie, le petit gazomètre suivra le mouvement de l'indicateur du manomètre. Ces mouvements sont accusés par la trace d'un crayon sur un cylindre auquel un mouvement de pendule imprime un mouvement circulaire. Le cylindre fait un tour en 24 heures. Il est divisé en 24 parties égales par des lignes parallèles à la directrice du cylindre. On sait de cette manière, sans être constamment présent, si les services indiqués aux chefs ouvriers sont exécutés fidèlement, et cette certitude suffit à l'ouvrier pour qu'il exécute les ordres donnés.



Diamètre des tuyaux. Le diamètre dépend essentiellement du volume de gaz que l'usine doit livrer dans un temps donné. On doit aussi tenir compte dans cette détermination du frottement que le gaz éprouve dans les tuyaux de conduite, frottement dont l'importance est plus considérable qu'on n'est tenté de le supposer.

Enfin il faut supposer l'extension la plus importante que pourra prendre l'éclairage dans les parties qui doivent être desservies par la conduite, afin de ne point avoir à renouveler à grands frais le matériel le plus dispendieux d'une usine à gaz.

Une condition doit encore être remplie autant que possible. C'est l'uniformité de pression dans tous les points de la conduite.

Des expériences faites avec soin ont prouvé que le volume de gaz qui traverse un tuyau sous une pression déterminée, est proportionnel au carré de son diamètre et en raison inverse de la racine carrée de sa longueur, ainsi *D* représentant le diamètre du tuyau, *l* sa longueur, *V* le volume de gaz écoulé par heure sera égal à $K \frac{D^2}{l}$; *K* étant un coefficient constant qui repré-

sente le volume de gaz écoulé par heure, et par un tuyau dont le diamètre et la longueur seraient égaux à l'unité de longueur. Voici maintenant un résultat d'expérience: un tuyau de 76 mètres de longueur, transmettant par heure 64 mètres cubes de gaz, doit avoir un diamètre de 2,53 centimètres.

De ces observations on a conclu une formule d'après laquelle on a pu dresser le tableau ci-joint.

NOMBRE des mètres cubes par heure.	LONGUEUR des tuyaux en mètres.	DIAMÈTRE des tuyaux en centimètres.
45	30	4,04
76	60	2,53
432	480	3,50
243	304	5,74
304	304	7,75
436	304	8,46
608	304	10,59
608	608	12,97
608	4246	15,54
608	4824	17,74
4824	304	43,46
4824	608	22,98
2452	304	21,19
2452	608	40,43

Nous rapporterons ici les résultats des expériences de MM. Girard et Cagniard de Latour, faites à Paris dans le but d'apprécier l'importance du frottement. Le gazomètre était plein de gaz provenant de la distillation de la houille, soumis à une pression de 4 cent. d'eau. Voici le tableau des vitesses d'écoulement, observées à l'extrémité d'une conduite d'une longueur variable, pour un tuyau de 54 millim. de diamètre.

Longueur du tuyau.	Nombres proportionnels aux vitesses d'écoulement.
0m.	0m,73000
428m,80.	0m,4248000
375m,80.	0m, 074030
622m,80.	0m, 054444

Ces observations prouvent la loi que nous avons dès l'abord énoncée: la quantité de gaz qui s'écoule par un tuyau est en raison inverse de la racine carrée de la longueur du tuyau.

Pour dire un mot des résultats de la pratique, on a reconnu qu'un tuyau d'un diamètre de 408 millim. suffisait sous la pression de 27mm d'eau pour l'écoulement de 288m cubes de gaz à l'heure. Du reste, il est fort difficile de dresser à cet égard des règles invariables, et les éléments qui entrent dans ce calcul l'expliquent as-

sez. En effet, d'un côté la difficulté d'écoulement croît avec la distance à parcourir; de l'autre, la quantité de gaz à livrer à la consommation diminue à mesure que l'on avance dans la conduite. Généralement on doit forcer les diamètres. C'est une garantie de succès qui n'a d'autre désavantage que d'être un peu coûteuse.

Égalité de précision dans tous les points des conduits.— *Gazo-compensateur de M. Pauwells.* M. Combes a fait à la Société d'Encouragement un intéressant rapport sur les inconvénients résultant des différences de pression et les moyens d'y remédier. Nous ne saurions mieux faire que d'emprunter au bulletin de la Société cet intéressant travail.

Le gaz, dit le savant rapporteur, arrive aux becs avec une vitesse déterminée par l'excès de la force élastique dans la conduite au-dessus de la pression de l'atmosphère ambiante. Un excès de force élastique, mesuré par une dénivellation de 42 à 45 millim. d'eau dans le manomètre ordinaire, suffit pour assurer la bonne alimentation des becs. Tout excès plus grand a pour conséquence l'augmentation des déperditions du gaz par les interstices accidentels, inévitables dans le nombre immense d'assemblages des tuyaux qui composent les conduites principales et leurs branchements multipliés, et par les becs où le gaz arrive trop abondamment. On peut, il est vrai, modérer l'écoulement par les becs en fermant partiellement le robinet particulier dont chacun est précédé; mais on néglige de le faire la plupart du temps; il est même à peu près impossible de le faire toujours à propos, quand la pression dans les conduites est sujette à de fréquentes variations; aussi le gaz brûle-t-il souvent incomplètement et avec fumée. Les déperditions de gaz sont quelquefois énormes; il n'est pas très rare de les voir s'élever à plus de 35 p. 400 de la production totale d'une usine qui dessert un territoire fort étendu. Dans les circonstances les plus favorables, elles ne sont pas inférieures à 40 p. 400; elles constituent une charge lourde, écrasante, dans certains cas, pour les compagnies d'éclairage, et sont une cause grave d'insalubrité.

Les causes qui font monter la pression du gaz au-delà de ce qui est strictement nécessaire, dans les diverses parties des conduites posées sur un vaste territoire, sont de plusieurs sortes: la plus importante est le frottement du gaz dans le parcours des conduites. Par suite de cette résistance, un liquide ou un fluide élastique ne peut circuler dans un tuyau horizontal sans que la pression aille en diminuant constamment dans le sens de la circulation qui a lieu.

Ainsi, pour que le fluide partant du gazomètre de l'usine arrive aux conduites établies vers les limites du périmètre desservi, à une distance qui est souvent de 2 à 3 kilomètres, avec la pression strictement nécessaire à la bonne alimentation des becs, et qui sera de 40 millimètres d'eau par exemple, il faudra entretenir dans les gazomètres une pression d'autant plus grande que le parcours des conduites sera plus développé, leur diamètre moindre, la quantité de gaz à dépenser dans un temps donné plus considérable. Le service de la plupart des usines de Paris ne peut être assuré, au moment où la totalité des becs est allumée, qu'en maintenant dans les gazomètres un excès de pression mesuré par une colonne de 80 à 400 millimètres d'eau au-dessus de l'atmosphère ambiante. Cette pression tombe de 4 à 2 centimètres à l'entrée du gaz dans les conduites; elle est ainsi de 60 à 80 millimètres d'eau à l'origine des conduites principales et latérales les plus rapprochées de l'usine, et va graduellement en diminuant dans les unes comme dans les autres à mesure qu'on s'en éloigne.

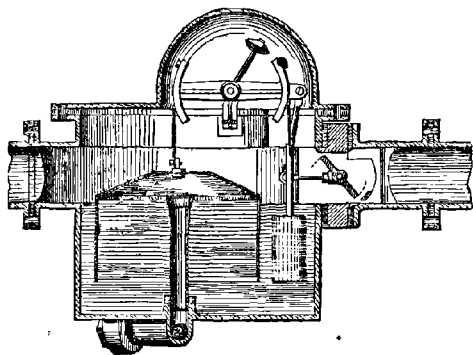
La résistance du frottement naît avec la vitesse du gaz en mouvement, et à peu près en raison du carré de cette vitesse; il résulte de là que, si l'on vient à étein-

dre à la fois un grand nombre des becs alimentés par un système de conduites, on verra la pression augmenter à la fois dans toutes les conduites, bien qu'elle demeure constante dans les gazomètres. L'accroissement de pression sera plus grand pour les conduites situées vers les limites du périmètre que pour celles qui seront rapprochées des gazomètres. L'effet que nous venons d'indiquer se produit lors des extinctions des becs particuliers, qui ont lieu à dix heures, à onze heures et à minuit. On prévient une pression trop forte, soit en déchargeant les gazomètres d'une partie des poids qui tendent à les faire descendre, soit simplement en fermant partiellement les registres adaptés aux tuyaux de prise de gaz qui sont en tête des conduites principales.

Une seconde cause de variation de la pression qui détermine l'écoulement dans les conduites composant un système de distribution réside dans la légèreté du gaz d'éclairage. Sa pesanteur spécifique, par rapport à l'air atmosphérique, est à peu près 0,55, c'est-à-dire que si 4 mètres cube d'air atmosphérique pèse 4 kilog. 20, 4 mètres cube de gaz, à la même pression et à la même température, ne pèsera que 66 centigrammes. En partant de ces données, que l'on peut regarder comme des moyennes suffisamment exactes pour la ville de Paris, on trouve qu'une colonne verticale d'air de 4 mètres de hauteur exerce sur sa base, en vertu de son poids, une pression mesurée par une colonne d'eau de 1^m^m,2 de hauteur, et qu'une colonne de gaz d'éclairage ayant aussi 4 mètres de hauteur exerce sur sa base, en vertu de son poids, une pression mesurée par une colonne d'eau de 0^m^m,66. Il résulte de là que si une conduite établie suivant la pente d'une colline, distribue le gaz à des becs échelonnés sur son parcours à différents niveaux, l'excès de pression qui déterminera l'écoulement par les becs ira croissant avec la distance verticale des becs à l'extrémité inférieure de la conduite; l'accroissement sera mesuré par une colonne d'eau de 1^m^m,20 — 0^m^m,66 = 0^m^m,54 de hauteur par mètre d'élévation. Si donc on veut alimenter avec un gazomètre un système de conduites ascendantes, et si l'on a, au point le plus bas, près du gazomètre un excès de pression de 46 millimètres d'eau suffisant pour la bonne alimentation des becs établis dans cette région, on aura pour les becs établis à 40 mètres plus haut un excès de pression de 45^m^m,4, pour ceux établis à 20 mètres plus haut, un excès de 20^m^m,8, etc., abstraction faite toutefois de la résistance du frottement qui viendra atténuer ces différences. Si le gazomètre alimenteur est, au contraire, situé au point le plus élevé d'un périmètre accidenté, l'excès de pression du gaz sur l'atmosphère ambiante, à la naissance des conduites, ira constamment en diminuant à mesure que l'on descendra à un niveau plus bas, tant à cause de la résistance du frottement que de la légèreté spécifique du gaz d'éclairage, dont les effets s'ajouteront. Il faudra donc, dans ce dernier cas, maintenir dans le gazomètre une forte pression pour assurer la bonne alimentation des becs branchés sur les conduites établies aux points les plus bas du réseau. L'excès de pression qui existera à la naissance des conduites et sur tous les points élevés du territoire desservi, donnera lieu à des déperditions considérables. Ainsi la Compagnie parisienne, qui a des usines près la barrière d'Italie, et dont le périmètre embrasse un territoire extrêmement étendu et accidenté, où se trouvent la place du Panthéon, les quais voisins de l'Hôtel-de-Ville et le faubourg Saint-Antoine, est obligée, pour assurer son service, de porter la pression de ses gazomètres jusqu'à plus de 9 centimètres d'eau. On comprend dès lors comment elle subissait, il y a quelques années, des déperditions de gaz énormes comparative-ment aux autres compagnies d'éclairage de la ville de

Paix, bien qu'elle apportât le même soin à la pose de ses conduites et des tuyaux alimentaires des becs. C'est à ce fâcheux état de choses que M. Pauwells a voulu remédier au moyen de l'appareil qu'il nomme *gazo-compensateur*, et qui a pour objet de limiter l'excès de pression du gaz au-dessus de celle de l'atmosphère ambiante, dans une conduite ou portion de conduite, quelle que soit la pression dans le gazomètre ou la conduite qui précède et alimente celle qui est soumise au régime du gazo-compensateur.

Cet appareil, pour lequel M. Pauwells a pris un brevet d'invention le 19 juin 1849, consiste en une boîte de fonte de forme cylindrique, fermée supérieurement par un couvercle amovible et fixée par des vis (fig. 733). Deux



733.

tubulures situées à la même hauteur, et le plus ordinairement aux extrémités opposées d'un même diamètre, servent à raccorder la boîte avec les deux parties de conduites entre lesquelles elle est interposée. Le gaz arrivant de la conduite qui précède est admis dans la boîte par la première tubulure, et transmis de la boîte à la conduite suivante par la tubulure opposée. Dans le passage à travers la tubulure d'admission, sa présence est modifiée et réglée par le mécanisme intérieur que nous allons décrire. La partie inférieure de la boîte constitue une cuvette cylindrique qui se trouve en contre-bas des conduites de gaz; elle est remplie d'eau, dont le niveau est naturellement réglé par la partie inférieure des deux tubulures, parce que le trop-plein s'écoule, par l'une ou par l'autre de ces tubulures, dans l'une des conduites que le gazo-compensateur met en communication. Dans l'eau qui remplit la cuvette plonge une cloche en tôle semblable à un petit gazomètre; cette cloche est liée par un ruban d'acier flexible à l'un des bras d'un balancier terminé par un secteur circulaire, et dont l'axe est porté par une traverse en fonte ou en fer établie à la partie supérieure de la boîte. A l'autre bras du balancier, qui est également terminé par un secteur circulaire, est suspendu de la même manière un contre-poids qui équilibre la cloche. On augmente ou diminue, suivant la pression à laquelle on veut réduire le gaz, ce contre-poids, qui est ainsi le régulateur de l'appareil. Au même bras du balancier est articulée l'extrémité d'une tige de fer qui agit, par son autre extrémité, sur un lovier solidaire avec l'axe d'une valve tournante logée dans la tubulure par laquelle le gaz est admis dans la boîte. Les choses sont disposées de façon que, lorsque les bords inférieurs de la cloche reposent sur le fond de la cuvette remplie d'eau, la valve ferme complètement la tubulure et empêche l'arrivée du gaz. A mesure que la cloche se relève, la valve, en tournant, assure à l'admission du gaz un passage de plus en plus grand. La

boîte étant close, il est clair que le fond supérieur de la cloche est pressé de haut en bas par le gaz qui remplit la partie supérieure de la boîte, et passe de là dans la conduite suivante par la tubulure d'émission qui reste toujours entièrement libre. En dessous ce fond de la cloche est pressé de bas en haut par la pression d'une couche d'air qui occupe l'espace supérieur à l'eau dont la cuvette est remplie; or, cet espace est généralement en communication avec l'atmosphère ambiante par un petit tuyau qui s'élève verticalement dans l'axe de l'appareil et de la cloche jusqu'au dessus du niveau de l'eau, traverse le fond de la cuvette et débouche extérieurement dans une petite capacité ménagée sous ce fond.

Le fond de la cloche étant ainsi pressé de haut en bas par le gaz dont la partie supérieure de la boîte est remplie, et poussé de bas en haut par la pression d'une couche d'air qui est en communication et en équilibre avec l'atmosphère ambiante, si l'on veut limiter à 45 millimètres d'eau, par exemple, l'excès de pression du gaz sur celle de l'atmosphère, il suffira de régler le contre-poids de telle sorte qu'une couche d'eau de 45 millimètres d'épaisseur, posée sur le fond supérieur de la cloche, établisse, par l'intermédiaire du balancier, l'équilibre entre la cloche, dont les parois plongent dans l'eau, et le contre-poids.

Alors, en effet, toute pression du gaz dans la boîte qui sera supérieure de plus de 45 millimètres d'eau à la pression de l'atmosphère, déterminera l'enfoncement de la cloche et la fermeture progressive de la tubulure d'admission pour la valve tournante, jusqu'à ce que la pression du gaz soit descendue à la limite assignée, par suite de la dépense des becs alimentés par la conduite, postérieure à l'appareil, et de l'exclusion partielle de la tubulure d'admission.

Tels sont les principes sur lesquels repose le fonctionnement du gazo-compensateur de M. Pauwells.

L'expérience a montré qu'il était bon que le contre-poids de l'appareil ne fût pas constant, mais qu'il allât en augmentant à mesure que ce contre-poids descend en soulevant la cloche, et agrandissant l'ouverture à l'admission du gaz. Pour obtenir cette variation, M. Pauwells a imaginé de fixer sur l'axe du balancier intermédiaire, entre la cloche et le contre-poids, une tige en fer, qui est verticale quand les bords inférieurs de la cloche appuient sur le fond de la cuvette, et que la valve ferme complètement la tubulure d'admission. Une masse plus ou moins lourde, dont le centre de gravité est sur l'axe de la tige, est mobile le long de celle-ci et peut y être fixée à telle distance que l'on veut de l'axe du balancier. La masse, dès que le balancier s'incline et ouvre la valve d'introduction, agit par son poids pour soutenir la cloche, à l'extrémité d'un bras de levier qui augmente à mesure que la valve s'ouvre davantage.

Pour comprendre l'utilité de cette disposition, il faut se rappeler que le nombre des becs alimentés par une conduite est variable avec l'heure, depuis dix heures jusqu'à minuit, intervalle pendant lequel on éteint successivement tous les becs particuliers. Or, plus est grand le nombre des becs alimentés par la conduite qui est sous le régime du gazo-compensateur, plus la pression doit être élevée dans la boîte, afin d'assurer un bon éclairage des becs branchés sur l'extrémité la plus reculée de cette conduite. Il faudrait donc diminuer le contre-poids, qui tend à soulever la cloche et à ouvrir la valve d'introduction du gaz, lorsque l'on éteint un certain nombre de becs, pour réduire en même temps la pression à ce qui est suffisant pour le nombre de becs qui restent allumés. Ce but est atteint de la manière la plus simple par la masse fixée, ainsi que nous venons de le dire, sur une tige solidaire avec le balancier, de façon que le bras du lovier, à l'extrémité

daqu'il elle agit par son poids, diminue à mesure que la valve d'introduction rétrécit le passage du gaz arrivant.

Un certain nombre d'appareils gazo-compensateurs permettent de limiter au strict nécessaire la pression dans les conduites qui alimentent les becs dispersés sur le territoire éclairé par une usine, quelque vaste et accidenté qu'il soit. Il convient, à cet effet, d'opérer une division appropriée des conduites qui sillonnent ce territoire en plusieurs groupes distincts, dont chacun recevra le gaz d'une conduite maîtresse commune à plusieurs groupes, à travers un gazo-compensateur convenablement réglé.

Il faudra toujours maintenir dans les conduites maîtresses et dans les gazomètres de l'usine un excès de pression assez considérable, et variable suivant les circonstances; mais ici on prévient les fuites de gaz par des soins tout particuliers apportés à la pose et à l'entretien de ces conduites, et surtout en évitant de bracher directement sur elles des tuyaux alimentaires de becs. Les règles suivant lesquelles la division en groupes devra être faite dans chaque cas, et la situation des appareils gazo-compensateurs dans un territoire déterminé, découlent trop facilement des principes qui ont été longuement développés dans ce rapport, pour qu'il soit nécessaire de rien ajouter à ce sujet.

Des diverses espèces de tuyaux. Les tuyaux qui jusqu'à présent ont été employés sont en fonte, en grès, en tôle recouverte de bitume, en tôle galvanisée, en plomb et en zinc. Passons-les en revue.

Tuyaux de fonte. Ces tuyaux sont ceux qui sont le plus généralement employés. Ils ont ordinairement une longueur de 2^m,50 à 3^m,10, et s'assemblent à manchons (fig. 734 et 735). La tranchée ayant au moins

1 mètre de profondeur, on y pose les tuyaux, on place au fond de l'emboîtement des cordes ou filasses goudronnées que l'on mate avec soin, puis à l'aide d'un cylindre en tôle qui enveloppe le manchon et qui est percé d'un trou

à la partie supérieure, on verse du plomb fondu qui vient remplir l'espace *cd*; après le refroidissement, on mate le plomb. Ce système d'assemblage donne d'assez bons résultats. Il est cependant défectueux; car le plomb n'a avec la fonte qu'un contact plus ou moins parfait, mais il n'y a point de soudure. Les tuyaux en fonte sont essayés avant leur emploi avec une pompe foulante; quand ils sont posés, il est très convenable d'envoyer immédiatement le gaz dans l'intérieur à une pression assez forte et de les flamber avec une torche; si les joints sont mal faits, les fuites sont évidentes et la réparation est facile. Les tuyaux de fonte ont le grand désavantage de s'oxyder par l'action successive de l'humidité et de la sécheresse. On a retrouvé des tuyaux de fonte totalement réduits en oxyde de fer pulvérulent. Les tubes en fonte ne peuvent être que d'épaisseur et par suite de diamètre assez forts. Pour les petits diamètres, on les remplace par des tubes en fer étiré, notamment pour les distributions des particuliers.

Tuyaux en grès. Ces tuyaux, absolument parlant, sont très bons: point d'altération chimique à craindre; ils sont pour ainsi dire éternels et coûtent 2/3 moins que la fonte. Cependant ils présentent de graves inconvénients dans leur mode d'assemblage. Ils sont légèrement coniques, de manière à pouvoir s'emboîter l'un

dans l'autre (fig. 736). Leur longueur varie de 70 à 80 cent. Nous conseillons de les placer au moins à 1^m de profondeur, à 1^m,20 quand les circonstances le



736.

permettront, ils devront reposer dans un bain de mortier. Les joints, faits par un ouvrier intelligent, seront en terre à potier de meilleure qualité possible. Les tuyaux devront être graissés préalablement avec cette terre aux emboîtements, intérieurement et extérieurement. Les joints terminés devront être également soumis à la pression du gaz et flambés, puis recouverts d'un bourrelet de mortier. Enfin, suivant la nature du terrain encaissant, on pourra les recouvrir par des couches de terre de 15 à 20 cent. en damant avec soin d'abord légèrement, ensuite fortement. Si le terrain encaissant est rocaillieux comme il arrive souvent dans l'intérieur d'anciennes villes, il ne faut pas craindre de faire les frais nécessaires pour amener des terres, afin d'en recouvrir les tuyaux à 30 cent. au moins. Ces précautions doivent être prises, et nous sommes persuadé qu'on peut ainsi obtenir une bonne canalisation. Mais qu'on ne l'oublie point, la surveillance la plus grande est indispensable. Tout le succès réside dans les soins de détails auxquels doit présider l'œil du maître.

Tuyaux Chameroy. Ces tuyaux sont en tôle recouverte d'un mastic bitumineux qui empêche l'oxydation du métal. Ce vernis est peut-être insuffisant pour préserver indéfiniment les tuyaux de l'action du gaz à l'intérieur; l'étamage au zinc et plomb serait bien préférable. Leur assemblage à vis est très bon. L'essai en est fait à Paris, et ces tuyaux ont obtenu un grand succès. L'expérience a montré qu'ils rendent les réparations extrêmement rares. Ils ont en outre le grand avantage de présenter une économie de 1/3 sur les tuyaux de fonte. (Voyez TUYAUX pour leur fabrication.)

Tuyaux en tôle galvanisée. Ces tuyaux, d'une très grande résistance et s'assemblant à vis, offrent toute sécurité contre la plupart des accidents d'où peuvent naître des explosions. Le zinc trop attaqué par les acides devrait encore être recouvert de plomb, pour être à l'abri de toute action corrosive.

Tuyaux de plomb. Ils ont été généralement employés, surtout en France où le plomb est à un prix fort peu élevé; mais seulement pour les faibles diamètres de 40 centim. jusqu'à 8 millim. Dans les plus gros diamètres, ils présentent trop d'inconvénients, et alors aussi le prix devient considérable. Les poseurs d'appareils préfèrent le plomb aux tuyaux en fer étiré, parce qu'avec le plomb ils passent partout. Sans doute la dépense de main-d'œuvre pour la pose est moindre, mais outre qu'ils ont besoin d'un bien plus grand nombre de points d'appui que pour les tuyaux étirés, l'assemblage par soudure demande beaucoup plus de soin que l'assemblage à vis qui se fait pour ainsi dire seul; la différence de prix est donc moindre qu'on ne pourrait croire et le résultat tout autre. Les tuyaux en plomb n'éprouvent pas à l'air d'altération sensible et le gaz n'exerce sur eux aucune action chimique.

Tuyaux en zinc. Ces tuyaux ont en partie les avantages et les inconvénients des tuyaux de plomb, et les observations que nous avons faites pour la tôle galvanisée s'y appliquent de tout point. Les bords de la feuille qui sert à les fabriquer sont réunis par un système d'agrafage, comme nous l'avons dit à banc à tirer. Ils sont surtout employés en Angleterre où le zinc se trouve en abondance.

Après cet examen rapide des diverses natures de

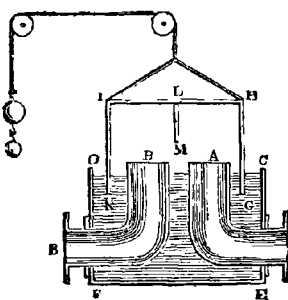
ECLAIRAGE.

tuyaux, nous pensons que pour réunir les avantages d'une canalisation générale établie sûrement, on doit employer les tuyaux Chameroiy pour les conduites d'un fort diamètre de 54 millim. à 450, et les tuyaux en tôle galvanisée ou en fer étiré, pour les diamètres inférieurs, c'est-à-dire pour tous les branchements des particuliers. Le but qu'on doit se proposer dans toute canalisation est d'assurer un bon éclairage sur tous les points, d'éviter les fuites, et d'avoir une canalisation durable. Ces garanties nous paraissent exister avec les tuyaux Chameroiy et pour les petits diamètres avec les tuyaux galvanisés ou tubes en fer. Effectivement ces tuyaux ne sont altérés ni par l'action de l'air ni par celle du gaz, et les joints à vis sont reconnus les meilleurs par la pratique, c'est-à-dire ceux qui garantissent le mieux des fuites.

Tous les tuyaux peuvent être employés pour la distribution quand le gaz est bien épuré, mais quand le gaz est mal épuré nous ne saurions recommander les tuyaux étamés ou galvanisés.

A cause des condensations il est nécessaire de disposer des réceptacles syphons partout où il y a des contre-pentes.

Nous avons dit que l'on employait, pour la sortie du gaz des gazomètres, des valves formées de disques métalliques placés perpendiculairement à l'axe du tuyau et se mouvant dans deux coulisses, etc. On a employé en Angleterre des valves disposées différemment. La première que nous allons décrire est dite à eau ou à mercure. Elle se compose (fig. 737) d'un réservoir en fonte plein d'eau. Un tuyau A communique directement avec le gazomètre, le tuyau B avec la conduite principale de la canalisation. Une cloche KIEG,



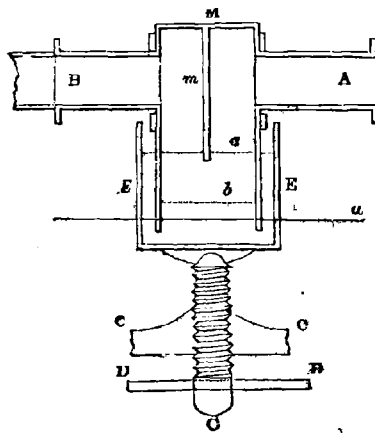
737.

maintenue en équilibre par un contre-poids, porte comme division la plaque LM, au moyen de laquelle on sépare à volonté les deux tuyaux, c'est-à-dire la canalisation et le gazomètre. Le jeu de cet appareil est trop simple pour nous y arrêter davantage. On a dû abandonner ce système; l'emplacement qu'il réclame est trop considérable; il ne donne point la facilité de régler à volonté la sortie du gaz, et le niveau d'eau n'est point constant, puisque le gaz dans son passage entraîne de l'eau, s'il n'est point saturé, et en laisse condenser, s'il l'est trop par rapport à la température du milieu dans lequel il se trouve.

On a remplacé ce système par un autre analogue dans lequel le mercure remplace l'eau (fig. 738). Les inconvénients précités n'existent plus en partie, il n'y a plus d'évaporation, il peut y avoir et il y a certainement condensation; on règle à volonté l'ouverture par laquelle s'échappe le gaz à l'aide de la vis C, sur laquelle repose le réservoir K.E. Effectivement, supposons A communicant avec le gazomètre et B avec la canalisation. La plaque Mm étant dans la position qu'elle occupe sur la figure et la surface du liquide étant en b, la communication est établie entre les deux tuyaux, et la largeur de la section étant b et la hauteur h, la section d'écoulement est $b \times h$. A l'aide de la vis on peut faire varier h, les sections d'écoulement varieront alors dans le même rapport. On peut donc régler avec cette valve la quan-

ECLAIRAGE.

tité de gaz qui doit s'échapper dans la canalisation pour suffire à l'éclairage.



738.

Compteur. Nous avons déjà décrit le compteur en conseillant de placer un de ces appareils à l'entrée, l'autre à la sortie des gazomètres pour se rendre compte de la fabrication et de la dépense. Mais les compteurs ont un but bien plus général, bien plus important à remplir, et ils le remplissent à la satisfaction de tous.

A l'origine, les compagnies de gaz basaient le prix de la vente, non point au volume réel, mais d'après le volume approximatif de la dépense que pouvait faire un bec de gaz allumé de telle à telle heure. Ce prix fut dès l'abord défavorable aux compagnies, qui avaient calculé la dépense avec une flamme donnée, flamme dont les dimensions étaient bien indiquées dans l'engagement souscrit par l'abonné, mais qui étaient toujours dépassées, malgré les inconvénients qui en résultaient pour l'abonné lui-même. On dut alors prendre le volume maximum que pouvait dépenser un bec d'une disposition donnée, et baser les prix sur cette dépense; il en résultait un inconvénient plus fâcheux; les abonnés qui brûlaient bien le gaz payaient pour les autres, ou plutôt pour ceux qui en dépensaient outre mesure.

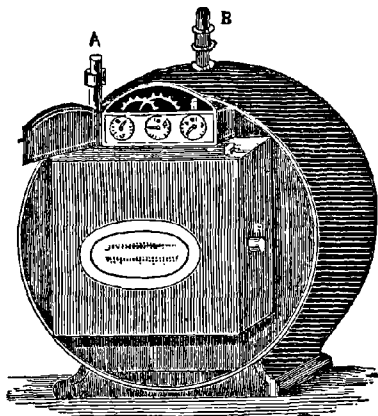
On était donc placé entre deux écueils; de plus, comment fixer un prix pour les usines qui éclairaient tantôt un atelier, tantôt un autre ou une partie de la saison seulement, pour les maisons particulières où l'on éclairait aujourd'hui un appartement, demain un autre, etc.? On voit qu'il y avait là une lacune à remplir, il fallait trouver le moyen de compter le gaz dépensé par l'abonné, et lui faire payer le volume dépensé à un prix fixé d'avance; à tant le mètre cube. Le compteur que nous avons décrit est appliqué dans cette circonstance avec un grand avantage: plus de surveillance chez l'abonné; il dispose du gaz comme il disposerait de l'huile, la compagnie ne perd plus de gaz, et ce qui est bien aussi important pour elle, elle a la certitude que le gaz est toujours brûlé convenablement, puisque l'abonné a intérêt à éviter les flammes trop hautes.

Nous donnerons ici le résumé des précautions à prendre pour poser et régler la marche d'un compteur.

Cet appareil (fig. 739) doit être placé parfaitement de niveau, dans un endroit frais mais protégé contre la gelée, plus bas que les becs qu'il doit desservir. Le gaz entre dans le compteur en B, il en sort en A. La vis B est appelée vis de niveau; elle sert à régler le niveau d'eau du compteur. L'ouverture A sert à verser l'eau

ECLAIRAGE.

nécessaire dans le compteur; l'ouverture n (en retirant la vis) permet l'écoulement de l'eau versée en excès. Tous les mois on doit s'assurer que le compteur a con-



739.

servé son niveau; s'il y a une petite différence, due à l'évaporation ou à la condensation, on ajoute ou on retire un peu d'eau, après avoir pris la précaution de fermer le robinet de communication avec la canalisation de l'usine.

Le compteur, dont l'utilité ne saurait être contestée, offre pourtant quelques défauts. On a senti la nécessité de le faire précéder d'un compensateur qui empêchât l'éclairage partant du compteur d'être altéré par les variations de pression du gaz dans les conduites.

Ces variations s'annulent par des appareils analogues au gazo-compensateur de M. Pauwels. Ils sont seulement plus simples, en ce qu'on fait porter simplement à la cloche un petit cône qui vient fermer ou ouvrir en partie le tuyau par lequel pénètre le gaz en raison de la variation de pression. On évite ainsi les longues flammes insalubres et les consommations inutiles.

Si sans employer cet appareil on se proposait de tenir compte des variations de pression (peu importantes en général) du gaz mesuré par le compteur seulement quant au volume, en négligeant la densité variable suivant la position du consommateur par rapport à l'usine, suivant les dimensions du compteur, le nombre des becs allumés, voici comment nous comprendrions la solution du problème :

Supposons que l'on introduise dans la boîte du compteur un tube barométrique, ouvert d'une part à l'intérieur du compteur et de l'autre à l'extérieur. Un piston flotteur garnissant la partie qui pénètre dans le compteur, montera ou descendra avec la pression intérieure. Si donc ce flotteur porte une tige munie d'un pignon, comme l'appareil du dynamomètre totalisateur (fig. 683), et que la rotation du compteur fasse tourner un cylindre denté partiellement comme dans ledit appareil, on aura un système qui constitue un compteur à l'abri des causes d'erreurs que nous avons indiquées.

En effet, si le totalisateur est gradué pour donner les indications qui correspondent à un écoulement régulier, lorsque le pignon correspond à une roue de vingt dents; s'il s'élève et remonte à vingt et une dents, l'augmentation de la pression donnera un accroissement de $1/21$, et si la graduation est convenable, l'indication correspondra à l'écoulement du volume mesuré par le compteur sous la pression normale. L'inverse aurait lieu si la pression diminuant, le pignon corres-

ECLAIRAGE.

pondrait à dix-neuf ou dix huit dents sur le cylindre partiellement denté.

Du pouvoir éclairant. Le pouvoir éclairant du gaz provenant de la houille est plus faible que celui du gaz provenant de l'huile, et le tableau suivant marque dans quelles proportions; généralement un gaz est d'autant plus éclairant qu'il est plus dense, qu'il est plus carburé.

DENSITÉ, ou pesanteur spécifique.		PROPORTION DE LUMIÈRE, produite par le gaz provenant de la houille — de l'huile.	
Gaz de houille.	Gaz d'huile.		
0,659	0,818	400	: 440
0,578	0,940	400	: 225
0,605	1,140	400	: 250
0,407	0,940	400	: 354
0,429	0,965	400	: 356
0,508	1,475	400	: 340
Moyenne 0,529	0,960	400	: 272

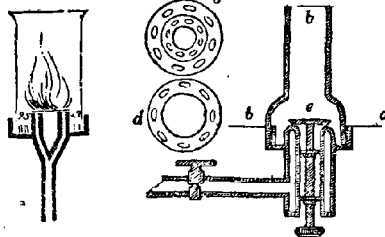
La qualité de la houille, pour la production du gaz, va évidemment en décroissant dans le tableau qui précède. On a remarqué que, dans la pratique, le chiffre moyen 400 : 272 est le chiffre vrai. Toutefois il dépend de la qualité du charbon; nous n'avons donc rien à dire à ce sujet, si ce n'est d'engager le fabricant de gaz à rechercher la qualité de charbon qui donne le plus beau gaz, autant que le prix de revient peut convenir à ses intérêts bien entendus.

Des becs. On donne ordinairement aux becs la forme des becs d'Argand (figure 740); un raccord soudé au conduit reçoit un petit cylindre qui se bifurque en deux branches; ces branches portent un anneau creux dans lequel on soude à la partie supérieure une couronne métallique percée de trous circulaires, dont le diamètre varie de $1/4$ à $1/2$ millimètre; l'air destiné à brûler le gaz vient le lécher extérieurement et intérieurement; une galerie disposée convenablement sur cet appareil

740.

741.

742.



reçoit un verre cylindrique de 6 centimètres environ de diamètre sur 48 de hauteur; ce verre n'a d'autre but que de régulariser la combustion, en soustrayant la flamme à l'action des courants d'air. Les fig. 741 et 742 représentent le bec d'Argand tel qu'on le construit habituellement en Angleterre. On emploie assez fréquemment les becs dits chauve-souris; ces becs ne sont autre chose qu'une espèce de demi-sphère en acier de 6 millim. de diamètre réunie à un pas de vis par une petite gorge. Dans cette sphère qui est creuse, on pratique une ouverture avec un trait de scie, et cette ouverture a une largeur de $1/6$ de millimètre environ; elle sert à l'écoulement du gaz, dont la flamme prend à peu près

ÉCLAIRAGE.

la forme d'une aile de chauve-souris, d'où ils ont tiré leur nom. Ils sont vissés dans un petit cube de cuivre qui porte un pas de vis intérieur, et qui est lui-même soudé à la conduite principale.

La fig. 743 représente l'appareil dit fumivore, qui n'a pour objet que d'éviter que le gaz ne noircisse les plafonds. Celui représenté fig. 744 et qui porte le même nom sert à condenser et à refroidir les produits de la combustion; il paraît offrir quelques avantages, d'après les expériences de M. Payen, en modérant la vitesse de l'air affluent.

Plusieurs perfectionnements ont été apportés dans ces derniers temps aux becs qui servent dans l'éclairage au gaz, et constituent des progrès très importants, vu la multiplicité des appareils auxquels ils s'adressent, et les résultats considérables que donne l'économie la plus minime apportée à chacun d'eux.

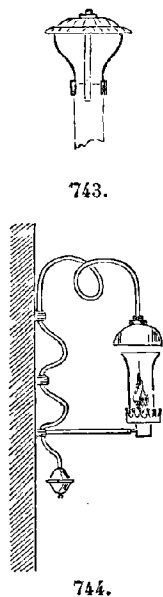
Un des essais que nous devons citer, bien que d'une importance secondaire, est celui qui consiste à remplacer les trous de sortie du gaz par une fente circulaire extrêmement fine. La nappe de gaz est plus régulière et la combustion plus constante.

Un perfectionnement bien plus important est celui du bec inventé par M. Macquod, ou plutôt de l'accessoire aux becs existants qu'il a imaginé. Il consiste à envelopper toute la partie inférieure du bec, celle par laquelle arrive l'air qui alimente la combustion, d'une toile métallique très fine. Tout courant d'air, tel que celui qui résulte de l'ouverture d'une porte, se trouve rompu, ne peut plus agiter la flamme et produire de la fumée par une combustion incomplète. Ce progrès est important dans nombre de cas. Nous ne parlerons pas des diverses dispositions équivalentes à la précédente, telles que l'emploi pour envelopper la partie supérieure du bec d'une bande de cuivre portant des raies.

Depuis quelque temps, un an ou deux, on commence à faire usage des becs en porcelaine. La porcelaine présente sur le cuivre des avantages signalés, d'abord elle n'est attaquée ni par les impuretés du gaz (quand il est impur), ni par la haute température résultant de la combustion du gaz. L'absence d'oxydation fait que les trous si petits se cassent moins facilement; de là moins d'entretien et flamme plus régulière, plus belle. Enfin, ces becs sont plus propres que ceux en cuivre, et la blancheur de la porcelaine donne de l'éclat à tout l'appareil. Quelle que soit la forme des becs, on peut tous les faire en porcelaine.

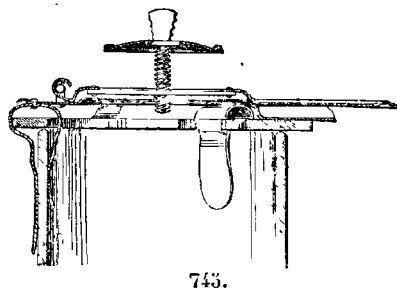
Système Guyot. M. Guyot, pharmacien à Paris, a inventé un système propre à régler le courant d'air par la partie supérieure du bec, système qui, d'après les expériences faites à la Société d'encouragement, permet de réaliser une économie de 25 pour 100 dans la consommation du gaz d'éclairage pour la même quantité de lumière, comparativement aux becs habituellement employés. Ce résultat d'une meilleure utilisation des produits gazeux, dont aucune partie n'échappe plus à la combustion, est obtenue par l'emploi d'un disque que l'on place à la partie supérieure du vase ou cheminée d'un bec de gaz, et que reproduit la fig. 745.

Le disque est fixé sur le verre au moyen d'agrafes;



ÉCLAIRAGE.

au centre est pratiquée une ouverture fermée par une soupape à charnière servant à l'allumage, pour éviter les explosions résultant du mélange du gaz éclairant avec l'air atmosphérique. Au milieu de cette soupape à charnière se trouve un deuxième disque mobile à



l'aide d'une vis, lequel disque, s'éloignant ou se rapprochant de la soupape, modifie la vitesse du courant d'air. Afin d'éviter les ruptures du verre par le contact du disque en cuivre et du verre, M. Guyot interpose entre eux un disque ou biscuit de porcelaine qui remédie tout à fait à cet inconvénient.

Bec Gillard. M. Gillard est inventeur d'un procédé pour la fabrication du gaz hydrogène pur, par la décomposition de l'eau en vapeur projetée sur des charbons incandescents. Ce gaz n'étant pas éclairant, ne pourrait être utilisé que par la construction d'un bec particulier.

M. Gillard a obtenu ce résultat en plaçant au milieu de la flamme une petite spirale fabriquée avec un tissu de platine. Le gaz hydrogène brûle d'abord avec une petite flamme bleue sans éclat, sans pouvoir éclairant; mais bientôt la petite spirale passe au rouge blanc, et projette une lumière blanche extrêmement intense. Nous revenons plus loin sur cette disposition.

De la combustion. La combustion n'est parfaite que dans la partie blanche de la flamme, et n'a lieu qu'à une certaine distance des orifices. La partie inférieure est toujours bleuâtre, ce qui prouve qu'en cet endroit le gaz brûle sans être préalablement décomposé; c'est par une décomposition partielle que le charbon est précipité, et étant incandescent, donne à la flamme sa vivacité et son pouvoir éclairant.

De ce que le gaz en brûlant dans des conditions différentes possède un pouvoir éclairant tout à fait variable, il en résulte qu'il est d'une extrême importance que les becs soient construits dans les conditions les plus favorables. Nous empruntons à M. D'Harcourt quelques expériences capitales sur la détermination des divers éléments de la construction des becs d'Argand, ceux qui sont le plus fréquemment employés, et ceux dont l'usage est le plus avantageux.

Influence du courant d'air. MM. Cristison et Turner ont fait des expériences sur les variations du pouvoir éclairant d'un bec, en faisant varier l'arrivée de l'air. Sur une flamme de 4 centim. de hauteur, ils ont vu la lumière doubler, en resserrant le courant d'air jusqu'à ce qu'il ne fût plus que de 42 millim. carrés. Il faut donc éviter l'excès d'air qui est nuisible, comme le serait son défaut, qui occasionnerait une flamme rougeâtre et sans éclat. Le diamètre le plus convenable à donner à la colonne d'air intérieure est de 9 à 40 millimètres, dimension un peu trop forte, mais qui donne toujours une lumière blanche et moins sujette à fumer.

Nombre de trous. Le gaz sort par de petits trous sous forme de jets, qui s'épanouissent et se réunissent pour former une colonne incandescente ce qui a lieu d'au-

tant plus facilement que le nombre des trous est plus considérable. L'expérience a fourni les résultats suivants :

Becs à	8	10	15	20	25 trous.
Lumière.	360	360	391	409	382
Dépense.	367	318	296	289	375
Intensité relative.	98	418	432	444	439

Le nombre de 20 trous, généralement adopté, est donc le plus avantageux, et la distance la plus favorable entre ces trous est de 3 millimètres.

La diminution de pression qui résulte de la colonne d'air chaud renfermé dans la cheminée de verre, détermine et facilite l'écoulement régulier du gaz maintenu dans les tuyaux à une pression constante. Cependant, pour une même dépense, une cheminée trop haute fait brûler le gaz trop vite sans qu'il ait le temps de se décomposer, condition désavantageuse, et qui fait perdre de l'intensité de la lumière, au delà de la hauteur de 0^m,15 à 0^m,18 admise en pratique, et au delà de laquelle les verres cassent trop fréquemment.

Comme nous l'avons dit, le gaz provenant de la houille est d'autant plus éclairant qu'il contient plus de carbone, et il contient d'autant plus de carbone qu'il est nouvellement fabriqué. Il en résulte qu'on doit préparer le gaz à mesure de sa dépense, et c'est ce qui s'accorde parfaitement avec les moyens dont nous pouvons disposer pour l'emmagasiner.

Le gaz provenant de la distillation de l'huile, récemment préparé, a pour pesanteur spécifique 4,054; il donne la lumière d'une chandelle de 6 au 4/2 kilogr. en consommant par heure 506 centimètres cubes. Si on le conserve deux jours, il perd une partie du carbone en excès qu'il renferme, par précipitation, et ne donne plus la même lumière qu'en consommant 544 centimètres cubes; enfin, après quatre jours, la dépense à faire pour obtenir le même résultat s'élève à 607 centimètres cubes de gaz.

La détérioration du gaz de houille est plus rapide; ainsi, nouvellement préparé, la dépense pour produire la lumière d'une chandelle est par heure 4012 centimètres cubes, deux jours après, 4087 c. c., et quatre jours après, 4465 c. c.

Nous tirons de ces observations cette règle générale que le gaz d'éclairage doit être employé autant que possible aussitôt sa fabrication.

Nous ne fatiguerons pas le lecteur par une série de chiffres qui prouveraient l'économie de l'emploi du gaz. Nous nous contenterons de citer un seul chiffre; le gaz est vendu à Paris à raison de 0,45 le mètre cube. Avec un mètre cube de gaz, on peut éclairer pendant 40 heures un bec consommant 400 litres à l'heure et donnant plus de lumière que dix chandelles.

Gaz portatif non comprimé. Une entreprise transporte le gaz à Paris, pour le service des grands établissements, dans de grandes voitures renfermant du gaz contenu dans une enveloppe imperméable. Par une pression exercée au moyen d'une espèce de filet, le gaz est envoyé dans un gazomètre où il est emmagasiné pour la consommation de la journée.

Ce système n'est évidemment pas un progrès, puisque le gaz coulant ohassé dans les tuyaux de conduite par une faible pression, ne coûte aucuns frais de transport, outre l'inconvénient pour le consommateur de régler la marche d'un gazomètre qui tient une place considérable; aussi ce système ne prend-il pas de développement.

Gaz portatif comprimé. Antérieurement à l'essai dont nous venons de parler, dans les premières années de l'emploi du gaz de la houille, où il semblait qu'on ne pourrait jamais regagner les dépenses considérables qu'entraînait la canalisation, on a fait de très grandes dépenses pour établir des exploitations de gaz portatif

comprimé à des pressions considérables. Il est inutile de s'occuper aujourd'hui de cette solution complètement abandonnée. Le désavantage d'un pareil système sur le système actuel, au point de vue économique, est évident; de plus, la difficulté de comprimer à 30 atmosphères le gaz en évitant les fuites, celle d'obtenir des écoulements de gaz constants, pour que la lumière ne varie pas à mesure que le gaz se brûle, n'ont jamais été résolues d'une manière satisfaisante. En outre, le danger réel qui résultait de l'emploi de semblables appareils, aurait dû y faire renoncer. Enfin, M. Faraday a prouvé que la compression donnait lieu à la formation de diverses huiles et hydro-carbures, qui diminuent beaucoup la quantité de gaz qu'une quantité donnée de houille aurait dû fournir. Un grand nombre d'établissements formés pour exploiter le gaz portatif comprimé sont successivement tombés, sans avoir pu parvenir à une solution satisfaisante de ces difficultés, ce qui, au reste, n'aurait pu les conduire à tirer des résultats avantageux d'une exploitation fondée sur un faux principe.

Gaz de l'huile, de la résine, gaz à l'eau, etc.

On a tenté à plusieurs reprises, dans ces dernières années, de remplacer la houille dans la production du gaz par diverses substances, notamment les huiles. Ces essais n'ont pas été couronnés de succès, et on aurait pu facilement le prévoir. S'il est vrai que les gaz ainsi produits sont en général d'une purification facile par l'absence d'hydrogène sulfuré, de sulfure de carbone et de sels ammoniacaux, ils ont le grand désavantage de coûter plus cher. En effet, à Paris du moins, le prix élevé auquel se vend le coke couvre presque entièrement la dépense d'achat de la houille qui a servi à le produire, de telle sorte que la matière première ne coûte presque rien. On ne pourrait donc songer à établir de semblables exploitations que dans des conditions tout à fait spéciales. Ainsi l'éclairage au gaz de résine pourrait être avantageux dans le cœur de la Russie, où la résine se trouve à bon marché, tandis que la houille est à un prix élevé; mais pour la France et les pays où la houille est à un prix modéré, l'expérience n'a que trop prouvé que l'exploitation n'en saurait être avantageuse. Passons rapidement en revue les divers procédés qui ont été employés.

Gaz de l'huile. La conversion de l'huile en gaz se fait avec la plus grande facilité. L'appareil consiste en une cornue, dans laquelle on place du coke, destiné à diviser l'huile qui tombe dans la cornue, et en augmentant les surfaces, d'accélérer la décomposition à une température modérée. Il faut de temps en temps renouveler le coke, dont les pores s'obstruent de matières charbonneuses.

L'huile est conduite dans la cornue au moyen d'un tuyau communiquant avec un réservoir supérieur dont le niveau reste constant. L'écoulement se règle au moyen d'un robinet.

Quand l'appareil ne doit pas alimenter un nombre considérable de becs, il peut être singulièrement simplifié en supprimant le gazomètre et le remplaçant par une cloche d'un volume peu considérable, dont les mouvements d'élévation et d'abaissement règlent l'arrivée de l'huile en faisant tourner le robinet d'admission.

On a cherché à diminuer l'inconvénient résultant du prix élevé de l'huile, en distillant directement les graines oléagineuses elles-mêmes, mais, ainsi qu'on aurait pu le prévoir, on n'a obtenu que de fort mauvais résultats. La distillation de la graine produit beaucoup de gaz oxyde de carbone, dont le pouvoir éclairant est presque nul.

Comme le dit M. Dumas, si on avait d'abord inventé le gaz de la houille, puis qu'un inventeur eût trouvé le moyen de le rendre liquide, de supprimer la dépense

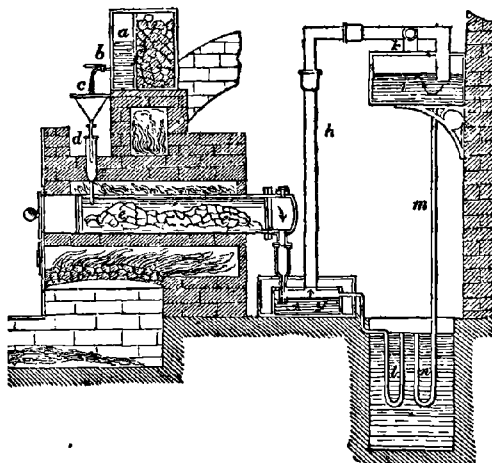
des usines, des tuyaux de distribution, etc., en permettant à chacun d'employer ce liquide dans des appareils portatifs, tout le monde eût admiré cette invention. Or, ce gaz liquide nous le possédons dans l'huile, et il paraît plus naturel de l'employer directement que dans de coûteux appareils.

Si la question économique condamne absolument, en thèse générale, l'emploi du gaz de l'huile, bien qu'à volume égal il soit trois fois plus éclairant que le gaz de la houille, il n'en est pas de même dans quelques cas particuliers, où des matières grasses se trouvent en abondance comme résidus sans emploi.

C'est un des beaux travaux du savant D'Arcet d'avoir prouvé qu'on pouvait ainsi utiliser avec grand avantage les *eaux savonneuses* produites en quantité très considérable dans le désuintage des laines. C'est par ce procédé que la ville de Reims et plusieurs autres villes ont été longtemps éclairées.

Gaz de la résine. La résine soumise à une chaleur rouge donne en grande abondance un gaz d'un pouvoir éclairant double, à volume égal, de celui de la houille, de l'eau et diverses huiles volatiles qui se décomposent difficilement à cause de leur volatilité.

La résine déposée en *f* (fig. 745 bis), et mélangée



745 bis.

avec les huiles volatiles des opérations précédentes, traverse une gaze métallique qui arrête toute impureté dans le réservoir *a*, à mesure qu'elle est liquéfiée par le feu. Elle en sort par un robinet *b* et tombe dans un entonnoir d'où elle passe dans la cornue *c* renfermant du coque incandescent. Les produits de la distillation se rendent dans des réfrigérants *g*, *h*, renfermant de l'eau, puis par un tuyau *k* dans le gazomètre. Les huiles volatiles condensées par les réfrigérants se rendent par les syphons *l*, *n* dans une citerne.

M. Chaussenot, qui a établi dans une filature un appareil de ce genre, qui fonctionne très bien, régularise l'arrivée de la résine par une cloche, comme dans l'appareil dont nous avons parlé ci-dessus pour la préparation du gaz de l'huile.

Il a aussi obvié à l'engorgement du conduit d'arrivée, qui se produit fréquemment par la décomposition de la résine, en y faisant passer par une broche que l'on fait mouvoir par le moteur de l'usine.

Gaz des hydro-carbures. Nous devons consigner ici comme une solution remarquable et économique de l'emploi du gaz pour les consommations de cent à trois cents becs, l'emploi des hydro-carbures liquides extraits de la houille. Les appareils qu'on pourrait em-

ployer pour la fabrication du gaz seraient de dimensions très restreintes, et par suite peu coûteux, car la quantité de gaz que l'on pourrait obtenir serait, en moyenne, cinq cents fois le volume à distiller, et la lumière serait certainement beaucoup plus vive que celle du gaz ordinaire, par suite de la plus grande densité des gaz produits. M. D'Hurcourt établit d'une manière assez satisfaisante, que pour un éclairage régulier de cent becs, le prix du gaz ne dépasserait pas 5 centimes par bec et par heure, les hydro-carbures supposés à 20 francs les 100 kilogr., prix plutôt forcé que trop faible quand les produits de la distillation doivent servir à la production du gaz, et sont par suite utilisés complètement; résultat remarquable et qui ne peut manquer d'engendrer des applications industrielles importantes. (Voy. HYDRO-CARBURES).

Gaz au bois. Tout le monde sait que l'ingénieur Lebon, le père de l'éclairage au gaz, avait d'abord obtenu le gaz en distillant le bois; on tente aujourd'hui d'employer aussi cette matière première.

Le gaz qui sert à l'éclairage du chemin de fer de Munich est fabriqué avec du bois. L'introduction de ce système en Bavière est due au professeur Pettenkoffer. On emploie pour cette fabrication une seule cornue, mais de dimensions telles qu'elle pourrait suffire à de grands établissements. Elle contient 50 kilog. de bois de sapin fendu, et fournit au gazomètre environ 40 mètres cubes de gaz à l'heure. La charge dure une heure et demie. La cornue est chauffée à la tourbe, et le chauffage coûte environ 30 centimes (40 kreutzers) l'heure. S'il y avait plusieurs cornues dans le même fourneau, la dépense serait encore moindre en proportion. Le charbon de bois que l'on retire de la cornue atteint 49 à 20 pour 400 du poids du bois employé. En retirant le charbon de la cornue, il est reçu dans des étouffoirs: le charbon de sapin ainsi obtenu est beaucoup plus compacte que celui produit par les systèmes ordinaires de la carbonisation; on obtient de 5 à 7 pour cent du poids d'un goudron qui égale le vernis employé par les fabricants de laque. La lumière d'un bec qui consomme 127 litres à l'heure égale en intensité celle de 15 bougies de cire. Un des grands avantages du gaz au bois est sa rapide production.

Gaz à l'eau. En février 1834, M. Jobard prit en Belgique un brevet pour la fabrication d'un gaz d'éclairage au moyen de la décomposition de l'eau; il s'associa peu de temps après à Selligie, qui prit un brevet en France, et exploita ce procédé à l'usine de Batignolles (aujourd'hui usine à la houille). Il obtenait d'abord de l'hydrogène pur, qu'il enrichissait ensuite en le faisant passer dans un vase où distillait soit de l'huile de schiste, soit du goudron. L'appareil qu'il employait se composait de trois cornues verticales, l'eau arrivant en petite quantité par la partie supérieure de la cornue de gauche, la traversait en descendant et en remontant la deuxième cornue, remplie comme la première de charbon de bois; le gaz produit passait dans la troisième cornue, dans laquelle il rencontrait de l'huile de schiste qui se décomposait en coulant le long de chaînes de fer. De là, enfin, les gaz permanents produits se rendaient au gazomètre. L'expérience a prouvé à M. Selligie que le véritable moyen, au moins en France, de tirer un parti utile des curieux résultats qu'il avait obtenus de la distillation des schistes, était de préparer des huiles minérales pouvant servir pour l'éclairage comme les huiles grasses, et que les limites du prix de revient des huiles étaient bien plus reculées pour cet emploi que pour la fabrication du gaz.

L'insuccès du procédé Jobard et Selligie à Batignolles, à Anvers et dans plusieurs autres villes, avait fait à peu près oublier le gaz à l'eau, lorsque en 1846

ou 1847 M. Gillard vint remettre la question sur le tapis; seulement au lieu de vouloir rendre éclairante la flamme de l'hydrogène (qui dans les conditions ordinaires donne beaucoup de chaleur et pas de lumière), en carbonisant ce gaz, il arrive au même but en interposant dans la flamme une espèce de mèche permanente, indécomposable et inaltérable en fil de platine. C'est là une application heureuse d'un principe connu depuis longtemps.

Pour obtenir le gaz hydrogène, M. Gillard décompose la vapeur d'eau dans une cornue contenant du charbon de bois, et chauffée au rouge blanc. L'oxygène de l'eau s'unit au charbon pour former de l'acide carbonique qu'il faut absorber, et l'hydrogène se rend au gazomètre.

M. Magnier, ingénieur, qui a monté dans les ateliers de MM. Christoffe et comp., à Paris, l'éclairage par le système Gillard, a publié, dans le n° 4 du *Journal de l'éclairage au gaz*, un travail très intéressant, dans lequel nous allons chercher une bonne partie des renseignements suivants.

L'appareil se compose de deux cornues en fonte de 2 mètres sur 0^m,34 et 0^m,024 d'épaisseur, montées dans un four ordinaire à gaz, et garanties pour résister le plus longtemps possible à une haute température. Il y a là une grande difficulté : la fonte grise de deuxième fusion est fusible à 4,200 degrés; de la chaleur orange clair à celle orange blanc, il y a 42 à 4300 degrés, et pour obtenir un résultat satisfaisant il faut chauffer les cornues aussi près que possible de cette couleur; aussi, pour arriver à ce résultat et ne pas user trop vite les cornues, il faut une construction parfaite et d'excellents chauffeurs quand on emploie des cornues en fonte (4).

Les cornues en terre simplifieraient singulièrement la question si on pouvait les appliquer à ce travail; mais leur porosité y met un obstacle, le gaz hydrogène, le plus léger de tous les gaz connus, passerait par les pores. Ici comme dans la fabrication à la houille on demande un vernis peu fusible, et M. Magnier se demande si le vernis employé de temps immémorial pour la poterie commune ne conviendrait pas. On sait que pour l'obtenir il suffit de jeter du sel marin dans le four qui contient la poterie, quand il est bien rouge.

À chaque cornue est adapté un tube qui amène de la vapeur à 4 ou 5 atmosphères; comme la vapeur, à cette pression, n'a qu'une température de 445 degrés, il y a là une cause continuelle de refroidissement pour la cornue. Nous pensions que c'était pour éviter cet inconvénient qu'on avait essayé à surchauffer la vapeur avant son introduction dans la cornue. Cet essai n'aurait-il pas réussi? Le tube est longitudinalement posé dans la cornue au-dessus de la couche de charbon de bois qu'on y a étendue dès que le fourneau a été amené au degré de chaleur voulu. Ce tube est percé en dessous d'une grande quantité de petits trous extrêmement fins, qui envoient la vapeur perpendiculairement et un peu obliquement sur la couche de charbon de bois.

Ce tuyau est en fer : pour éviter l'obstruction des petits trous par l'oxyde de fer formé, on n'a trouvé rien de mieux jusqu'à présent que d'incruster toute la partie inférieure de ce tuyau de petits cylindres de porcelaine qui ressemblent à des bouts de tuyaux de pipe; ils excèdent un peu la surface de l'intérieur du tube pour que leurs trous restent toujours libres.

Rien n'est changé d'ailleurs dans le système des cornues; ce sont les mêmes que pour le gaz de houille, seulement le tuyau injecteur de la vapeur y pénètre

(4) Nous pensons que l'oxygène de l'eau doit attaquer la fonte de la cornue.

par la partie inférieure de la tête, en faisant un coude à angle droit.

Après les cornues viennent le barillet et le condenseur; une bonne condensation est nécessaire, car il se trouve toujours une quantité variable de la vapeur d'eau échappée à la décomposition. L'épuration du gaz à l'eau est beaucoup plus simple et plus facile que celle du gaz à la houille. Il ne s'agit que d'éliminer le gaz acide carbonique, ce qu'on obtient au moyen de la chaux et des épurations ordinaires. La pratique a démontré que chaque mètre de gaz (mélange d'hydrogène et d'acide carbonique) exige près d'un kilog. de chaux éteinte. Le carbonate de chaux formé peut très bien être revivifié dans un appareil convenable, tel qu'un four à chaux, de sorte que la même chaux peut toujours resservir; mais il faut toujours compter un peu plus d'un centime pour le combustible employé à la revivification, la main-d'œuvre et la perte.

Voilà le gaz fabriqué : il se rend dans le gazomètre, où il s'emmagasine pour les besoins de la consommation. Avant d'examiner ses qualités et ses défauts, citons le compte de revient tel que le donne M. Magnier pour un fourneau à deux cornues, produisant 500 mètres de gaz en 24 heures, à Paris.

4 kilog. charbon de bois pour 3,500 litres de gaz, soit pour 500 mètres 443 kilog. charbon, à 40 c.	44 fr. 30 c
350 kilog. de houille pour chauffage, à 3 fr. les 400 kilog.	10 50
Vaporisation des 700 litres d'eau à peu près.	2 50
Revivification et perte sur 390 kil. de chaux nécessaires à l'épuration.	6 »
Main-d'œuvre.	5 »
Intérêt du capital, usure du matériel, etc. (Mémoire.)	
Total.	33 30

En divisant ce prix par 500, le nombre des mètres de gaz obtenus, on trouve 7^c,66 pour prix de revient du mètre cube.

Un bec ordinaire dépense au moins 260 litres de gaz à l'heure. On voit donc que dans les conditions actuelles le prix de revient du gaz à l'eau est, à volume égal, tout au moins le même, sinon plus élevé que celui du gaz de houille, qui aujourd'hui à Paris ne peut pas coûter, abstraction faite des frais généraux, plus de 5 à 40 cent. le mètre cube dans une usine bien conduite. Or on consomme 250 litres de gaz à l'eau contre 150 du gaz de houille.

D'après un rapport de M. Jacquelaïn, publié dans le bulletin de la Société d'Encouragement, le prix de revient du gaz à l'eau, d'après des expériences faites par M. Christoffe, est de 46 c. à 47 c. le mètre cube; mais à cause des imperfections de l'évaluation, il ne doute pas que dans une usine bien montée le prix de revient ne descendit à 40 c.

Dans le même rapport, nous trouvons l'analyse très intéressante du gaz recueilli au sortir de la cornue. Nous la donnons ici :

Vapeur d'eau.	2
Acide carbonique.	2
Air.	5
Oxyde de carbone.	14,7
Hydrogène.	76,3

Volumes. . . 400,0

L'éclairage par le gaz à l'eau est beaucoup plus beau, plus riche, moins fatigant à la vue que par le gaz de houille; nous pouvons aussi ajouter moins insalubre, mais seulement quand on n'apporte pas de soin à l'épuration de ce dernier. On se sert jusqu'à présent

de béc ordinaires, percés de trous extrêmement fins, et qui n'ont de particulier qu'une mèche de platine qui les surmonte. Cette mèche est un cylindre tant soit peu moins grand que la circonférence formée par trous du bec; il a 2 centimètres de haut, il est tissé en fil extrêmement ténu, enfin il se tient à 2 ou 3 millimètres au-dessus du bec, au moyen d'un anneau auquel sont liés trois bouts du fil de platine dont il est formé. Une de ces mèches a environ 460 mailles.

Dès que l'on approche une allumette du bec, l'hydrogène s'enflamme et la mèche passe au blanc éblouissant. Cependant comme la lumière qui provient de cette masse solide est uniforme et immobile, l'œil n'est nullement fatigué de son éclat, relativement à ce que fait éprouver la flamme vacillante, irrégulière dans sa forme, et ayant différents tons, des autres modes d'éclairage.

Le gaz à l'eau est exempt de fumée, en même temps qu'il se prête admirablement aux combinaisons les plus élégantes d'appareils.

Voilà ses avantages; passons à ses inconvénients. Sa ténuité, sa légèreté occasionneraient pour son parcours dans un long périmètre des pertes énormes. Le gaz de houille, quatre à cinq fois plus dense que l'hydrogène, donne déjà naissance à bien des fuites dans les canalizations, et ces fuites se déclarent surtout aux jonctions des tuyaux.

Outre cette chance si grande de fuites et de pertes, il faut ajouter le danger d'explosion; le gaz à l'eau étant inodore, les fuites ne se feront pas sentir, tandis que l'odeur *sui generis* du gaz de houille fait percevoir une fuite presque à l'instant même où elle se déclare dans une habitation; il y aurait donc à redouter que le gaz ne se répandît en assez grande quantité pour pouvoir donner naissance avec l'air à un mélange explosible.

Nous ne parlerions pas des inconvénients auxquels peut donner lieu la présence de l'oxyde de carbone dans le gaz d'eau si ce gaz n'était pas inodore, car le gaz de houille n'est pas exempt non plus tant s'en faut de cet agent délétère. Cependant il est à remarquer que d'après l'analyse rapportée ci-dessus la proportion est considérable.

Ainsi donc il serait indispensable d'abord qu'on rendît odorant le gaz pour empêcher les accidents. Si maintenant on envisage la question à son point de vue économique, on voit que le gaz de houille a encore un grand avantage sur le gaz à l'eau.

Nous devons faire remarquer, à l'occasion du gaz à l'eau, que les inventeurs de nouveaux systèmes de gaz ne doivent pas tant s'occuper du prix de la houille que du produit à retirer du coke: on peut très bien payer la houille cher si le coke se vend à proportion. On s'imagine avoir tout gagné en indiquant pour le gaz une matière première qui ne coûte rien, et très souvent on se trompe.

Tout récemment on a cherché en Angleterre à appliquer un système mixte: il consiste à introduire dans les cornues où distille la houille du gaz provenant de la décomposition de l'eau, qu'on fait arriver en petit filet dans une ou plusieurs cornues garnies de coke, chauffées convenablement, ces dernières cornues étant d'ailleurs semblables à celles où on distille la houille. Comme on le voit, c'est une simple modification du procédé Jobard et Selligie; l'hydrogène va prendre au gaz de houille, et surtout au goudron, le carbone qui lui manque, en augmentant singulièrement de volume. Comme c'est surtout au commencement de la distillation de la houille que se dégage le goudron et les huiles carbonées, on conçoit que l'émission de l'eau est réglée de manière que la production d'hydrogène soit très rapide au commencement de la distillation, et diminue graduellement jusqu'à la fin.

Plus la houille est riche en hydrocarbures, et plus on peut introduire d'hydrogène dans la cornue qui la distille. Ainsi pour deux cornues chargées de *wigan-cannel*, on avait monté dans le même fourneau une cornue pour la production de l'hydrogène; tandis qu'en opérant sur le *boghead-cannel*, on ne se servit que d'une cornue pour la houille, et les deux autres furent converties en cornues à gaz à l'eau.

Au lieu de gaz hydrogène on peut plus avantageusement diriger dans les cornues du gaz peu carburé, provenant de la distillation de substances organiques laissant un résidu utilisable, comme la tourbe.

Nous devons dire que l'application de ce système mixte préoccupe beaucoup tous les fabricants de gaz en Angleterre, où généralement le coke se vend mal, et où le goudron a très peu d'écoulement. Ce système a des partisans enthousiastes et des contradicteurs non moins chaleureux: le temps et la pratique prononceront.

Il est évident qu'on pourrait très bien, dans les usines à gaz où le coke se vend mal, et où le goudron est souvent un embarras, faire avec le goudron ce que Selligie faisait avec de l'huile de résine. Nous ne parlerons pas des nombreux essais tentés pour transformer directement par la chaleur le goudron en gaz, car ils n'ont pas abouti.

Comme on le voit, il y a encore bien à faire dans la fabrication du gaz, et tout ce que nous venons de dire sur les divers moyens d'obtenir ce fluide éclairant montre la nécessité qu'il y aura bientôt de constater non seulement le volume et la pureté du gaz, mais aussi son pouvoir éclairant, car c'est là un élément excessivement important. Cette nécessité existera d'autant plus, que bientôt le prix du gaz baissant forcément, on en fera usage pour le chauffage sinon des appartements, du moins de certains appareils de l'industrie et des fourneaux à faire la cuisine, ce qui rendra aux petits ménages de très grands services et fera singulièrement croître la consommation du gaz. C'est surtout sur du chauffage que les partisans du gaz à l'eau ont basé leurs espérances, et il y a dans cette voie bien des progrès à réaliser.

ÉCLAIRAGE PAR LES CARBURES D'HYDROGÈNE LIQUIDES.

Dans le siècle d'inventions et de perfectionnements dans lequel nous vivons, on cherche, non seulement à améliorer en qualité les produits d'un usage assez important, mais encore à les remplacer par d'autres jouissant à peu près des mêmes propriétés, conduisant dans l'emploi aux mêmes résultats et procurant une économie plus ou moins sensible.

Il n'est pas étonnant qu'avec cette tendance générale des esprits, on ait, depuis plusieurs années, songé à remplacer l'huile et même le gaz par des liquides devant ou pouvant donner un éclairage plus économique. Depuis longtemps la théorie avait indiqué pour cet emploi des substances fluides composées comme le gaz et l'huile, de carbone et d'hydrogène, mais en proportions différentes, et se vendant à bas prix, telles que: l'essence de térébenthine, les huiles de naphte et de pétrole, et plus récemment les huiles essentielles extraites des schistes, des goudrons du gaz, des résines, etc. Mais il ne suffisait pas d'avoir à sa disposition des carbures d'hydrogène liquides à bas prix, la difficulté était de pouvoir les appliquer à l'éclairage sans inconvénients sérieux pour les consommateurs. Or, il est impossible de faire usage pour cette application des appareils servant pour l'éclairage à l'huile, et cette impossibilité sera évidente lorsque nous aurons rappelé quelques points de la théorie de la flamme lumineuse. La flamme est, d'après Berzelius, un gaz qui brûle;

son intensité dépend de la nature des corps qui se forment pendant la combustion. Lorsqu'ils restent sous la forme gazeuse, elle est peu lumineuse : telle est la flamme de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, etc. ; mais si dans cette flamme on place un corps solide susceptible de résister à une température élevée, tel qu'un fil de platine ou d'amiante, et qu'elle puisse le faire rougir, ce corps devient lumineux, et l'éclat de la flamme est singulièrement augmenté. Ce phénomène s'explique par l'incandescence du corps solide au milieu de la flamme.

Les flammes du gaz d'éclairage, des lampes à huile, des bougies, des chandelles, ne sont si brillantes que par le dépôt de charbon très divisé qui y rougit jusqu'à son arrivée au bord de la flamme, ou il brûle au contact de l'air. On le prouve d'ailleurs en plongeant dans ces flammes un corps froid ; le carbone, déposé, s'attache à sa surface en formant du noir de fumée. Voici comment s'opère ce dépôt de charbon : le gaz d'éclairage contient de l'hydrogène carboné, qui se produit aussi par la décomposition, due à la chaleur, des corps gras dans les lampes à huile, bougies, etc. La partie de l'hydrogène carboné qui se trouve au milieu de la flamme, est décomposée par sa température élevée, et abandonne une certaine quantité de son carbone.

Si le gaz qui brûle est trop peu carburé, il abandonne trop peu de carbone pour que la flamme soit assez éclatante ; par opposition, s'il est trop carburé, s'il laisse déposer trop de carbone, la flamme, au lieu d'être blanche et brillante, devient jaune ou rouge, terne et fumeuse.

Les huiles essentielles à bas prix, dont nous avons parlé tout à l'heure, sont très riches en carbone, et leur flamme, quand on les brûle par les procédés ordinaires, est très fuligineuse.

Deux moyens principaux se présentent d'empêcher cet effet : 1° mélanger ces essences très carburées à d'autres liquides combustibles très peu carburés, de manière à compenser l'excès de carbone de l'un par le déficit de l'autre ; 2° faire arriver sur la flamme qu'elles produisent une quantité d'air suffisante pour que l'excédant de carbone ne puisse pas se déposer, en échappant à la combustion, et former du noir de fumée, mais brûler dans la flamme en se combinant avec l'oxygène de l'air affluant en quantité convenable. Ces deux moyens ont d'ailleurs trouvé un puissant auxiliaire pour arriver au desideratum dans la vaporisation, la gazéification du liquide comburant, seul ou mélangé ; tous les carbures d'hydrogène que nous avons cités tout à l'heure étant en effet volatils à des degrés différents.

Nous allons d'abord nous occuper du premier moyen.

Depuis trois ou quatre ans on voit reparaître en France un système d'éclairage importé en 1832, et vingt fois reproduit déjà avec plus ou moins d'adresse mais sans succès, jusqu'à ce que l'esprit ingénieux de quelques-uns de nos fabricants lampistes l'eût mis sous les yeux du public avec tant de goût et d'habileté qu'il a pris, pour ainsi dire, aujourd'hui droit de bourgeoisie. Ce système d'éclairage est dit au gaz liquide, à l'hydrogène liquide, au gazogène, noms différant avec les divers fabricants de liquide combustible ou même seulement de lampes destinées à la combustion.

On tomberait dans une étrange erreur si on regardait comme nouveau le moyen d'associer par opposition à une huile essentielle quelconque trop carburée un liquide peu carburé soit l'alcool, le méthylène (esprit de bois) ou l'éther, pour former un mélange, qu'on peut nommer alcoolat, susceptible de brûler avec une flamme non fuligineuse et assez blanche.

Les huiles essentielles qu'on peut employer pour opérer le mélange sont celles de térébenthine, de goudron de gaz, de naphte, de pétrole, de schistes, de résines.

Mais pour que les deux liquides puissent se mélanger intimement, pour que leur dissolution réciproque puisse s'opérer, il faut que l'alcool soit presque absolu, qu'il marque 98 centièmes à l'alcoomètre, il faut de plus que l'essence soit anhydre, et ait été rectifiée sur de la chaux ; hors de ces conditions pas de mélange possible. S'il restait dans un des deux liquides une certaine proportion d'eau, leur séparation ne tarderait pas à s'opérer au sein du mélange, et dans la lampe ils se placeraient dans l'ordre de leur pesanteur spécifique, et brûleraient nécessairement dans le même ordre ; on obtiendrait successivement deux flammes fort différentes qui ne conviendraient ni l'une ni l'autre. Celle de l'alcool aqueux serait d'un bleu pâle et sans éclat ; celle de l'huile essentielle serait fuligineuse et d'un éclat rougeâtre peu intense.

Sans nous arrêter pour l'instant aux procédés d'extraction de quelques-unes des huiles essentielles que nous avons citées tout à l'heure, nous avons dans la question d'éclairage par les alcoolats, à examiner plusieurs points principaux : d'abord les appareils à employer ; ensuite les avantages et les inconvénients du système en lui-même ; enfin la question économique.

L'appareil de combustion est une lampe qui se compose tout simplement d'un réservoir dans lequel vient plonger une mèche de coton pleine, non tressée : le bout supérieur de cette mèche apparaît au-dessus du réservoir, comme celle des lampes ordinaires à l'alcool, quand elle est mince et que la lampe ne sert que de veilleuse et de bougie ; mais quand on veut une grande clarté, et c'est là le cas le plus général, on enveloppe cette mèche dans un fourreau de laiton peu épais qui s'adapte et se fixe sur le réservoir, qu'il dépasse d'une certaine hauteur. Ce fourreau ou tube cylindrique se termine à sa partie supérieure par un disque percé de trous très petits placés symétriquement et en nombre variable. Le cylindre porte aussi vers son extrémité une galerie à claire-voie pour recevoir une cheminée en verre comme les becs de quinquets ordinaires.

La mèche est nécessaire à l'ascension capillaire du liquide.

Voilà l'appareil garni, il s'agit maintenant de l'allumer. Mais pour pouvoir enflammer la vapeur du liquide comburant il faut nécessairement l'engendrer, il faut vaporiser l'alcoolat, et cette vaporisation ne peut avoir lieu que par une élévation de température. Pour obtenir ce résultat, on entoure le fourreau (dans sa partie supérieure) d'un anneau muni d'un fil métallique trempé préalablement dans de l'esprit de vin auquel on met le feu. Le liquide volatil dont la mèche est imbibée se vaporise, et la vapeur s'échappant par les jets ou orifices dont nous avons parlé vient s'allumer à la flamme de l'anneau.

Les jets sont séparés et ne se confondent pas en une seule nappe comme dans les becs à gaz, de sorte que le bec allumé présente l'aspect plus ou moins fidèle d'un artichaut dont les feuilles sont figurées par les jets lumineux. La cheminée en verre est employée pour redresser les jets de flamme et pour rendre la combustion plus complète.

Les premiers becs de lampe à alcoolats étaient très imparfaits, ne permettant ni de régler la flamme ni de l'éteindre sans qu'il se répandît dans l'atmosphère une vapeur d'une odeur très désagréable. M. Robert, déjà connu par son système très ingénieux d'éclairage à l'huile par circulation continue, s'est occupé avec beaucoup d'habileté et de succès des perfectionnements dont était susceptible le système d'éclairage par les alcoolats tant pour le bec brûleur que pour le liquide gazogène ; nous devons à ses travaux une mention spéciale.

D'abord il remarqua que pour obtenir une régularité soutenue dans ledit éclairage, il fallait adopter pour les dimensions des becs une uniformité exacte et soute-

nue, et pour le liquide une composition toujours uniforme au point de vue de sa richesse en hydrogène, carbone et oxygène quelles que fussent d'ailleurs les matières composant ce gazogène, car tel bec qui brûle convenablement avec un liquide donné, ne brûlera plus de même si on change la composition du liquide qui doit l'alimenter, et réciproquement. Un des premiers, M. Robert observa que pour la meilleure combustion possible l'alcool devait être absolu et l'essence bien rectifiée et aussi pure que possible; qu'une quantité d'eau même très petite dans le mélange pouvait modifier l'essence dans sa composition, produire par là des parcelles de corps résinoïdes solides et crasser les appareils. Un des premiers il imagina que l'esprit de bois pourrait très bien remplacer l'alcool dans la préparation du liquide gazogène, de même que d'autres essences pourraient être substituées à celle de térébenthine.

Mais c'est surtout dans les becs eux-mêmes qu'il apporta d'heureuses innovations. Dans les lampes qu'il construisit, la vapeur inflammable, avant d'arriver aux orifices par où elle s'échappe, vient circuler dans l'espace annulaire de deux tubes concentriques, dont l'extérieur est chauffé directement par la flamme du bec, et forme une espèce de cornue distillatoire où la vapeur subit une certaine décomposition et se convertit partiellement au moins, sinon totalement, en véritable gaz. C'est ce que représente la fig. 746; B est la mèche; la vapeur, formée dans la chambre A H, s'élève dans le tube C, redescend dans l'espace annulaire D, se rend dans l'espace E, et s'échappe par les trous F. L'espace E forme isoloir, comme d'ailleurs l'espace annulaire, en ce sens qu'il s'oppose à la transmission directe du calorique à la chambre de vapeur A H. Cet artifice empêche la tension et la production de la vapeur d'augmenter, et procure à la flamme une immobilité absolue.

L'espace E (fig. 746), comme l'espace annulaire, que la vapeur parcourt, sert d'épurateur, parce que là se déposent les corps étrangers et les portions du liquide qui pourraient être entraînés dans la distillation.

On voit dans la figure 747 le moyen ingénieux imaginé par M. Robert pour éteindre la lampe, en évitant les inconvénients que nous avons déjà signalés.

Une tige K, terminée par un petit bouton, imprime au tube B G un mouvement longitudinal et spirale à la fois, or ce tube commande le cône E, qui vient s'abaisser à volonté et boucher l'orifice de la sortie de la vapeur quand on veut éteindre la lampe; A représente la galerie du verre.

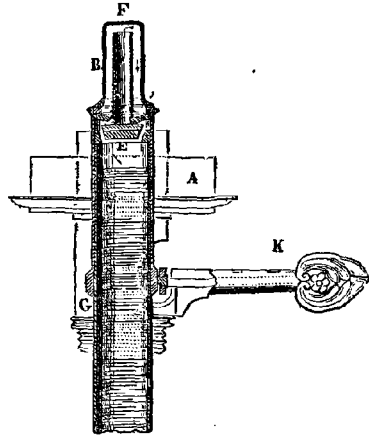
La condition de mouvement ci-dessus est indispensable pour procurer la décollation du tube, quand il se trouve quelques résidus. Deux petites pièces simples et solides le produisent; une fourche et un tenon. La forme seule du petit tenon est un mécanisme, elle permet de retirer le tube, dans le seul cas utile, et s'oppose à sa sortie pendant tout le mouvement dans lequel il doit rester dépendant.

Ce bec peut encore être modifié comme l'indique la fig. 748 pour donner le moyen de régler la flamme à volonté depuis la plus forte lumière jusqu'à la clarté d'une simple veilleuse. L'extinction de ce bec se fait sans odeur et non brusquement, ce qui permet de quitter une pièce sans se trouver dans l'obscurité, même après avoir tourné le bouton pour éteindre la lampe.

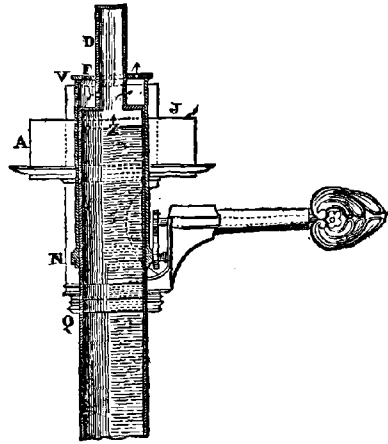


746.

Ses dispositions sont fondées sur ce principe, que le tube D D (fig. 748), qui transmet au liquide contenu dans le bec le calorique, qui lui est communiqué par la flamme et est indispensable à la vaporisation, en transmet d'autant plus qu'il présente à cette flamme plus de surface chauffante.



747.



748.

En tournant le bouton et à l'aide de mouvement dont nous avons parlé tout à l'heure, on fait descendre ou monter le tube N et la portion supérieure du bec V F, ce qui raccourcit plus ou moins la partie du tube D chauffée par la flamme, et laisse à la lampe plus ou moins de flamme. Lorsque le tube D se trouve complètement noyé dans le tube V, le bec ne reçoit plus de chaleur, et la flamme s'éteindrait instantanément si la chaleur acquise ne vaporisait encore un peu de liquide; mais cette chaleur acquise s'épuise bientôt, et avec elle finit la production de vapeur et de flamme sans que le bec exhale d'odeur (du moins d'après M. Robert, car nous n'avons pas vu brûler cette espèce de bec).

Il est évident par la disposition de ce bec qu'est non seulement en diminuant la partie du tube D soumise à la flamme, mais en éloignant la flamme elle-même du niveau du liquide qu'on ralentit la vaporisa-

tion et partant la combustion. Le tube DD, doit être nécessairement en platine, car tout autre métal s'oxyderait ou se torturerait de manière qu'il n'y aurait plus frottement juste et imperméable, tandis qu'avec le platine il n'y a pas la moindre fuite. Le prix élevé du platine augmente de 40 fr. la valeur du bec régulateur, aussi cette disposition est-elle moins répandue que la précédente.

Passons maintenant à l'appréciation de ce système d'éclairage.

La lampe, par sa disposition, par les ornements dont on se la parer l'habileté et le bon goût des constructeurs, et auxquels elle se prête très bien, constitue un petit appareil de luxe qui ne manque pas de gentillesse et flatte beaucoup la vue, en excitant d'ailleurs la curiosité, tant par la diaphanéité du réservoir (presque tous sont en cristal), que par la gazéification du liquide. Elle a eu pendant l'hiver de 1843-1844 un succès de vogue dans les salons de la capitale; on s'en est amusé et on s'en amuse encore, comme on l'a fait il y a quelques années des cafétières en cristal. Mais ces agréments de société ne suffisent pas pour constituer un système d'éclairage convenable, bon et utile en toute circonstance, et offrant une économie sur les systèmes généralement employés. Ces conditions, le liquide gazofacteur les présente-t-il? c'est ce que nous allons examiner.

La flamme est convenablement blanche, ne donne pas de fuliginosité, et peu ou point d'odeur. La mèche, cachée dans le bec, peut servir pendant plusieurs jours sans être rafraîchie ni manipulée quotidiennement, comme dans les becs à huile (M. Robert conseille de la remplacer tous les huit jours); enfin, en faisant le service de ces lampes on ne risque pas de se tacher comme en manipulant le liquide oléagineux. De plus, l'huile contenant toujours des mucilages non volatils qui encrassent les mèches, il résulte que dans les becs à huile il y a toujours, après plusieurs heures d'éclairage, une diminution d'intensité de lumière sans diminution de dépense, ce qui n'arrive pas pour le gazogène. Il faut mettre aussi à l'avantage de ce dernier le prix plus élevé des appareils à huile, leurs réparations, leur entretien, et l'impossibilité d'obtenir un service régulier d'une lampe qui ne sert que rarement, à cause de l'altération par l'action oxydante de l'air, de l'huile qui brûle alors en produisant un charbon difficile à incendier qui bouche les pores de la mèche.

Malheureusement, à côté de ces avantages, il y a des inconvénients que notre impartialité ne peut dissimuler: d'abord l'odeur inévitable du mélange liquide, odeur persistante due à l'huile essentielle, et telle que si on a le malheur de renverser une lampe, ou une certaine quantité de gazogène dans un appartement, il faut le désertier pour un jour au moins; ensuite l'obligation d'avoir, le plus généralement, en réserve dans son habitation une certaine quantité du liquide qu'on ne trouve pas, et qu'on ne trouve pas de sitôt chez tous les épiciers comme de l'huile à quinquet. Enfin, comme le liquide est très volatil, très inflammable, pouvant même s'enflammer à distance par une température élevée à cause de sa facile vaporisation, il présente des dangers d'incendie, surtout avec le peu de prudence et de précautions qu'on est forcé de reconnaître à la grande majorité des domestiques. Nous savons que l'hiver dernier, une lampe de ce système, à la lumière de laquelle travaillait une dame, fut renversée par mégarde et se brisa. Le liquide s'échappant du réservoir s'enflamma, et vint brûler d'une manière horrible la pauvre femme, qui, seule et effrayée, perdit l'esprit et succomba après d'atroces douleurs. Le danger d'incendie est l'objection la plus sérieuse que nous ayons à faire contre l'emploi des liquides gazéifiables pour l'éclairage.

Nous devons à ce propos mentionner un bidon très

ingénieux imaginé par M. Robert: l'anse est creusée, ses deux extrémités ouvrent, la première, tout près le goulot du vase, l'autre vers le milieu de la capacité, de sorte que l'air entre dans le bidon, qu'on vide, par l'anse, et non par le col lui-même comme dans les vases ordinaires; on évite donc le *glou-glou*, et par conséquent les projections du liquide toujours odorant. Pour diminuer les chances d'incendie, les orifices sont garnis de toiles métalliques, de sorte que le feu ne peut arriver au liquide du bidon.

Nous supposons dans tout ceci un liquide bien composé, bien rectifié quant à l'huile essentielle, car il faut avouer que jusqu'à présent les marchands de gazogène, en général, n'ont pas toujours fourni aux consommateurs un liquide normal, tant en richesse éclairante qu'en pureté. Ainsi le méthylène (esprit de bois) n'est pas toujours privé d'éther, qui s'acidifie facilement et peut attaquer le métal de la lampe. Plusieurs personnes prétendent que certaines variétés de gazogène donnent à la combustion beaucoup d'oxyde de carbone, substance très délétère.

Reste la question économique. Le pouvoir éclairant des lampes gazogènes dépend des proportions du bec et de la quantité de liquide consommée. Aujourd'hui, dans l'état actuel des droits sur l'alcool, un litre de gazogène coûte dans Paris 4 fr. 50 c., et à ce prix, une lampe de sept jets donnant une lumière égale à celle d'une bonne Carcel, dépense environ, par heure, 8 c. de liquide (à peu près 60 grammes), ce qui est bien plus cher que l'éclairage à l'huile.

Voyons si ce prix est susceptible de grandes modifications. En moyenne, l'hectolitre d'alcool rectifié au degré voulu pour la dissolution de l'huile essentielle, vaut 70 fr. (ce prix est de 90 fr. au moment où nous écrivons, à cause de deux mauvaises récoltes de vins); mais à ce prix il faut ajouter, en se plaçant au point de vue de Paris, 80 fr. par hectolitre pour droits d'entrée et de consommation, ce qui porte en définitive à 150 fr. le prix de l'hectolitre d'alcool dans la capitale. L'hectolitre d'huile essentielle, titrant 25 degrés environ, quelle que soit son origine, peut valoir aujourd'hui 75 fr. dans le commerce. Or, comme on doit compter qu'on emploie pour la composition du liquide gazofacteur 2 volumes d'alcool et 1 d'huile essentielle, le mélange revient donc à 125 fr. l'hectolitre; soit au prix actuel, 25 fr. de bénéfice pour le fabricant dudit liquide, ce qui n'est que raisonnable.

Les fabricants d'alcools, ainsi que les producteurs vinicoles, ont demandé l'exemption des droits de consommation et d'octroi pour l'alcool destiné à cet éclairage, sauf à le dénaturer et le rendre impropre à la boisson. Les Chambres ont fait droit en principe à cette réclamation, en laissant au gouvernement le soin de fixer, par un règlement d'administration publique, les conditions et les bases de la dénaturation de l'alcool destiné aux arts et à l'industrie. Il fallait donc trouver des dénaturants: la Société d'encouragement a appelé sur ce point l'attention des chimistes. Le plus simple des moyens de dénaturation indiqués par le rapport lu par M. Payen à cette Société (séance du 7 décembre 1841, *Bulletin de janvier 1844*), est le mélange à l'alcool de 5 p. 400 d'huile essentielle de goudron de houille. La question a été soumise au comité consultatif des arts et manufactures, qui n'a pas considéré ce procédé comme suffisant pour empêcher la révivification de l'alcool propre à la boisson; car le gouvernement propose aujourd'hui à la Chambre de réduire de 25 fr. par hectolitre les droits sur l'alcool, les frais nécessaires à la révivification s'élevant, d'après lui, à 30 fr. D'un autre côté, M. Robert annonce qu'il a découvert un moyen très simple et peu coûteux de dénaturer complètement l'alcool, moyen qu'il mettra dans le domaine public, en se réservant la fabrication du corps déna-

turant. Ne connaissant pas le procédé de M. Robert, nous ne sommes pas là dans les conditions nécessaires pour discuter les prétentions contradictoires du gouvernement et des partisans du dégrèvement radical.

Seulement nous pouvons dire qu'avec les moyens fixés par le gouvernement pour la dénaturation de l'alcool, le liquide renferme trop d'huile essentielle de houille pour servir à la plupart des préparations pour les arts. A la vérité, ce liquide est propre à l'éclairage, mais, au point de vue de cet emploi, la réduction n'est pas assez forte pour lui venir efficacement en aide, pour lutter contre la concurrence de l'huile.

Dans cette question, on ne peut se le dissimuler, il y a des intérêts importants et complexes engagés. En effet, l'éclairage au gazogène et liquides équivalents ne peut espérer de vulgarisation, précisément à cause de la nouveauté et des inconvénients qu'il présente, par son odeur et sa grande inflammabilité, que s'il offre sur l'éclairage à l'huile une notable économie. Sa vulgarisation apporterait à la fabrication de l'alcool une très grande extension, qui non seulement serait favorable aux départements viticoles, mais qui ferait aussi augmenter en quantité l'emploi des autres matières premières de l'alcool autres que le vin, telles la betterave et la pomme de terre, en réduisant peut-être la culture des grains grasses. D'un autre côté, on objecte que les suifs et les huiles indigènes ne suffisent pas à la consommation, et que l'importation annuelle de ces produits est très importante; donc qu'on ne nuirait point au sol national, en permettant aux alcoolats de se substituer à ces matières premières d'éclairage qui nous arrivent de l'étranger. Voilà pour l'agriculture. Maintenant il y a les intérêts du trésor à ménager; il faut nécessairement que, sous prétexte d'éclairage, on ne puisse frauder les droits d'une partie de l'alcool destiné aux boissons. Enfin, il y a l'égalité à maintenir, au point de vue de l'octroi, entre les diverses substances servant à l'éclairage.

Ainsi, pour ne nous occuper que de Paris, les droits d'entrée sont, décime compris :

de 22 fr.	par hectolitre d'huile	
44	d°	d'essence térébenthine
0,33	d°	de houille
3,30	par 400 kil.	de suif
8,25	d°	de bougie stéarique.

Si on supprime ou si on abaisse les droits sur une de ces matières, il faut nécessairement, au point de vue de l'équité, agir de même pour les autres.

Il y a donc ici des questions qui sont plus économiques que technologiques, et dont la discussion s'éloigne un peu de notre cadre. Il suffit de les avoir indiquées; mais nous pouvons dire que, à notre avis, les parties intéressées dans l'extension de l'éclairage par les alcoolats auront bien de la peine à arriver à leurs fins; car on obtient très difficilement un dégrèvement, même pour des circonstances et des besoins particuliers.

Aujourd'hui il est incontestable que l'alcoolat, ou gazogène est grevé, pour Paris, d'un droit de 50 centimes au moins par litre; et, à ce prix, la concurrence avec l'huile n'est pas possible, même avec la réduction de 25 francs par hectolitre d'alcool. L'éclairage en question reste donc, jusqu'à nouvel ordre, un éclairage de luxe.

Des chimistes ont eu l'idée de substituer pour cet éclairage, surtout pour tourner la question des droits, l'éther, et spécialement l'éther sulfurique à l'alcool, et nous devons citer MM. Bodson et Laugier, qui ont pris un brevet à cet effet. Il paraît que l'éther serait, en évitant les droits, à plus bas prix que l'alcool; mais jusqu'à présent le fisc a eu la prétention de faire payer le mélange d'éther et d'huile essentielle comme celui d'alcool.

Très probablement d'autres inventions, d'autres perfectionnements que ceux dont nous avons parlé ont été faits ou apportés, soit dans les lampes à gazogène, soit dans la préparation des liquides; mais nous pensons qu'ils ne sont pas encore arrivés à l'état d'application bien connus, et nous avons dû nous en tenir à ceux qui avaient pour eux la sanction de la pratique.

Nous n'avons point établi de parallèle entre l'éclairage par les alcoolats et l'éclairage au gaz, étant persuadés que ce n'est pas avec le gaz que le nouveau système peut avoir la prétention de lutter, mais seulement avec l'huile.

Avant de terminer, nous dirons que le système d'éclairage au gazogène doit avoir probablement bientôt une concurrence dans le système des hydro-carbures liquides, ou huiles essentielles pures, dont nous allons parler maintenant.

Nous avons dit au commencement de l'article qu'un des moyens proposés pour empêcher les huiles essentielles de fumer en brûlant, était de faire arriver sur la flamme qu'elles produisent une quantité d'air suffisante, pour que l'excédant de carbone ne puisse pas se déposer en éclaboussant à la combustion et former du noir de fumée, mais brûler dans la flamme, en se combinant avec l'oxygène de l'air affluant en quantité suffisante. Au lieu de faire arriver sur la flamme une quantité d'air suffisante, on peut très bien aussi mêler la vapeur de l'essence avec de l'air et enflammer ensuite le mélange.

Nous devons d'abord faire remarquer que ce second moyen est en principe économique bien plus rationnel que le premier, qui, en définitive, consiste à mêler à l'essence une substance peu chargée de carbone, augmentant ainsi la dépense (4) en diminuant l'intensité de la lumière; nous verrons plus loin si la même supériorité existe dans la pratique.

Faire brûler seules et sans fumées les essence de houille, de schiste ou de térébenthine, c'était un problème très important à résoudre. Il y avait de grandes difficultés à surmonter, comme de grands résultats à obtenir. Aussi, bien des hommes s'y sont rebûtés; car, dans le grand nombre qui s'en sont occupés, nous ne pourrions en citer que quelques-uns qui soient parvenus à des résultats importants, et cela par une persévérance qui a dû être bien soutenue.

Sans faire ici l'historique complet de la question, ce qui nous serait d'ailleurs difficile, nous devons parler cependant des résultats plus ou moins complets qui ont été obtenus jusqu'à présent, mais auparavant faisons remarquer qu'il y a plusieurs espèces d'huiles essentielles provenant de la même matière première; qu'en distillant soit de la houille, soit du goudron de houille, soit des schistes, ce sont les huiles les plus volatiles, les plus légères, les plus fluides, qui s'échappent les premières; leur fluidité et leur légèreté diminuent au fur et à mesure de la distillation, et les derniers produits volatilisables sont presque visqueux et susceptibles de se figer sous forme de matière grasse par le refroidissement, et très riches en naphthaline et en paraffine. Sans nous étendre davantage pour l'instant sur ce sujet, disons que pour nous une huile essentielle de houille ou de schiste, sera celle d'une densité de 0,84 environ, marquant 26 degrés à l'aréomètre. Les produits subséquents de la distillation sont moins volatilisables, et on a quelquefois donné le nom d'huile morte à un des derniers produits de la distillation du goudron de houille.

Il est évident que la solution du problème de la combustion sans fumée des huiles essentielles seules, réside surtout dans une disposition de lampe convenable; par-

(4) Aujourd'hui l'alcool, même mauvais goût, est et sera longtemps encore, pour ne pas dire toujours, plus cher que les essences de houille, de schiste et de térébenthine.

lons donc des principaux appareils préparés *ad hoc*. Du reste, quelques-uns des inventeurs qui se sont occupés de cette question, ont eu la prétention de brûler non seulement des huiles plus ou moins essentielles, mais de l'*huile morte*.

En 1834, M. Beale, de Londres (4), est parvenu à faire une lampe dans le bec de laquelle, formant coupe, arrive en niveau constant l'*huile morte* dont nous avons parlé tout à l'heure. Au moyen d'un peu d'alcool on met le feu à la superficie de cette huile, et une cheminée en cône renversé appelle sur la flamme un courant d'air, passant par un petit tuyau à travers le liquide de la coupe, qui fait sur cette flamme un tourbillon; de sorte qu'avec ce mélange d'air elle brûle assez bien; mais ce n'était là qu'un point de départ.

Bientôt après, M. Busson-Dumaurier s'associa à M. Beale, et ces messieurs découvrirent le moyen de faire vaporiser les huiles essentielles, ou autres, dans l'intérieur d'un bec brûleur, et de mélanger à la vapeur produite une certaine quantité d'air avant la combustion.

La lampe se composait, pour son application la plus ordinaire, d'un réservoir renversé, par le moyen duquel le liquide vient alimenter, à niveau constant, un bec sans mèche, fermé à sa partie supérieure par un disque percé; des ouvertures devant donner passage au mélange de vapeur et d'air, qui enflammé à la sortie fournit la lumière et en même temps la chaleur nécessaire pour la vaporisation de l'huile.

Le bec est divisé en deux parties, dont l'une glisse sur l'autre, de manière à s'allonger ou se raccourcir au besoin. Dans ce bec où le liquide se vaporise, se fait aussi le mélange d'air avec la vapeur, travail d'une haute importance pour la combustion complète de vapeurs si chargées de carbone, et dont la densité étant quatre ou cinq fois celle de l'air atmosphérique, rend le mélange intime très difficile.

MM. Beale et Busson-Dumaurier faisaient arriver l'air, dans le bec, sous une pression constante, d'environ 3 cent. d'eau, au moyen d'un soufflet, ventilateur ou gazomètre, placé au dehors de l'établissement. Cet air était amené dans le bec par un petit tube qui traversait l'essence, et dont l'orifice, au lieu de regarder la partie supérieure du bec, était dirigé vers la surface du liquide, de sorte que l'air, refoulé vers cette surface, se mélangeait forcément avec la vapeur produite et l'entraînait, mêlée avec lui dans la proportion convenable; un robinet ordinaire réglait l'introduction de cet air.

Comme MM. Beale et Busson-Dumaurier voulaient pouvoir brûler avec le même bec toutes les huiles obtenues par la distillation du goudron, comme ces différentes huiles se vaporisent à des degrés très différents, il fallait par conséquent prévoir ces diverses circonstances dans la construction du bec. C'est pour cela qu'une partie rentrait sur l'autre, de manière à pouvoir rapprocher ou éloigner à la volonté la flamme du niveau du liquide, pour faciliter ou retarder la vaporisation.

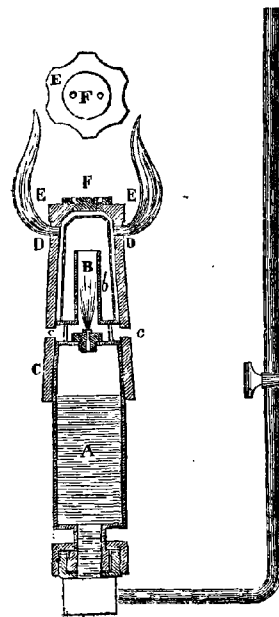
La disposition de cet appareil, sur lequel nous ne nous étendrons pas davantage, puisqu'il a été remplacé par un autre plus avantageux, est, nous devons nous hâter de le dire, très ingénieuse et prouve l'habileté des inventeurs; la flamme obtenue était brillante, mais pas exempte de fuliginosité; de plus, l'emploi d'un soufflet, ventilateur ou gazomètre amenant de l'air dans chaque bec, était très coûteux et très incommode.

Il n'est pas étonnant que les premiers essais aient été faits en Angleterre; l'éclairage au gaz ayant pris tant d'extension dans ce pays, les usines fabriquant ce fluide éclairant produisent tant de goudron qu'il doit y être à très bas prix, et on a dû naturellement essayer de l'utiliser, lui ou les huiles provenant de sa distillation.

M. Busson-Dumaurier, se contentant trop facilement des résultats obtenus, passa en France et vint à Paris dans l'espoir de faire prendre ce système d'éclairage non seulement pour les rues, cours, etc., mais bientôt aussi dans l'intérieur des habitations. Il fit des expériences publiques, si nous ne nous trompons pas, rue Laffitte. Un soir, bon nombre de personnes, parmi lesquelles plusieurs dames aux toilettes élégantes, s'étaient rendues chez M. Busson pour être témoins de ses expériences, et l'encourager de leur approbation bienveillante, s'il y avait lieu. Les essais commencèrent à la satisfaction générale: la lumière était intense et assez belle, et cela depuis une grande demi-heure environ, quand tout à coup une des aimables spectatrices aperçut sur sa robe, elle était blanche, un petit point noir qu'elle voulut secouer avec la main; mais par l'effet du frottement le point se transforma en une raie noire aussi, puis elle remarqua à sa grande surprise (nous parlons de la dame), que ce point noir avait un certain nombre de frères jumeaux engendrant aussi des raies noires. Cette remarque appela l'attention des dames voisines sur leurs vêtements et, vérification faite d'un résultat identique, elles se sauvèrent toutes sous l'impression d'une véritable terreur panique.

M. Busson put se convaincre que son appareil n'avait pas atteint la perfection désirable pour l'emploi; aussi pour arriver à ce but il s'associa à M. Rouen, un des fabricants lampistes les plus distingués de la capitale. Ces deux messieurs se rendirent d'abord acquéreurs d'un brevet pris pour le même objet par M. Lebreton, qui s'était occupé aussi avec quelque succès de l'éclairage aux hydrocarbures liquides, et travaillèrent avec persévérance à l'amélioration et la simplification des becs brûleurs. Après bien des essais, bien des tâtonnements, voici le bec auquel ils se sont arrêtés, jusqu'à présent du moins, en n'employant d'ailleurs que les huiles les plus essentielles obtenues dans la distillation de la houille, schistes bitumineux ou goudron, et marquant au moins 25° à l'aréomètre.

La fig. 749 nous représente le bec. A est la partie



749.

inférieure, communiquant par le bas avec un tube qui amène le liquide d'un réservoir à niveau mort. Un robinet placé sur ce tuyau intercepte à volonté la communication entre le réservoir et le bec qui étant placé au-dessus de lui, donne au liquide qui y arrive une certaine pression. Sur la partie A s'adapte la tête du bec, et ces deux parties sont séparées par une cloison portant un ajustage B à petit orifice. Les parois C, C de la tête du bec, sont en cuivre rouge assez épais, très bon conducteur du calorique; un peu

au-dessus de la cloison, les parois sont percées suivant une circonférence de plusieurs ouvertures *c, c*, donnant accès à l'air atmosphérique, ouvertures qu'on pourrait, au moyen d'un anneau extérieur au cylindre, diminuer de section à volonté. La figure montre de petites tiges reliant la tête du bec avec la partie inférieure; au-dessus de l'ajustage *B* se trouve un tuyau ou cheminée *b*. La partie de la tête environnant ce tuyau *b*, forme une espèce de chambre ou réservoir, dont les parois sont tapissées d'une toile métallique (représentée par le pointillage). *D, D*, sont des orifices percés à la circonférence de la tête en nombre variable et d'un diamètre de 2 à 3 millimètres. A la partie extrême, dans la pièce de dessus *E E*, se trouve vissée un tampon *F*, pour pouvoir au besoin nettoyer l'intérieur dudit bec. La tête du bec peut être munie d'une galerie à claire-voie pour y poser un verre ou cheminée, avec un étranglement qui force l'air d'arriver sur la flamme et rend la combustion plus complète.

Voilà la description du bec, passons à sa manière de fonctionner.

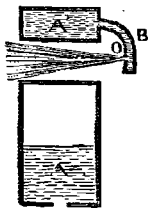
Comme dans les lampes *gazogènes*, il faut commencer par vaporiser le liquide; pour cela ces messieurs chauffent le bec au moyen d'une espèce d'*éolypile* de leur invention, dont nous donnerons la description tout à l'heure. La vapeur se forme en effet dans la partie *A*, s'échappe par l'ajustage *B*, et en vertu de sa tension elle entraîne avec elle de l'air entrant par les ouvertures *c, c*. Ce mélange d'air et de vapeur se dilate d'abord dans le tube, et arrive dans la tête du bec où il éprouve un certain remous favorisant le mélange, que rendent encore plus intime les petits trous des toiles métalliques que l'air et la vapeur sont forcés de traverser pour arriver aux jets *D, D*, à la sortie desquels l'inflammation se produit.

Il est bien entendu qu'alors le robinet est ouvert; la colonne liquide du réservoir exerce sur le liquide contenu en *A* une pression constante, de sorte que la vapeur s'écoule sous l'influence de cette pression nécessaire d'ailleurs au bon fonctionnement du bec. Les parois *C, C*, transmettent à chaque instant au liquide de *A* la chaleur nécessaire à sa vaporisation. Le bec se règle lui-même par sa disposition; ainsi en supposant qu'une trop grande quantité de liquide soit vaporisée, la tension de la vapeur formée augmentant fait remonter le liquide de la partie *A* dans le réservoir et l'éloigne de la source ce qui ralentit la vaporisation.

MM. Busson-Dumaurier et Rouen ont calculé les dimensions du bec, de manière à ce que la quantité d'hydro-carbure vaporisée répondît au besoin de la combustion. La quantité d'air qui se mélange à la vapeur doit être dans la proportion de 3 à 4 pour une combustion convenable.

La toile métallique, outre l'effet que nous avons indiqué, empêche aussi la flamme d'arriver dans le bec et d'agir sur le mélange de vapeurs et d'air qui pourrait être explosif.

Pour chauffer le bec avant l'allumage, ces messieurs emploient, comme nous l'avons dit, une espèce d'*éolypile* qui n'est, à proprement parler, qu'un bec de forte dimension, présentant avec le précédent une grande analogie, mais dont la flamme est horizontale. La fig. 750 représente la coupe sommaire dudit bec, dont la partie inférieure communique avec le réservoir à niveau mort, comme tout à l'heure. Le liquide arrive dans la capacité *A*, dans la partie supérieure



750.

de laquelle se trouve pratiquée une ouverture cylindrique indiquée dans la fig. par l'espace entre *A* et *A'*. De la partie supérieure *A'*, part un petit tuyau *B*, percé d'un orifice

O par où s'échappe la vapeur formée par la chaleur de la flamme, chauffant directement ici la capacité *A* et conséquemment le liquide. La vapeur s'échappant passe dans l'espace cylindrique entraînant avec elle de l'air nécessaire à la combustion complète de l'hydro carbure vaporisé, et le mélange est allumé comme à l'ordinaire. MM. Busson et Rouen avaient songé à employer aussi cette flamme horizontale pour l'éclairage des phares ou des vaisseaux.

Un bec ordinaire de ces messieurs consomme par heure 60 grammes environ d'hydro-carbure liquide. Nous avons vu annoncer, lors des essais de la place du Musée, une consommation de 70 grammes, à la densité que nous avons indiquée, et entrant alors en ébullition à la température de 85 degrés environ.

Passons à l'appréciation de cet éclairage.

D'abord, les appareils sont très ingénieux, c'est une chose incontestable et on ne saurait trop louer la persévérance et l'habileté des inventeurs. La flamme de ces becs est plus blanche et plus brillante que celle des becs à huile, mais dans ceux que nous avons vu lors de l'essai fait par les inventeurs sur la place du Musée et au Carrousel, nous devons dire que la lumière était inférieure pour la blancheur et l'éclat à celle du gaz. Notre conviction bien formée sur l'application de ce système à l'éclairage des rues, cours, etc., enfin pour l'éclairage extérieur, est qu'il pourra faire à l'huile une concurrence redoutable, et pourra même, en étant importé dans des localités peu importantes et trop pauvres pour songer à l'établissement d'un gazomètre pour l'éclairage public, y remplacer l'éclairage au gaz. Mais nous ne pouvons dissimuler que ces becs donnent encore de la fuliginosité, ce qui présente déjà un inconvénient pour l'extérieur, mais qui, dans les appartements, magasins, etc., serait un obstacle insurmontable. Nous n'avons pas vu brûler des becs Busson et Rouen dans l'intérieur, nous ne pouvons arguer que sur les essais dont nous avons été témoins comme tous les habitants de Paris qui ont pu s'intéresser à cette application des hydro-carbures liquides. Du reste, nous devons ajouter que cet éclairage n'a encore été employé qu'aux gares, ateliers, souterrains, embarcadères, stations de quelques chemins de fer, comme les gares de Saint-Cloud, de Colombe et Montretout. La fig. 751 représente une lanterne avec un bec Busson et Rouen. *C* est le chapiteau, le réservoir liquide est en *R*, et le liquide est amené au bec *B* par le tuyau *t*. Le réservoir ne doit pas être placé sur le chapiteau, mais en être séparé pour que la chaleur de la flamme ne vienne pas agir sur le liquide.



751.

Les inconvénients sont 1° plus ou moins de fuliginosité; 2° les préliminaires nécessaires pour l'allumage qui sont bien moins longs pour l'allumage des lanternes à gaz. L'allumage des nouveaux becs exige deux minutes, y compris le temps que met l'allumeur pour aller d'un bec à l'autre. A ces inconvénients il faudrait ajouter, pour l'éclairage à l'intérieur, l'odeur du liquide, non pas quand il brûle, mais quand on en répend par mégarde dans les appartements, odeur bien plus sensible que celle du gazogène; ensuite nécessité d'avoir chez soi du liquide très inflammable. Nous avons déjà insisté sur ces inconvénients, sauf celui de la fumée pour les alcoolats. Nous n'avons plus à y revenir. Quant aux inconvénients des alcoolats et des hydro-carbures pour l'odeur et la fumée nous devons ajouter que le gaz les partage aussi quand il est mal épuré, ce qui arrive très souvent. Les explosions dont la capitale paraît avoir le triste privilège doivent être si-

ghalées comme un des inconvénients du gaz à côté de l'inflammabilité des essences.

Reste la question économique. Il est incontestable qu'aujourd'hui cet éclairage est déjà moins cher que l'éclairage à l'huile, car les huiles essentielles de schiste fabriquées par M. Selligie se vendent, prises à Autun, 40 fr. les 100 kilogr. et les huiles essentielles de goudron valent environ 75 fr. à Paris. Au prix des huiles des schistes, il faut ajouter le transport, ensuite le bénéfice de l'acheteur, puis celui des sous-traitants ou débitants dans les lieux de consommation. Ainsi, même en prenant le chiffre de 75 fr., il y a une économie notable sur l'huile.

M. Rouen prétend pouvoir obtenir des hydro-carbures liquides, à bien plus bas prix, en distillant la houille à basse température, sur le carreau même des mines ou du moins à une très petite distance, et réduire le prix de revient de ces liquides éclairants à 20 fr. pour 100 kilogr. Mais ses expériences n'ont pas encore été sanctionnées par une pratique assez longue pour qu'il y ait fait accompli; du reste, pour certifier ce résultat d'après lui, il faudrait avoir suivi l'opération et avoir pu tenir compte des frais et des produits. Nous ne sommes donc pas en mesure de nous prononcer sur ce chiffre réduit, nous réservant de traiter d'ailleurs cette question en parlant de la préparation des huiles essentielles destinées à l'éclairage, le sujet étant assez important pour en faire un article spécial.

Ce que nous disions à propos des lampes Robert peut s'appliquer aux becs Busson et Rouen. Il y a certainement d'autres appareils qui conduisent au même résultat plus ou moins complètement. Nous ne pouvons ni les connaître ni les mentionner tous, mais nous en citerons encore quelques-uns.

M. Ménage a pris il y a un an un brevet d'invention pour une lampe propre à brûler les huiles essentielles de schistes de goudron, de térébenthine, etc. Cette lampe dont il a cédé depuis lors la propriété à M. Breuzin, lampiste, rue du Bac à Paris, n'a pas pour but de vaporiser le liquide; elle comporte une mèche tressée qui plonge dans un réservoir d'assez grand diamètre (pour une lampe bien entendu). Cette lampe présente quelque analogie avec la lampe solaire tant par l'aspect que par un des trois principes qui en font la nouveauté.

L'air ne vient alimenter la combustion qu'après avoir traversé une galerie en métal percée de très petits trous (soit une toile métallique), placée au-dessous de la flamme qui chauffe ainsi l'air par sa chaleur rayonnante.

Un peu au-dessus de la flamme et dans l'intérieur du verre se trouve un disque de métal qui rougit nécessairement et qui a pour but et pour effet de faire brûler le carbone qui aurait échappé à la combustion dans la flamme elle-même.

Enfin le verre présente un étranglement qui force l'air à affluer sur l'extrémité de la flamme, de manière à rendre en ce point la combustion très vive.

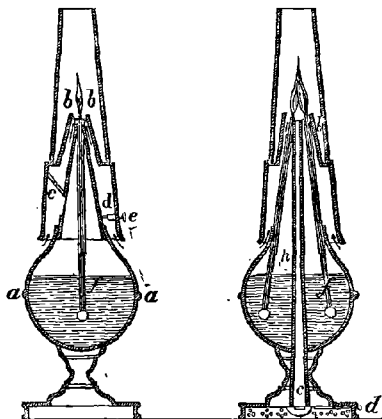
Cette dernière disposition n'est certes pas neuve en principe, mais elle peut être mieux entendue que dans les autres becs.

On a trouvé que la combustion était très satisfaisante avec de l'essence de térébenthine convenablement rectifiée; cette condition est indispensable. Alors la flamme est bien blanche, peu élevée et donne beaucoup de lumière; mais elle n'apporte pas d'économie sur l'éclairage à l'huile, au contraire. Les huiles de schistes ont aussi été essayées; mais jusqu'à présent il paraît, d'après M. Ménage, qu'on n'a pas encore pu les épurer assez bien pour obtenir une bonne combustion. Du reste, quand on veut brûler les hydro-carbures liquides dans des lampes à mèche, on trouve que cette mèche se crasse très promptement, lorsque l'huile essentielle n'est pas épurée aussi complètement que possible. C'est un inconvé-

nient qu'a rencontré aussi M. Kurtz, chimiste, habitant Londres maintenant, et qui a proposé pour l'objet dont nous nous occupons une disposition de lampe assez simple, et que nous décrirons succinctement.

La fig. 752 est une section verticale d'une lampe à mèche plate; *aa*, réservoir contenant le liquide; *bb*, pièce conique en métal ou en verre, dont la partie supérieure enveloppe le brûleur au-dessus de la mèche, afin que l'air passant dans l'intervalle ménagé entre cette pièce et le corps de la lampe arrive au milieu de la flamme, ce qui augmente son intensité. *c*, soupape fixée dans l'intérieur du cône et qu'on manœuvre du dehors. En ouvrant ou fermant cette soupape et une autre *d*, à l'opposé de la première, et à laquelle est attachée une tige tarandée *e*, le courant d'air nécessaire à la combustion se trouve convenablement réglé, et la flamme s'allonge sans que la lampe fume sensiblement. Les flèches indiquent la direction de ce courant. *f* est le porte-mèche qui se distingue des porte-mèches ordinaires en ce que le bord extérieur est plus élevé que le bord intérieur, de sorte qu'en garnissant la lampe, on coupe la mèche au niveau du bord extérieur, ce qui permet de la tenir parfaitement droite.

La fig. 753 diffère de la fig. 752 en ce qu'elle est à



752.

753.

deux mèches plates, et que la soupape *c* qui règle le courant d'air intérieur est placée dans le socle de la lampe, au fond du tube *h*, où elle est gouvernée par la tige *d*. Il y a donc un double courant: l'un intérieur, et l'autre extérieur pénétrant par le cône *b*.

Nous avons toujours parlé jusqu'ici de l'alimentation de la combustion dans les lampes à hydro-carbures liquides avec de l'air; on a aussi songé à employer de l'oxygène pur, agissant nécessairement comme agent plus actif. Cette idée n'a pas été mise à exécution pour l'éclairage par les lampes; mais M. Gaudin l'a pratiquée dans les essais très intéressants qu'il a faits en 1838, 1839 et 1840, pour obtenir de grands foyers d'éclairage et dont nous allons dire quelques mots.

Nous ne nous arrêterons pas à l'idée que ce savant avait émise sérieusement de pouvoir éclairer toute une ville, ou du moins un quartier, au moyen d'une seule source de lumière (1), d'une puissance reconnue suffisante. Nous trouvons très fondée et sans réplique l'objection qu'on lui a faite, et qui se présentait tout naturellement. Il faudrait placer ce foyer à une hauteur démesurée pour qu'il pût éclairer toutes les rues, toutes les parties

(1) C'est pour cela qu'on a quelquefois appelé *sidéral* le système d'éclairage de M. Gaudin.

d'une ville d'une manière à peu près uniforme, et pourquoi certains quartiers, ou même certaines portions d'un quartier, auraient-elles à perpétuité, pour ainsi dire, le privilège d'être mieux éclairées que telles autres (1).

M. Gaudin, en partant d'un principe faux, à notre avis, celui de pouvoir éclairer un quartier avec un seul foyer, s'était arrêté à un procédé d'éclairage assez remarquable, celui qu'on peut obtenir en faisant brûler un mélange d'oxygène et d'hydrogène en présence de la chaux ou de la magnésie. Les deux gaz en s'unissant produisent de l'eau, et cette combinaison chimique développe beaucoup de chaleur et de lumière; mais à peine cette eau est-elle formée qu'elle rencontre à son tour une base avec laquelle elle s'unit avec un nouveau dégagement de chaleur et de lumière.

M. Gaudin avait la sage précaution d'isoler les deux gaz (oxygène et hydrogène) dans deux gazomètres particuliers. L'un d'eux était muni d'un tuyau se terminant au bec lui-même; le second communiquait avec un tube enveloppant le premier conduit, sans avoir avec lui la moindre communication. De cette manière, lorsque l'appareil fonctionne, les deux gaz affluent l'un par le tuyau central, l'autre par l'espace annulaire environnant et ne se trouvent en contact qu'au dernier moment.

Mais pour que la combustion soit complète, il faut non seulement opérer le mélange sans danger d'explosion, il faut encore l'opérer intimement. Pour cela M. Gaudin perceait les parois des tuyaux vers leur extrémité de nombreuses ouvertures convergentes (2). On pourrait remplacer la disposition de M. Gaudin par celle qui a été indiquée dans le chalumeau sérhydrique employé pour la soudure autogène du plomb dans le procédé de M. Desbassayns de Richemont. (Voir l'article CHALUMEAU).

Au lieu de se servir d'oxygène et d'hydrogène purs préparés industriellement par des procédés simples et peu coûteux, M. Gaudin avait cherché parmi les substances les plus répandues dans la nature ou le commerce celles dont l'un ou l'autre de ces gaz forme la base principale, et dans lesquelles les corps étrangers qui y sont mélangés ou combinés ne peuvent influer sensiblement sur leurs propriétés. C'est pour cela qu'il avait choisi l'air atmosphérique pour remplacer l'oxygène; et pour remplacer l'hydrogène, l'alcool, l'éther et les essences qui en renferment de fortes proportions. On voit que ces essais ont quelque analogie avec ceux de l'éclairage pratiqué avec les hydro-carbures liquides.

La chaux employée par M. Gaudin était préparée par des procédés de son invention; il la croit constituée en une masse de très petits cristaux, fondant cette opinion sur les innombrables facettes qui brillent à sa surface.

M. Gaudin était parvenu à brûler sans aucune fumée l'essence de térébenthine alimentée d'air, et obtenait une flamme dont la blancheur dépassait de beaucoup celle d'une lampe Carcel; avec l'oxygène pur il obtenait une flamme d'un blanc éblouissant, éclairant cent cinquante fois autant que le gaz de la houille; mais chose bien singulière, il était difficile de l'empêcher de fumer. Cette lueur si vive ne peut que faire un grand mal à la vue.

Le système de M. Gaudin n'a reçu jusqu'à présent aucune application ni pour l'éclairage public des villes

(1) On a repris en sous-œuvre l'idée de M. Gaudin. En bornant les prétentions à l'éclairage d'une grande place, comme celle du Carrousel, au moyen de plusieurs flammes concentriques de gaz surmontées d'un réflecteur, on est arrivé à des résultats assez satisfaisants. C'est au même but que tendaient les essais d'éclairage électrique de la place de la Concorde.

(2) A peu près à la même époque, un chimiste allemand, M. Kappellin, conseillait la même disposition pour obtenir un chalumeau à gaz oxygène et hydrogène inexplosif.

ni pour l'éclairage particulier, car il conseillait de réduire les proportions de ses grands appareils d'éclairage par le mélange de gaz oxygène et hydrogène, pour obtenir de notables avantages. Nous devons cependant signaler l'emploi du système Gaudin à l'éclairage des foyers de microscopes, imitant la nuit les effets du microscope solaire.

Dans certains cas cependant on pourrait tirer un parti avantageux de cet éclairage, car la production de la même quantité de lumière demandant cent fois moins d'oxygène que de gaz d'éclairage, la lumière Gaudin est bien plus portative; ainsi pour l'éclairage des malles-postes, télégraphes, des vaisseaux, on peut espérer quelques succès des recherches intéressantes de M. Gaudin.

Nous savons qu'à la fin de 1842 des expériences ont été faites à Toulon par l'ordre du ministre de la marine sur l'éclairage en mer par le gaz sidéral. Le gaz oxygène préparé d'avance fut apporté à bord dans des récipients en métal où il était comprimé à plusieurs atmosphères; sur chaque récipient était vissée une boîte de la contenance d'un demi-litre renfermant de l'éther, que l'oxygène avait à traverser en se dégageant uniformément au moyen d'un régulateur Boquillon. Un réflecteur en cuivre rouge, plaqué en argent et de forme parabolique était adapté au bec de gaz et pouvant être tourné en tous les sens à l'aide d'une genouillère. Au foyer de ce réflecteur brûlait le mélange d'oxygène et de vapeur d'éther; un morceau de chaux ou magnésie de la grosseur d'un pois et retenu par un fil de platine était fixé au foyer.

Nous ne pouvons citer tous les résultats de cette expérience, mais disons du moins que les feux de deux appareils placés sur le Montebello ne devinrent invisibles pour le bateau à vapeur le Papin, gagnant le large et courant dans la direction du faisceau de lumière, qu'en disparaissant sous l'horizon; la distance des deux bâtiments était de 10 à 11 milles marins.

Les commissaires ont évalué la consommation de gaz oxygène à 70 litres par heure. La compagnie du gaz sidéral annonçait que ces appareils ne dépensaient que 45 centimes d'éther par heure; et que pour produire 4000 litres d'oxygène à 4 atmosphère de pression, il faut, terme moyen, 20 kil. de bon peroxyde de manganèse d'Allemagne au prix de 50 fr. les 400 kil.

Nous pourrions nous étendre encore sur l'application des carbures d'hydrogène liquides à l'éclairage; ce sujet étant nouveau, pour ainsi dire, a excité l'attention et appelé les travaux de beaucoup de chimistes, ingénieurs, industriels; suivant nous, le dernier mot des inventeurs n'a pas encore été dit, aussi nous devons borner ici nos appréciations.

En dehors des systèmes d'éclairage que nous venons de passer en revue, il existe encore une tentative qui est bien éloignée de l'application industrielle; nous pensons cependant devoir la citer. A. MALLET.

ÉCLAIRAGE PAR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

On commence déjà à parler d'éclairage électrique, et les personnes amies du progrès se plaisent à devancer en imagination l'époque où l'électricité se substituant au gaz carboné émanera d'un electro-moteur central et circulera dans des conducteurs ramifiés pour alimenter de distance en distance des foyers de lumière blanche et vive.

Si jamais cette conception se réalise, c'est qu'on aura beaucoup perfectionné ce que l'on possède actuellement; peut-être même faudra-t-il qu'on invente quelque chose de tout nouveau et dont nous n'avons encore aucune idée. Néanmoins, comme la production de la lumière électrique est un fait intéressant en lui-même, et comme son usage commence à se répandre dans les fêtes et dans les théâtres, il est convenable de donner comme annexe à l'article éclairage la descrip-

ECLAIRAGE.

tion des appareils qui servent à la produire et à la diriger.

La première expérience de lumière électrique est due à Davy, qui, ayant fait construire la grande pile de la Société royale de Londres, eut l'idée, au commencement du siècle, d'en armer les pôles de deux cônes de charbon et d'opérer la décharge par leurs extrémités; il vit aussitôt jaillir une lumière d'un éclat supérieur à celui de toute autre lumière artificielle et comparable à celui du soleil. Persuadé que la combustion du charbon n'était pour rien dans la beauté du phénomène, il plaça les charbons dans le vide et il obtint en effet autant de lumière, tout en évitant la consommation du charbon par l'oxygène de l'air. Pour rendre ce charbon plus conducteur, il le calcina à haute température et l'éteignait brusquement dans le mercure.

Pendant bien des années, l'expérience fut répétée solennellement dans les cours publics, en suivant exactement les indications de Davy. Elle était nécessairement de courte durée, les piles dont on usait alors ne fournissant pas un courant persistant, et puis les charbons incandescents dégageaient d'abondantes fumées qui en peu d'instant obscurcissaient la paroi de globe destinée à les contenir dans le vide. On en serait sans doute encore au même point si la pile de Grove, modifiée par Bunsen, ne fût venue mettre aux mains des physiciens un courant fort et durable.

La pile de Bunsen parut en 1843, et de ce moment, un physicien, M. Léon Foucault, conçut la pensée de tirer parti de la lumière électrique et de l'appliquer au microscope solaire et généralement à toutes les expériences d'optique qui nécessitaient l'emploi de la lumière solaire.

Au mois d'avril 1844, M. Foucault présenta à l'Académie des sciences, en commun avec le docteur Donné, un appareil appelé microscope photo-électrique dont les résultats firent alors quelque sensation. La lumière était blanche, vive et d'un éclat assez soutenu pour permettre d'observer commodément les objets microscopiques. L'amélioration de la source lumineuse était due principalement à la nature et à la forme des charbons dont les pôles de la pile étaient armés. Aux cônes de charbon de bois éteints dans le mercure, M. Foucault avait substitué des baguettes prismatiques carrées de deux ou trois millimètres de côté, taillées par le lapidaire dans la masse du graphite dur et peu combustible qui se dépose à la longue sur les parois des cornues où l'on distille la houille pour en obtenir le gaz d'éclairage. En raison de sa conductibilité, de sa densité et de sa lente combustibilité, cette variété de carbone, communément appelée *charbon de gaz*, est jusqu'à présent supérieure à toute autre pour le dégagement de la lumière électrique. Quand il est taillé en longues baguettes suffisamment minces et d'une égale section dans toute leur longueur, le charbon de gaz permet d'opérer assez longtemps à l'air libre, et la lumière qui éclate aux extrémités continue de rayonner sans obstacle dans toutes les directions. Telles sont les conditions qui ont donné à la lumière électrique l'aspect qu'on connaît aujourd'hui.

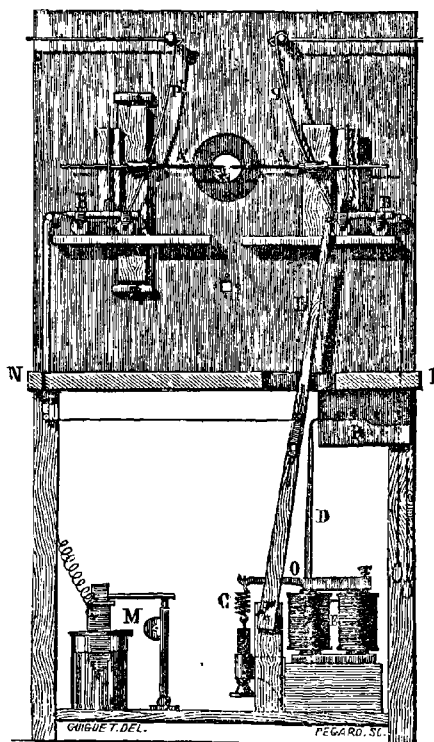
En opérant au contact de l'air on acceptait l'inconvénient de l'usure progressive et inégale des charbons; aussi l'appareil était-il pourvu de quelques organes nécessaires pour opérer le rapprochement à la main. C'était là une fonction assujettissante et délicate à remplir; il était important d'en affranchir l'opérateur et de rendre l'appareil capable de se suffire à lui-même. Quelques personnes ont cru d'abord que ce soin pourrait être confié à un mécanisme indépendant chargé d'opérer ce rapprochement avec une vitesse uniforme et réglée d'avance sur la valeur probable de l'usure à réparer; mais bientôt on s'est aperçu que ce rapport était in-

ECLAIRAGE.

saissable à l'avance et que toujours ce mécanisme auxiliaire marchait trop lentement ou trop vite. Ce qu'il fallait, c'était un organe impressionnable au changement de distance survenu entre les charbons positifs et capable d'agir à propos pour contenir ses variations entre deux étroites limites. Après deux années d'un travail assidu, M. Foucault a donné, en janvier 1849, l'appareil suivant qui résout le problème d'une manière satisfaisante. Cet appareil étant particulièrement destiné aux expériences d'optique satisfait en outre à la condition de conserver immobile dans l'espace le point radieux que l'on veut utiliser, en sorte que non-seulement les charbons se maintiennent spontanément à la distance la plus propre à exciter une vive lumière, mais qu'en outre ils s'avancent d'eux-mêmes avec des vitesses qui font respectivement équilibre à l'usure inégale de chacun d'eux.

L'appareil, considéré dans son ensemble, est partagé en deux étages par le plancher N, N'; l'étage supérieur est habituellement enfermé dans une boîte dont une paroi est enlevée pour laisser en évidence les organes qu'il faut décrire. L'étage inférieur est à jour comme on le voit dans la figure.

Les deux charbons A et A', taillés en baguettes, sont montés horizontalement sur le prolongement l'un de l'autre et portés sur deux chariots B et B' (fig. 4), qui



4.

roulent dans des coulisses destinées à les empêcher de dévier. L'un d'eux, le chariot B, est affecté au pôle positif et l'autre B' au pôle négatif; ils sont assujettis par construction et au moyen du levier L à se mouvoir ensemble, mais avec des vitesses différentes. Leur genre de solidarité donne la plus grande vitesse au chariot B porteur du charbon positif dont la combus-

ÉCLAIRAGE.

tion est la plus rapide. En marchant l'un vers l'autre, ils cèdent à l'impulsion de deux ressorts conducteurs P et P', mais ils sont retenus par un système de fils qui les relie à un mouvement d'horlogerie R dont la roue d'échappement, buttant sur un arrêt, oblige le tout à rester au repos. Quand l'arrêt est supprimé, le rouage défile et les chariots cheminent avec leurs vitesses respectives. Toute la difficulté se trouve donc ramenée à ceci : supprimer ou rétablir l'arrêt quand la distance interpolaire est trop grande ou convenable. Or cette fonction délicate, qui demande très peu de force, a été confiée à l'électricité elle-même.

Le courant qui illumine l'appareil passe à travers les spires d'un électro-aimant E dont l'énergie varie avec l'intensité du courant; cet électro-aimant attire un contact reposant sur son arête O et sollicité d'autre part à s'en éloigner par un ressort antagoniste C. Sur ce fer doux est montée la détente D qui enraye le rouage ou le laisse défilier à propos, et le sens du mouvement de la détente est tel qu'elle est en prise avec le rouage quand le courant se renforce et qu'elle le délivre quand le courant s'affaiblit. Or, comme précisément le courant se renforce ou s'affaiblit quand la distance interpolaire diminue ou augmente, on comprend que les charbons doivent se rapprocher au moment même où leur distance vient à s'accroître, et que ce rapprochement ne peut aller jusqu'au contact, parce que l'aimantation croissante qui en résulte leur oppose bientôt un obstacle insurmontable, lequel se lève de lui-même aussitôt que la distance interpolaire s'est accrue de nouveau.

Le rapprochement des charbons est donc intermittent; mais quand l'appareil est bien réglé, les périodes de repos et d'avancement se succèdent assez rapidement pour qu'elles équivalent à un mouvement de progression continu.

On voit de plus figuré en M un modérateur du courant formé de deux lames de platine disposées parallèlement à la distance d'un centimètre et plongeant plus ou moins et à volonté dans un liquide conducteur, soit une dissolution de sulfate de potasse.

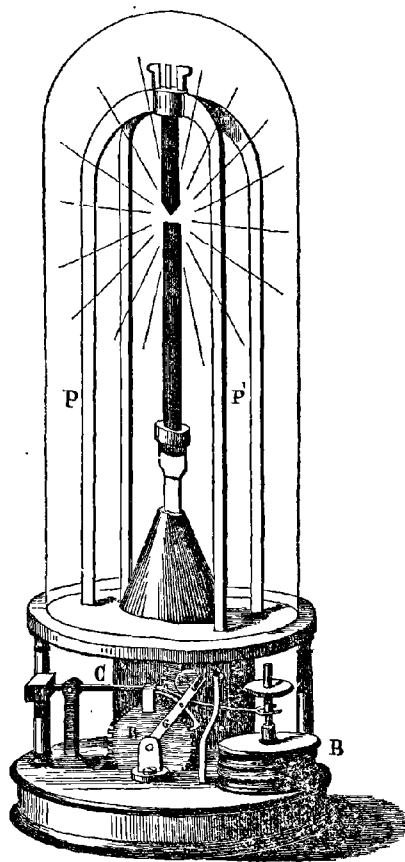
Tel est l'appareil qui, malgré sa forme embarrassante, ait répondu le premier aux exigences d'un service public. Le concours de précautions prises pour assurer la fixité du point lumineux témoigne des préoccupations d'un physicien qui ne s'inquiétait pas encore de satisfaire aux besoins de l'industrie. Néanmoins cet appareil tel quel fut adopté au grand Opéra-National et employé à produire des effets de scène qui n'ont jamais manqué et ont été goûtés du public.

Cependant à la même époque on annonçait en Angleterre, au nom de M. Staité, un appareil plus abrégé dans sa forme et breveté dans différents pays. Dans l'appareil Staité (fig. 2) les deux charbons sont placés verticalement l'un au-dessus de l'autre. Le charbon négatif est fixe et attaché au sommet de l'arcade formé par le concours des quatre piliers métalliques P P' P". Le charbon positif est porté et mu par un mécanisme qui agit de la manière suivante.

Ce mécanisme se compose d'un rouage à ressort qui court continuellement et qui fait tourner d'un mouvement continu l'excentrique F. Celui-ci communique un mouvement oscillatoire au levier G, mobile autour du même centre que la roue dentée R. Or ce levier agit sur la roue dans un sens ou dans l'autre ou n'agit pas du tout, suivant la position de l'ancre ou qu'il porte en A. Ce qui maintenant détermine la position de l'ancre, c'est un levier à fourchette C qui va s'appuyer sur un barreau de fer doux mobile au centre d'une bobine magnétique B traversée par le courant. Que l'on remarque enfin que la roue dentée engrène par un pigeon avec le support du charbon inférieur, et l'on saura tout ce qui est nécessaire pour comprendre le jeu de l'appareil.

ÉCLAIRAGE.

En effet, il ne peut survenir que trois cas différents : ou la distance des charbons est convenable ou elle est trop grande ou trop petite. Si elle est convenable, le barreau de fer doux, le levier à fourchette et l'ancre oc-



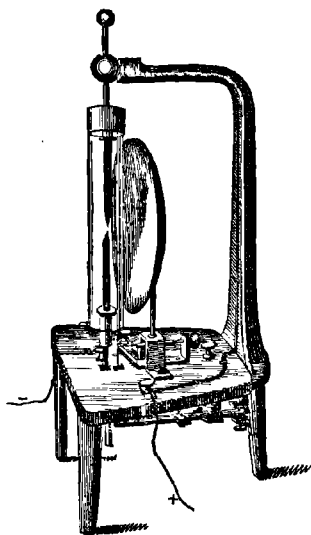
2.

cupent une position moyenne qui fait que le rouage marche à vide sans agir sur la roue dentée dans un sens ni dans l'autre. Mais quand la distance augmente, le magnétisme de la bobine qui faiblit laisse retomber le fer doux, et par suite l'ancre s'inclinant agit comme un encliquetage pour faire tourner la roue dans le sens propre à opérer le rapprochement. Si au contraire les charbons eussent été trop près l'un de l'autre, l'ascension exagérée du fer doux aurait déterminé la manœuvre inverse.

L'appareil Staité opère donc également bien selon les cas la fixation, le rapprochement et l'éloignement des charbons, mais il n'est pas sensible et agit trop lentement. Son usage ne s'est pas répandu en France, où chaque constructeur a préféré établir son appareil sur un modèle particulier. Ainsi M. Deleuil (fig. 3) a supprimé toute espèce de rouage, il a laissé immobile le charbon supérieur; le charbon inférieur seul est repoussé de temps en temps par le jeu d'un électro-aimant placé sous la tablette de l'appareil. Considérant que ce rapprochement ne s'opère que par très petits mouvements, M. Deleuil a taillé en crémaillère et à dents très fines la tige qui supporte le charbon in-

ÉCLAIRAGE.

bile, et il a mis le côté ainsi taillé en relation avec le contact de l'électro-aimant par l'intermédiaire d'une lame de ressort, de façon à ce que le mouvement oscillatoire du contact oblige le charbon à monter pas à pas.



3

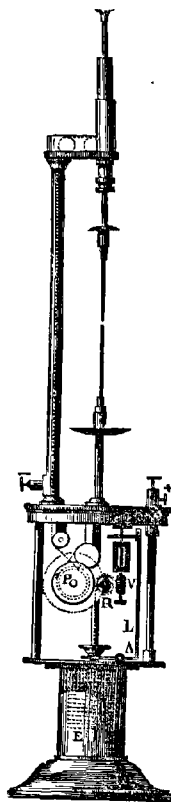
Or il est à remarquer que c'est précisément au moment où la distance interpolaire s'agrandit que les variations rapides du courant déterminent le mouvement oscillatoire dont M. Deleuil a tiré parti pour opérer le rapprochement des charbons incandescents. Cet appareil est très simple, mais il ne procure pas l'immobilité du point lumineux; il est moins sensible que ceux qui sont pourvus d'un rouage et il exige pour marcher convenablement un courant plus intense.

M. Duboscq, successeur de M. Soleil, qui avait à satisfaire aux exigences des expériences d'optique, a conservé le rouage de l'appareil primitif, ainsi que la mobilité des deux charbons, répartie proportionnellement à leur usure respective; il a adopté la direction verticale des charbons comme la moins embarrassante, et il a placé dans le pied de l'appareil tout le mécanisme dont on aperçoit dans la figure les organes principaux.

Le rouage (fig. 4) qui règle l'avancement des charbons est composé de trois mobiles P, R, V, dont le dernier porte un volant et une roue dentée à rochet sur laquelle agit en temps convenable la détente électromagnétique. Un levier coudé L articulé en A porte à une extrémité cette détente, et à l'autre une pièce de fer doux placée dans la sphère d'activité de l'électro-aimant E caché dans le pied de l'instrument. Sans revenir sur la démonstration qui a été faite au sujet de l'appareil primitif, on voit qu'il y a là tout ce qu'il faut pour maintenir les charbons à la distance convenable; mais comme il fallait encore régler leurs vitesses respectives, on les a rattachés au rouage moteur par des cordons enroulés à deux poulies montées sur le premier mobile P, l'une à rayon fixe, l'autre à rayon variable à volonté; le fond de la gorge de la poulie à rayon variable est formé par une lame de ressort qui embrasse une demi-douzaine de chevilles, qu'un mécanisme particulier permet d'approcher ou d'éloigner graduellement de l'axe. La fig. 5 représente cet organe décomposé en ses éléments constituants.

ÉCLAIRAGE.

Quel que soit l'appareil qu'on adopte, la seule pile qui puisse encore fournir un courant suffisamment énergique et soutenu est la pile de Bunsen, dont chaque couple se compose d'un élément charbon plongeant dans l'acide nitrique et d'un élément zinc amalgamé immergé dans l'acide sulfurique étendu, les deux liquides étant séparés par une cloison en terre poreuse. Pour que l'on puisse maintenir entre les extrémités polaires la plus petite distance sensible, il faut que la pile soit formée d'au moins quarante à cinquante couples. Et quand on veut en employer un plus grand nombre, il faut les disposer en séries composées du même nombre de couples et les assembler pôle à pôle, de manière à ajouter les surfaces sans augmenter le nombre réel des couples de la pile entière. Par cette association des séries, on augmente proportionnellement l'intensité du courant et la quantité de lumière produite.

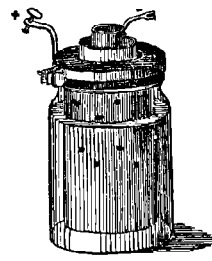
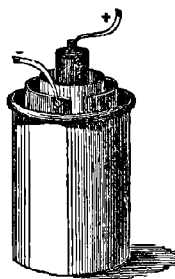


4.



5.

Dans sa forme première, le couple de Bunsen (fig. 6) était composé d'un cylindre creux en charbon de coke agglutiné immergé dans l'acide nitrique contenu dans



6.

un bocal de verre; le centre évidé du cylindre admettait un vase de porcelaine dégourdie et poreuse, qui contenait une dissolution d'acide sulfurique étendue à 45 degrés de l'aréomètre de Beaumé, et où l'on plaçait un cylindre de zinc amalgamé. Pour préserver l'ascension de l'acide nitrique dans la masse poreuse du charbon, on imbibait de cire la partie supérieure destinée à être

embrassée dans un collier métallique; ce collier ainsi que les cylindres de zinc étaient pourvus d'appendices métalliques à vis servant à établir les communications.

M. Deleuil, après avoir livré au commerce un nombre considérable de ces piles, a trouvé qu'il y avait avantage pour la simplicité de la construction et pour la durée du service à intervertir les positions des liquides et des éléments solides. Aujourd'hui il place l'acide sulfurique et le zinc à la circonférence et le charbon en cylindre plein avec l'acide nitrique ou autre. Le rapport des capacités est tel que les deux acides sont épuisés à peu près dans le même temps. La communication se fait aussi d'une manière plus simple en introduisant à force dans une cavité centrale du charbon l'extrémité conique de l'appendice adapté au zinc seulement.

Quel que soit l'appareil dont on se sert, la quantité de lumière versée dépend surtout de l'intensité du courant fourni par la pile, et cette intensité dépend elle-même de la quantité de zinc, d'acides sulfuriques et nitriques consommés dans l'unité de temps. Il est à regretter que l'on n'ait pas tenté de déterminer quel est dans l'état actuel de la science le rapport de la lumière électrique aux dépenses qu'il en coûte pour la produire. Il est vrai que M. Foucault s'est occupé en commun avec un autre physicien, M. Fizeau, d'estimer par les procédés photographiques l'intensité absolue de la lumière électrique et de la rapporter à celle du soleil prise pour unité; mais c'est là un renseignement purement scientifique, et ce n'est que dans l'application à certaines expériences d'optique que l'on trouve un avantage réel à user d'une source de lumière artificielle qui, considérée à l'unité de surface, vaille les $\frac{3}{5}$ de la lumière solaire. Dans les applications à l'éclairage la question devient tout autre, et l'on demande combien les appareils actuellement connus et dépensant tant par heure peuvent remplacer de bougies?

En l'absence de tout document positif fourni par des recherches spéciales, on ne peut que rapprocher quelques renseignements recueillis à des sources diverses.

M. Bunsen, après avoir reconnu la propriété éclairante de sa pile, procéda à quelques mesures de photométrie qui lui donnèrent en moyenne une intensité de 550 bougies pour quarante-huit couples tels que ceux que l'on construisait alors; mais il ne dit pas quelle était la dépense occasionnée par la pile elle-même.

M. Deleuil, qui, de son côté, a dirigé une multitude d'expériences, estime que, dans une soirée de huit à dix heures, une pile de cinquante couples tels que ceux qu'il construit actuellement dépense, tous frais compris, de 45 à 48 francs. Or on peut, sans exagération, considérer la pile de M. Deleuil comme trois fois plus forte que celle dont se servait le chimiste allemand. C'est donc environ une dépense de 2 francs pour alimenter pendant une heure une source lumineuse valant de quinze à dix-huit cents bougies. Encore une fois, cette appréciation est très vague, et il n'en faudrait pas conclure qu'avec dix-huit cents bougies artistement distribuées, on ne fournirait pas une plus grande quantité de lumière utile qu'avec l'appareil qui leur est comparé.

D'ailleurs la lumière électrique possède une qualité qui ne ressort pas nettement dans les appréciations photométriques, et qui pourtant affaiblira toujours aux yeux du public sa valeur éclairante; elle est très blanche, et, par sa blancheur même, dès qu'elle apparaît elle éveille le souvenir du jour; il en résulte que ce n'est plus aux lumières artificielles qu'on la compare, mais au jour lui-même, avec lequel elle ne peut lutter sans désavantage. On ne raisonne pas cette impression, mais on l'éprouve, et le monde l'exprime en disant que

la lumière électrique fait voir, mais qu'elle n'illumine pas.

Si en lui conservant son éclat on la rendait plus jaune, il n'est pas douteux que l'œil ne lui attribuât une puissance éclairante considérablement plus grande. Mais admettant que le public s'habitue à cette pâleur de la lumière électrique, il resterait encore à résoudre bien des difficultés qu'on peut énumérer aujourd'hui sans pour cela désespérer absolument de l'avenir.

1° Quelque soin que l'on prenne à régler les différents appareils imaginés jusqu'à ce jour, la lumière électrique n'est jamais fixe, et ses vacillations continues contribuent à jeter de l'incertitude sur son véritable pouvoir éclairant.

2° Quand un appareil est bien réglé, il ne l'est que relativement à une certaine intensité du courant qui l'alimente; quand la pile vient à faiblir ou à varier dans un sens ou dans l'autre, l'appareil, quel qu'il soit, ne marche plus dans de bonnes conditions, il peut même arriver qu'il s'éteigne. Il faudrait donc que la pile fût rendue plus constante qu'elle ne l'est, ou qu'on trouvât moyen d'interposer une résistance susceptible de contre-balancer d'elle-même les variations de l'électromoteur.

3° Cette même difficulté reparait sous une nouvelle forme quand on veut alimenter plusieurs appareils avec une même pile. Les variations accidentelles qui surviennent dans l'un retentissent sur les autres et en peu d'instants, ils refusent tous le service. Reste donc encore à résoudre le problème de la distribution du courant électrique.

4° Enfin il y a encore, au point de vue industriel, une difficulté capitale que voici: on n'a jusqu'ici obtenu de belle lumière qu'en employant comme pôle le charbon de cornue fourni par les usines à gaz; or, si l'on veut faire concurrence à l'éclairage au gaz, on ne peut pas lui demander assistance.

Telles sont les principales raisons qui restreignent jusqu'à nouvel ordre les applications de la lumière électrique et l'empêchent, malgré sa puissance, de s'établir industriellement et de marcher de pair avec la galvanoplastie et la télégraphie, issues du même principe.

ECLUSE (*angl.* sluice, *all.* schleuse). Nous avons décrit à l'article CANAL les dispositions adoptées dans la construction des écluses, et nous avons cherché à faire comprendre toute l'importance de cette admirable découverte sur laquelle repose la navigation artificielle des canaux. Le seul inconvénient grave de ce système est d'exiger une dépense d'eau considérable, ce qui rend l'établissement des canaux difficile, ou ne leur permet que d'être de peu d'utilité dans nombre de cas. En effet, à première vue, on ne voit pas comment il peut en être autrement, le passage d'un bateau d'un bief inférieur à un bief supérieur exige une dépense d'eau mesurée par la section horizontale du sas multipliée par la différence de niveau des deux biefs, dépense considérable, et qui, sur nombre de canaux, force à diminuer beaucoup le nombre des passages des bateaux, et par suite l'utilité du canal. En réfléchissant toutefois aux actions diverses qui ont lieu quand on ouvre les portes du sas, on voit qu'en réalité il passe du bief supérieur dans le bief inférieur une grande quantité d'eau dont la force motrice n'est pas utilisée, et qui, si elle l'était, pourrait théoriquement servir à remonter cette eau du bief inférieur dans le bief supérieur.

La difficulté d'imaginer une disposition pouvant éviter cette perte paraît avoir été surmontée d'une manière très satisfaisante par l'invention de M. Girard. Le prix Montyon, décerné à l'auteur, et plus encore les conclusions du savant rapporteur, M. Poncelet (voir *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 17 fé-

ECLUSE.

vrier 1845), qui a fait ressortir tout ce que cette invention, jusque-là dédaignée, avait de remarquable et d'utile, sont des faits dont on ne saurait trop s'applaudir, et M. Poncelet nous permettra de consigner ici l'expression de l'opinion publique, en disant que son zèle pour la science lui a fait faire non-seulement un beau travail, mais encore une bonne action.

Nous extrayons du travail de M. Poncelet la description de cette invention qui réduit toujours la dépense d'eau pour le jeu d'une écluse (quelle que soit la chute) à un volume d'eau de 0^m,40 de hauteur environ, c'est-à-dire presque exclusivement à la dépense de la chute du volume d'eau déplacé par le bateau (ou du poids élevé).

Depuis longtemps on a cherché divers moyens d'atteindre le but que s'est proposé M. Girard; on doit citer comme les plus remarquables les plans inclinés de Reynolds et Fulton (voyez PLANS INCLINÉS), les écluses à chariot de l'ingénieur Mercadier, celles à sas mobile de Solage et Bossut, celles à flotteur et à contre-poids de l'ingénieur Betancourt, et enfin celles à piston et syphon de M. Burdin. Nous mentionnerons encore un système de M. Thilorier, mais, attendu que c'est par l'emploi d'une force auxiliaire, comme celle du vent ou des chevaux, que l'eau dépensée est remontée, on ne doit pas comprendre cette conception au nombre de celles qui ont pour but d'employer le travail de l'eau qui descend, ou en remonter à très peu près le même volume.

Dans les systèmes de Reynolds, Fulton et Mercadier, on opère la remonte d'un bateau en se servant de l'action de la descente d'un autre bateau, et en les plaçant directement sur des chariots pleins d'eau qui roulent sur des plans inclinés.

Dans l'écluse de Solage et Bossut, le sas mobile entre le bief supérieur et le bief inférieur, est supporté verticalement par un caisson plongeant dans l'eau d'un puits, dont le mouvement de descente ou d'ascension est produit par une addition ou une soustraction d'eau dans le sas. Le système de Betancourt consiste à mettre un réservoir en communication avec le sas et à faire monter et croître le niveau de l'eau dans ce dernier, au moyen d'un flotteur qui s'enfonce et se retire du réservoir avec assez de facilité, vu qu'il est équilibré à très peu près dans toutes les positions, au moyen d'un autre poids d'un effet variable.

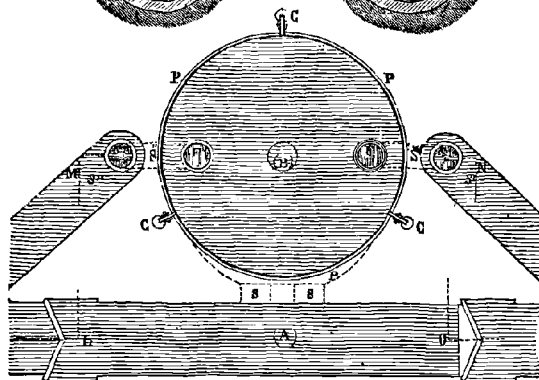
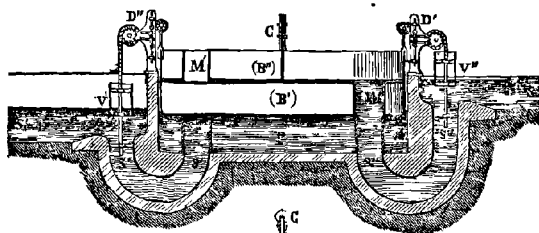
Le système de M. Burdin est aussi basé sur l'usage d'un réservoir latéral en communication avec le sas; ce réservoir est fermé de tous côtés contre l'introduction de l'air par un couvercle et un piston renversé, de sorte que le mouvement du piston agit comme celui d'une pompe aspirante, pour faire entrer dans le réservoir ou en faire sortir tout le volume d'eau que peut contenir le sas, sans que néanmoins le centre de gravité de tout le liquide contenu dans les deux bassins change de niveau, et sans qu'on ait ainsi à dépenser, pour opérer le mouvement, d'autre travail que celui qui est nécessaire pour vaincre les frottements.

Le moyen imaginé par M. Girard diffère assez de tous ceux qu'on vient d'indiquer pour constituer une nouvelle invention; il participe à la fois du système à flotteur de Betancourt et du système à syphon de M. Burdin.

Avant d'expliquer le système de M. Girard, nous donnerons la figure de son appareil sous sa forme la plus complète, car sa première combinaison était loin d'offrir les mêmes chances de succès. Il faut pourtant le dire, la complication du système a encore fait reculer jusqu'à ce jour les praticiens.

ECLUSE.

753 bis (coupe suivant MNLO).



753 ter (plan).

A, sas principal ou intermédiaire, communiquant souterrainement avec le puits où plonge le flotteur; B, caisson ou bassin flottant; B', compartiment inférieur, et B'', compartiment supérieur de même; C, C, appareil à contre-poids guides servant à soulever ou à équilibrer le caisson; D' et D'' appareils à délic servant à la fermeture spontanée des vannes d'entrée des syphons S' et S'' qui communiquent par des fourreaux mobiles avec les compartiments respectifs du flotteur dans ses diverses positions; M', manchon vide servant à écouler l'air du compartiment inférieur du caisson, et à rétablir l'équilibre des pressions du liquide sur les fonds respectifs de ce compartiment et du compartiment supérieur; M'', manchon plein servant à établir la communication entre le compartiment supérieur et la branche verticale du syphon, qui y amène l'eau au travers du puits; P, P, puits dans lequel flotte le caisson, et dont l'eau communique librement avec celle du sas principal A; S, S', syphons renversés qui établissent la communication entre les sas ou biefs d'aval et d'amont avec les compartiments B' et B'' du caisson; S, S', canaux d'amènée du liquide dans ces syphons, correspondants aux biefs d'amont et d'aval; V, V', vannes cylindriques découvertes servant à ouvrir ou à fermer l'entrée à une extrémité supérieure des syphons.

Descrivons d'abord le premier système de M. Girard :

A côté du sas on établit un large puits ou bassin rempli d'eau sur une assez grande profondeur; une caisse prismatique, soutenue par un flotteur vide de moindre dimension, et plongeant dans ce puits ou réservoir, contient elle-même de l'eau jusqu'à un certain niveau et en quantité suffisante pour remplir le sas. Lorsque celui-ci est vide et qu'on veut le remplir, le niveau dans le flotteur est de 0^m,05 environ au-dessus de celui du sas, c'est-à-dire du bief inférieur. De grands syphons, toujours remplis d'eau, pouvant, par l'ouverture de robinets, mettre en communication le liquide qui est contenu dans la caisse flottante et celui du sas, l'écoulement s'opère de la première capacité dans la deuxième; mais dès que cet écoulement commence, le niveau, dans la caisse flottante, tend à s'abaisser; celle-ci, perdant une partie de son poids, se relève d'une certaine quantité, laquelle dépend des rapports établis entre la superficie de l'eau qu'elle contient et celle de l'eau sur laquelle elle flotte dans le puits. Il est facile de calculer ces rapports de telle sorte que le niveau de l'eau dans la caisse se relève de la même quantité que celui du liquide contenu dans le sas.

L'écoulement continue dans les mêmes conditions jusqu'à ce que, par des dispositifs de construction, et par la fermeture des robinets placés dans les syphons pour en arrêter ou en déterminer le jeu, il se trouve forcément suspendu. Ceci arrive quand l'eau, dans le sas, est à environ 0^m,40 au-dessus du niveau du bief supérieur, celui du liquide dans la caisse flottante, étant alors à 0^m,05 seulement au-dessous de ce même niveau. A cet instant, et pour faire passer le bateau du sas dans le bief supérieur, il suffit de tirer de celui-ci, en ouvrant les portes d'amont, une dernière couche d'eau de 0^m,40 d'épaisseur.

Le passage étant ainsi effectué et les portes refermées, il est facile d'exécuter la manœuvre contraire, c'est-à-dire de faire baisser le niveau dans le sas, et d'opérer la descente d'un bateau qui y serait entré en venant du bief supérieur; il suffit d'ouvrir les robinets des syphons. Le niveau de l'eau contenue dans la caisse flottante ou aboutissent ces syphons se trouvant, en effet, de 0^m,05 plus bas que celui du liquide dans le sas, l'écoulement a lieu de cette dernière capacité dans la première, et, à mesure que la caisse flottante reçoit du liquide, elle s'enfoncé et le niveau du sas s'abaisse. D'une autre part, le niveau dans le puits se relevant par cet enfoncement de la caisse, il en résulte, pour le niveau absolu dans celle-ci, une descente qui est la différence de deux effets opposés. Par les rapports déjà établis entre les sections de l'eau dans le sas, dans la caisse et dans le puits, ainsi que la section de flottaison du plongeur, le niveau s'abaissera dans la caisse, de la même quantité que dans le sas, c'est-à-dire en sens inverse de ce qui avait lieu dans la période ascendante. Ainsi l'écoulement continuera dans les mêmes conditions, et le sas achèvera de se vider jusqu'à l'instant où son niveau n'étant plus qu'à 0^m,40 au-dessus de celui du bief inférieur, les robinets des syphons viendront à se fermer par le dispositif même des constructions ou à la volonté de l'éclusier. Le niveau de l'eau dans le flotteur n'est alors qu'à 0^m,05 au-dessus de celui du bief d'aval, et, en faisant écouler dans ce bief les 0^m,40 excédants de hauteur d'eau, qui restaient dans le sas, les choses sont ramenées à l'état primitif, puisque le niveau dans le flotteur se trouve à 0^m,05 au-dessus de celui du sas.

Renonçant depuis à l'idée de se servir de syphons supérieurs, dont le jeu est très difficile à maintenir, et de faire plonger le flotteur dans un puits qui, par son extrême profondeur et son isolement, offre des inconvénients non moindres, M. Girard, après quelques tentatives qu'il est inutile d'exposer ici, fut conduit à remplacer le plongeur par une capacité de même forme et de mêmes dimensions que le bassin supérieur, destinée à recevoir l'eau du bief d'aval, au moyen d'un seul syphon renversé entièrement fixe, et dont la branche verticale correspondante traverse à la fois le radier du puits et le fond du bassin inférieur, muni, à cet effet, de garnitures en cuir.

De tels syphons étant exempts des défauts inhérents à ceux qui s'élèvent au-dessus des niveaux entre lesquels ils établissent la communication, l'auteur en a appliqué également le dispositif au bassin supérieur, à cela près, que la branche verticale correspondante du syphon y amène l'eau du bief d'amont, par l'intermédiaire d'un fourreau ou manchon cylindrique enveloppe, servant à relier les deux fonds du flotteur, que cette branche traverse librement en glissant contre des garnitures en cuir dont il est muni à son extrémité la plus basse; ces garnitures ont d'ailleurs, comme les précédentes, pour objet de s'opposer à l'introduction de l'eau, du puits ou du sas, dans les compartiments où elle est soumise à une moindre pression.

Tout l'appareil flottant se trouve ainsi réduit à un caisson prismatique divisé, par un diaphragme au fond

intermédiaire, en deux compartiments distincts, communiquant avec l'air extérieur, soit directement, soit par le moyen d'un tube qui traverse le plus élevé d'entre eux. M. Girard exécute les parois et le double fond de ce caisson en tôle de 3^m d'épaisseur, renforcée par des supports en fonte évidés, qui offrent un système suffisamment solide, vu que les pressions, exercées de part et d'autre du fond le plus bas, se font à très peu près équilibre. Un flotteur placé à la surface de l'eau du compartiment inférieur, indique, à tous les instants, la hauteur relative de cette eau ou son épaisseur. Enfin, les syphons, réduits au nombre de deux, sont, comme dans le système primitif de l'auteur, munis de clapets destinés à établir ou à interrompre la communication entre les compartiments et les biefs respectifs, lors de leur manœuvre, et à l'aide d'un appareil à déclit et à leviers que le flotteur fait agir à la fin de chacune des oscillations.

Maintenant, si l'on suppose que, les niveaux des biefs étant invariables, on donne à chacun des compartiments prismatiques du caisson une hauteur égale à la distance de ces niveaux, qui constitue la chute à franchir, et une section horizontale équivalente à celle du sas et de l'espace demeuré libre dans le puits, on aura toutes les données nécessaires pour saisir la manœuvre de cette nouvelle disposition d'écluse.

Considérons, en effet, le système à l'instant où, les portes d'amont étant fermées et celles d'aval ouvertes pour introduire un bateau dans le sas, le caisson vide flotte librement à la surface de l'eau du puits dont le niveau est le même que celui du sas; il est clair qu'en vertu de son poids, il plongera au-dessous de cette surface, d'une certaine hauteur supposée toujours de 0^m,05 par M. Girard, ce que l'on peut obtenir au moyen de contre-poids convenables servant en même temps à le diriger dans son mouvement vertical. Par suite, les fonds se trouveront respectivement abaissés, de cette même quantité, au-dessous des niveaux correspondants des biefs d'aval et d'amont, ce qui permettra à l'eau de ces biefs de s'introduire simultanément dans les compartiments, lorsque, après avoir fermé les portes d'aval on viendra à ouvrir les clapets des syphons. Supposant d'ailleurs les diamètres de ces syphons calculés de manière à écouler des quantités d'eau égales, sous une même charge motrice et dans le même temps; faisant, en outre, abstraction de l'épaisseur des parois du caisson, etc., et supposant que l'on ait rendu les sections, intérieure et extérieure, égales à celles du sas et de l'espace libre du jeu dans le puits, on verra en considérant les choses statiquement, ce qui est permis vu l'extrême lenteur du mouvement, que, si les compartiments reçoivent en effet deux tranches d'eau d'épaisseur égale h , le caisson s'enfoncera au-dessous du niveau extérieur mobile, d'une hauteur $2h$; et, comme ce niveau n'a pu se relever que d'une hauteur précisément égale à celle dont le caisson s'est abaissé en refoulant par sa base l'eau du puits dans le sas avec lequel il communique, il en résulte que cette élévation et cet abaissement absolus se réduisent simplement à h , c'est-à-dire à la hauteur même dont les niveaux se sont relevés dans les compartiments respectifs. Ces niveaux conserveront donc la même position absolue à toutes les époques de l'abaissement du caisson, si leurs distances, au niveau des biefs respectifs demeurés invariables; se trouvaient primitivement égales, ainsi qu'on le suppose.

Dans le cas contraire, on voit, *a priori*, que les dénivellations, dues aux charges motrices dont il s'agit, tendront à s'égaliser rapidement, en vertu même des conditions qui servent de base à l'établissement du système, car la charge initiale la plus forte donnant lieu, aux premiers instants, à une plus grande épaisseur de tranche d'eau dans le compartiment qui lui correspond, le caisson, et par conséquent le niveau dans l'autre compar-

tement, s'abaisseront de quantités absolues, supérieures à celles dont ce dernier niveau tend à s'élever d'une manière relative, c'est-à-dire en raison de l'accroissement d'épaisseur de la tranche d'eau produite sous la plus faible des charges motrices. Cette dernière charge s'accroissant ainsi de plus en plus, tandis que l'autre va, au contraire, en diminuant, il faut bien qu'elles convergent vers l'égalité et que le mouvement du système finisse, au bout d'un temps assez court, pour devenir permanent ou uniforme.

Cela étant admis, on conçoit que la manœuvre du caisson, soit dans la descente, soit dans la montée, s'effectuera d'après les mêmes conditions que pour le premier système de M. Girard, conditions que nous avons déjà indiquées, et sur lesquelles il devient dès lors inutile d'insister. Il nous suffira de faire observer que le flotteur recevant ici, simultanément, un double volume d'eau de la part des biefs respectifs, il doit en résulter une plus grande rapidité dans la manœuvre, une moindre amplitude de mouvement, une plus faible profondeur de puits, et enfin une hauteur considérablement moindre pour tout l'appareil flotteur.

M. Poncelet fait remarquer qu'il serait convenable d'ajuster les branches verticales les plus courtes des syphons, avec le fond des compartiments, au moyen de fourreaux fixes ou mobiles, évases vers le haut et munis de cuirs emboutés, pour éviter l'introduction extérieure de l'eau. Cette disposition, qui n'exige nullement le polissage ou l'alésage des tubes, comme le prouvent les pompes de M. Letestu, offre d'ailleurs l'avantage de diminuer la hauteur des branches fixes des syphons, et de donner à l'ensemble des fourreaux mobiles, la liberté de jeu que peuvent réclamer les faibles oscillations transversales du flotteur.

Quant aux clapets destinés à ouvrir ou fermer à l'eau le passage au travers des syphons, M. Poncelet conseille l'emploi de vannes cylindriques verticales en tôle mince, analogues aux soupapes des machines à vapeur du Cornouailles, qui sont très faciles à manœuvrer et offrent de suite une large voie à l'eau.

ECONOMIE DES MANUFACTURES. M. Babbage a résumé sous ce titre un ensemble de principes, auxquels l'observation indique que se sont assujettis les manufacturiers qui ont le mieux résolu le problème de la production industrielle, de fabriquer le mieux possible, au plus bas prix possible. Nous allons résumer, d'après son bel ouvrage, les principaux résultats auxquels il est arrivé, en cherchant à traiter la question d'une manière moins abstraite qu'il ne l'a fait, c'est-à-dire en nous préoccupant un peu plus que lui du succès du fabricant même. En général, il est vrai, ce succès est obtenu par le bon marché et la perfection de la fabrication, en y joignant pourtant quelques autres conditions; il est clair en tous cas que comme le fabricant ne travaille pas uniquement pour créer, mais bien pour que le résultat de ses travaux, loin de lui être onéreux, lui soit utile et profitable, sa production doit bientôt cesser si elle ne satisfait pas aux dernières conditions dont nous voulons parler, et si par suite le prix de vente devenait inférieur au prix de revient des établissements établis dans de meilleures conditions.

4° DU LIEU D'ÉTABLISSEMENT. Le lieu naturel de l'emplacement d'une manufacture destinée à préparer un produit, paraît être celui où se concentre la matière première. Il n'en saurait guère être autrement quand celle-ci est lourde et encombrante; c'est ainsi qu'on trouve toujours les usines métallurgiques près des minerais, les fabriques de produits chimiques près des minerais, le sulfate de fer, etc., près des lieux d'extraction.

Quand la matière première n'est pas d'un poids très considérable, relativement à la valeur qu'elle doit prendre par le travail, l'emplacement le plus convenable est déterminé par le bon marché d'un des élé-

ments de la fabrication, la force ou le combustible.

C'est ainsi que nos filatures d'Alsace se sont concentrées dans les Vosges pour utiliser les nombreux cours d'eau qui s'y rencontrent; mais l'abondance du combustible est une base souvent préférable aujourd'hui, puisque par la machine à vapeur la force se trouve aussi à bas prix sur les mêmes lieux, en même temps que les moyens de chauffage nécessaires dans presque toutes les industries. C'est là la position des grands centres manufacturiers de l'Angleterre, celle que nous rencontrons en France à Saint-Étienne, et qui tend à se créer dans plusieurs autres localités.

Comme exemple curieux de l'influence du bas prix du combustible sur le lieu d'une exploitation, combiné avec quelques conditions spéciales, nous citerons, d'après Babbage, l'exemple suivant : le comté de Cornouailles renferme des filons de cuivre et d'étain, mais n'offre aucune couche de houille. Le minerai de cuivre, qui exige pour sa réduction des quantités considérables de combustible, est porté par mer jusqu'aux exploitations de houille du pays de Galles et fondu à Swansea. Les bâtiments qui le transportent prennent en retour des chargements de charbon pour les machines qui épuisent les mines, et pour les fourneaux à fondre l'étain qui sont sur le lieu même de l'extraction, le traitement de ce métal exigeant moins de chaleur que celui du cuivre.

Une troisième condition fixe souvent le lieu d'emplacement des fabriques, c'est le voisinage des débouchés. Cette condition est supérieure à toutes les autres pour les industries qui sont pour ainsi dire la suite des beaux-arts, et dans lesquelles le goût est la principale condition du succès. Telles sont, à Paris, l'industrie des bronzes et l'orfèvrerie, qui ne sauraient avoir aucun succès dans des fabriques placées au loin, qui deviendraient bientôt étrangères aux changements perpétuels de la mode.

Nous poserons enfin comme condition essentielle dans la création d'établissements nouveaux, de se rapprocher des centres de fabrication déjà établis pour des produits analogues à ceux qu'on veut fabriquer. Ces centres formant le grand marché d'un produit manufacturé, peuplés d'ouvriers qui de génération en génération ont acquis une habileté spéciale, offrent des chances de succès qu'on ne saurait rencontrer ailleurs.

2° DIVISION DU TRAVAIL. Le principe de la division du travail est un des plus féconds en résultats parmi ceux auxquels est assujéti le travail manufacturier. Observé par Adam Smith, il a été exalté par ce savant économiste qui a démontré tous les admirables résultats qu'on avait su en tirer.

La division du travail doit être considérée sous deux faces, en tant que moyen d'une création rapide et économique des produits manufacturés, 1° au point de vue du travailleur isolé, 2° au point de vue de l'emploi du travailleur même.

4° Les avantages de la division du travail pour accroître la production du travailleur sont nombreux. Les principaux consistent dans : 1° l'extrême habileté que l'ouvrier acquiert à répéter un même détail peu compliqué; 2° l'économie du temps qu'il perdrait s'il lui fallait changer fréquemment d'occupation, et reprendre successivement des outils opérant suivant des modes différents; 3° l'extrême simplicité de chaque détail d'opérations, dont l'ensemble paraît extrêmement compliqué, d'où résulte, outre l'habileté qu'acquiert l'ouvrier, la découverte d'outils et de méthodes pour simplifier un travail qui absorbe toute son attention.

2° Au point de vue de l'emploi du travailleur même, la division du travail entre plusieurs personnes permet de n'employer pour chaque opération que la dose d'intelligence et de force (et par suite de dépenses) stricte-

ment nécessaire au travail à produire. Il est évident que si une partie d'un travail exige un ouvrier capable de gagner 6 fr. par jour, le prix de revient devra résulter du prix de cette journée, si tout le travail devait être fait par cet ouvrier. Mais si la partie la plus simple peut être faite par une femme ou un enfant gagnant 2 fr. par jour le prix du produit en baissera d'autant. C'est sur cette division du travail qu'est basée l'organisation des fabriques.

Il faut remarquer que la simplicité des opérations (surtout quand les machines viennent aider certaines transformations) permet de rendre l'apprentissage facile et peu coûteux, vu le peu de temps qu'il est nécessaire de réclamer à l'ouvrier pour l'intervalle pendant lequel il travaillera d'une manière improductive et la quantité peu importante de matière qu'il gâtera pendant son apprentissage.

Il résulte de ce qui précède que :

Quand d'après la nature spéciale des produits de chaque espèce de manufactures, l'expérience a fait reconnaître à la fois, et le nombre le plus avantageux d'opérations partielles dans lequel doit se diviser la fabrication, et le nombre des ouvriers qui doivent y être employés, tous les établissements qui n'adopteront pas pour l'ensemble de leurs ouvriers un multiple exact de ce nombre fabriqueront chèrement.

La division du travail donne ainsi un minimum de l'importance des établissements, minimum qui s'élève sous l'influence des machines, qui sont des ouvriers d'un ordre supérieur assujettis aux mêmes principes de la division du travail, mais qui par la rapidité de leur production donnent ce résultat, que certains travaux ne peuvent plus se faire avec avantage que dans d'immenses établissements. Ce n'est que dans ceux-ci, que l'on peut établir une division de travail convenable entre les plus puissantes machines qui concourent à la production.

Remarquons encore qu'une bonne division du travail ne peut être obtenue que par une bonne disposition des ateliers, qui évite des transports inutiles, et facilite l'action de surveillance nécessaire pour obtenir le meilleur concours de toutes les intelligences et de tous les efforts.

Notons enfin, quant aux opérations qui exigent l'habileté manuelle de l'ouvrier, que l'avantage que nous avons reconnu à la division du travail, de ne faire faire par des mains habiles que les parties difficiles du travail, est surtout à l'avantage des petits ateliers et des associations d'ouvriers. Mieux que ne peuvent le faire de grands fabricants, un chef-ouvrier de Lyon peut, par exemple, utiliser les ouvriers les moins capables, dont il disposera le travail, en fera les parties difficiles, et le guidera par une surveillance de chaque instant. C'est dans les petits ateliers analogues à ceux de la fabrique lyonnaise que se trouve la limite du bon marché pour la production des articles qui ne sauraient entrer dans le domaine du travail purement mécanique. Dans ce cas, la concentration en grands ateliers n'offre pas, comme le prouve l'expérience, de résultats avantageux, à moins toutefois qu'elle ne soit que la juxtaposition de petits ateliers conduits par des ouvriers habiles, intéressés directement à la production qu'ils dirigent.

3^e EMPLOI DES MACHINES. La condition de l'emploi des machines est aujourd'hui dans les industries mécaniques la condition essentielle de la production économique. Tant qu'il ne s'agit que de produire quelques exemplaires conformes à un modèle déterminé, l'adresse manuelle suffit avec l'aide de quelques outils simples à faire ces objets. Mais quand il s'agit de fabriquer, quand la vente d'un produit peut avoir lieu par un grand nombre d'objets de même nature, alors l'intervention des machines qui ne peuvent, en général, que répéter une seule et même opération, vient se prêter admi-

nablement à réduire le prix du travail. Babbage en cite un exemple, qui a son analogue dans toutes les industries, et que nous citerons, car il indique fort bien l'avantage de l'emploi des machines dans des circonstances données. « Maudslay déclare dans une enquête faite devant le comité de la chambre des communes que lorsque le bureau de l'amirauté lui proposa de faire des caisses en fer pour les navires, il entreprit de faire une de ces caisses pour essai. Les trous des rivets furent percés avec des presses mues à bras d'hommes, et les 4680 trous d'une seule caisse revinrent à 7 schellings. Alors le bureau de l'amirauté qui avait besoin d'une forte quantité de ces caisses, lui proposa de fournir 40 caisses par semaine, pendant plusieurs mois. La commande était assez considérable pour qu'on pût commencer à fabriquer. Aussi Maudslay offrit-il de fournir 80 caisses par semaine si on voulait lui en demander 2000. La commande lui ayant été donnée, Maudslay fit alors des outils qui réduisirent de 7 schellings à 9 pences (de 8 fr. 75 à 90 c. environ) la dépense du perçage des trous des rivets des caisses. »

Le dernier progrès de l'emploi des machines est la fabrication AUTOMATIQUE. Quand une industrie est arrivée à ce point, il faut nécessairement que la lutte ait lieu entre établissements tous montés dans le même système; les autres ne pouvant subsister, si partie seulement de leur travail a lieu par machines; si même les machines employées sont moins parfaites et donnent des résultats moins avantageux.

Le travail incessant des inventeurs tend à amener le plus grand nombre des industries à cet état définitif, par l'appât du profit qui résulte de l'introduction de machines faisant mécaniquement et par suite à bon marché une nouvelle partie de la fabrication; machines qui en général donnent à leur origine des produits inférieurs, mais que des perfectionnements permettent bientôt d'obtenir parfaits et toujours semblables.

4^e CONTINUITÉ DU TRAVAIL. De même que dans les industries mécaniques, la limite du perfectionnement possible paraît résider dans la manufacture automatique, dans les industries chimiques la perfection est atteinte par la continuité des appareils. La production obtenue dans ce cas presque sans travail et en quantités considérables, sans que la main de l'homme intervienne pour ainsi dire, est extrêmement économique. La production de l'acide sulfurique dans les chambres de plomb continues est un exemple remarquable de ce genre d'appareils, l'immense consommation de cet agent énergétique et son influence sur l'industrie moderne fait bien concevoir tous les résultats importants de sa production économique.

Nous comprenons aussi sous le titre de continuité du travail, une condition fort essentielle de succès, que les fabricants anglais excellent à réaliser, c'est celle qui consiste à conduire toujours la fabrication du même pas, quelque soit la variation de la demande, et d'obtenir le maximum de la production possible avec un même matériel.

La manufacture (surtout la manufacture automatique) étant un être parfaitement organisé pour produire le plus avantageusement possible une certaine quantité de produits manufacturés, il est clair qu'on ne saurait altérer profondément sa marche régulière sans produire plus chèrement. Une production trop faible, devant supporter tous les frais généraux de la production régulière, deviendra onéreuse; une production forcée donnera des produits moins parfaits. Les pertes seront souvent bien moindres (à moins qu'il ne s'agisse de crises capitales, ou que la manufacture soit établie sur des proportions exagérées relativement à la vente moyenne de l'établissement) à fabriquer dans les temps de baisse dans la vente pour combler l'excédant qui correspond à des temps de hausse.

Les pertes d'intérêts résultant de cette marche seront souvent bien moindres que celles qui résulteraient de variations trop notables dans la production ; souvent même le sacrifice qu'il faudra faire sur des marchandises fabriquées d'avance, pour en trouver le placement, sera une source de bénéfices dans l'avenir en ouvrant des nouveaux débouchés. La crise provenant de l'excès de fabrication atteindra peu le fabricant agissant ainsi, et il récupérera ses pertes dans des temps plus prospères.

Il est clair que le principe que nous établissons ici n'a de valeur qu'autant que la position financière d'une manufacture de produits indépendants des variations du goût, lui permet de suivre une semblable marche en engageant seulement des capitaux disponibles, et qu'elle serait impraticable s'il lui fallait se procurer, en payant de gros intérêts, les capitaux nécessaires.

5° DE L'EMPLOI DES RÉSIDUS. Il n'est pour ainsi dire pas de fabrication qui ne donne sous forme de déchets une quantité considérable de produits, qui n'étant plus propres à la fabrication dont on s'occupe paraissent de peu de valeur. Presque toujours cependant on peut les utiliser, et c'est un des cachets les plus saillants de l'industrie moderne, non seulement de ne laisser rien perdre, mais encore de traiter de nouveau avec avantage des résidus d'anciennes fabrications, comme cela a lieu à Freiberg, en Saxe, pour d'anciennes soories, etc.

On conçoit facilement la diminution de prix de revient qui résulte pour l'objet fabriqué de l'utilisation de résidus autrefois perdus. Les grands établissements sont dans une meilleure position que les petits à cet égard, à cause de la masse importante de résidus qu'ils obtiennent, et qui valent les frais d'appareils particuliers. Cette perte est aussi généralement évitée dans les centres industriels, où les produits d'un grand nombre de fabriques peuvent s'accumuler. Comme exemple de ce genre, nous citerons l'application à l'éclairage de la ville de Reims, faite par M. Houzeau, d'après les indications de M. D'Arceet, des eaux savonneuses, autrefois perdues, produites en énorme quantité, dans cette ville, par le désuintage des laines.

6° COMPTABILITÉ DE LA MANUFACTURE. La comptabilité d'une manufacture doit être tenue avec le même soin que celui d'une maison de commerce. Des comptes en sommes pour chaque série de dépenses, des comptes de matières pour tout ce qui est l'objet d'une importante consommation, offrent le seul moyen de contrôler à chaque instant les dépenses irrégulières qui peuvent naître, et d'apporter un prompt remède aux causes qui les engendrent.

Quant aux dépenses en elles-mêmes, il est clair que le fabricant ne doit faire que celles d'une nécessité absolue. Devant reconnaître les travaux et les services des contre-maîtres et ouvriers capables par un salaire plus élevé, il doit se garder cependant de se laisser aller dans un moment de prospérité, à céder à des prétentions exagérées des personnes qu'il emploie ; car bientôt la production, devenant plus coûteuse que celle de l'établissement voisin, lui serait onéreuse, loin de lui être profitable.

7° COMMERCE. La vente, le commerce que le manufacturier doit faire des produits qu'il crée, forme peut-être la condition la plus essentielle de l'industrie manufacturière, dont elle ne paraît a priori que l'accessoire. Mais on peut affirmer que sur 40 fabricants qui se ruinent, il n'y en a pas deux qui se ruinent pour avoir été mauvais fabricants, contre 8 qui se ruinent pour avoir été mauvais commerçants.

Le commerce du manufacturier est en effet d'une très grande difficulté en général. Ayant affaire à des marchands en gros, souvent fort habiles, qui ont de grands capitaux disponibles, il est à leur merci pour

peu que les besoins d'argent le forcent à vendre ; et en tous cas, le commerçant remplissant ses magasins lors de la baisse des produits profite presque seul de la hausse, et ne laisse au producteur qu'un bénéfice, le plus souvent insignifiant. Sauf quelques cas particuliers, comme celui des fabriques situées dans des positions exceptionnelles, disposant de matières premières, de main-d'œuvre, de combustible, etc., à un prix plus avantageux que toutes les autres, nous croyons que le fabricant ne peut arriver à des résultats avantageux, qu'autant qu'il se passe d'intermédiaires et qu'il fait lui-même le placement de ses produits, soit au consommateur, soit au détaillant. Cette condition, qui ne peut guère être remplie pour de petites fabriques, est celle des grandes manufactures, qui créant dans les lieux de consommation des dépôts garnis d'une grande variété et d'une grande quantité de marchandises, profitent ainsi des chances heureuses du commerce, et font elles-mêmes le bénéfice qu'eût fait un intermédiaire, sans pouvoir jamais être à la merci d'un ou deux commettants.

CH. LABOULAYE.

ÉCRITURES. *Manières de les multiplier.* Le célèbre Franklin a imaginé un moyen de multiplier les écritures ; sa méthode consistait à écrire sur du papier avec de l'encre gommée ; il saupoudrait l'écriture avec du sablon ou de la fonte pulvérisée et tamisée ; il enfermait le papier entre deux planches ; l'une de ces planches, destinée à recevoir l'empreinte des caractères, était de métal mou tel que l'étain ; l'autre était de pierre dure ou de fer ; elles étaient soumises à l'action d'une presse, et l'écriture se trouvait gravée sur la planche métallique ; on imprimait ensuite par les procédés connus dans la taille-douce.

Ces copies ou épreuves sont sur le papier à contre-sens ; pour en avoir dans le sens qu'on désire, on prend autant de feuilles de papier blanc mouillé, que l'on veut tirer de copies ; alors, tandis que l'encre de chaque épreuve est encore fraîche, on place alternativement une feuille de papier blanc sur chaque épreuve tirée, on met le tas ainsi disposé sous la presse, et dans un seul coup on obtient un certain nombre de contre-épreuves. Il est évident que cette méthode, qui n'est qu'une espèce de gravure, ne peut donner des copies ni bien nettes, ni bien régulières.

En 1804, Brunel inventa en Angleterre une machine dite *autographe*, qui donne le moyen de copier deux lettres ou deux dessins à la fois. Cette machine, basée sur le principe du pantographe, est décrite dans les *Annales des arts et manufactures*, tom. 5, pag. 59.

Plus tard, le célèbre Watt imagina un procédé fort ingénieux et très connu aujourd'hui en Europe.

Ce procédé consiste à appliquer une feuille de papier mince et non collé sur une lettre fraîchement écrite avec une encre hygrométrique, et à la soumettre ensuite à l'action d'une presse ; par ce moyen la lettre est copiée avec autant d'exactitude que de célérité.

On peut se servir d'une presse ordinaire à plateau et à vis. *Bramah* a construit de petites presses hydrauliques destinées à cet usage. Mais l'on se sert plus communément d'une petite presse à laminoir, portable, et construite à l'instar des presses employées par les graveurs en taille-douce. Les deux cylindres de cette presse sont en cuivre ou en fer ; leurs tourillons traversent deux jumelles en fonte. Une manivelle est adaptée à un des tourillons du cylindre supérieur qui reçoit l'action motrice.

De petits dessins réticulés sont imprimés avec une molette, sur la surface convexe du cylindre inférieur, qui, de cette manière, présente de petites aspérités pour saisir plus facilement la planche de la presse, sur laquelle sont déposés deux cartons en feuilles de zinc contenant les lettres et les feuilles prêtes à être copiées. Des vis règlent la pression.

Les jumelles sont fixées sur un plateau en bois que l'on pose sur une table à l'aide de deux agrafes à vis.

Pour se servir de cette presse, il faut avoir des feuilles de papier mince fabriqué pour cet usage ; on mouille légèrement une de ces feuilles, on prend la lettre à copier, fraîchement écrite, on la pose sur un carton lissé à la cire ; et, si elle est écrite des deux côtés, on mettra auparavant dessous une feuille de papier non collé humide, puis une autre feuille par dessus ; ensuite le second carton ; enfin, une couverture de drap qui est attachée dans une entaille faite à l'extrémité de la planche qui presse. Alors on passe le tout entre les cylindres, et la copie est faite.

Comme l'épreuve se trouve nécessairement en sens inverse, chaque feuille ne peut servir qu'à la copie d'une seule page. On couche cette épreuve sur une page d'un registre en papier blanc du même format que le papier à copier, et on attache les quatre coins avec un peu de colle à bouche ; le papier étant fort mince, on lit très distinctement les caractères à travers.

Pour que cette opération réussisse avec toute la perfection désirable ; il faut se servir d'une espèce d'encre dont voici la recette : Prenez 4 litres d'eau bien pure, 750 grammes de couperose verte (sulfate de fer) pilés, 250 gram. de gomme arabique, et 425 gram. d'alun de roche également pilés ; faites l'infusion à froid pendant six semaines où un mois au moins, ayant soin de secouer le mélange tous les jours ; après ce temps, on passera l'encre à travers un linge, et on la conservera pour l'usage dans des bouteilles soigneusement fermées.

On peut, par le procédé que nous venons d'indiquer, copier deux ou trois lettres à la fois (4).

Il y a plusieurs années, M. Lanet, de Bordeaux, a pris un brevet non expiré pour un procédé analogue, dit *prompt-copiste*, destiné à multiplier les écritures.

« On écrit, dit M. Payen dans un rapport fait à la Société d'Encouragement, avec une encre mucilagineuse et hygrométrique sur une feuille de papier ordinaire.

« La feuille, fortement pressée sur une toile vernie ou toile cirée épaisse et souple, y laisse les traces onctueuses adhérentes et légèrement humides, alors les composants pulvérisés d'une encre hygrométrique sont promenés sur la toile, s'attachent aux caractères tracés et les rechargent ; puis, par une humectation facile et qui persiste seulement sur les caractères hygrométriques, les matières réagissent sous l'influence de l'eau, forment de l'encre, tandis que le reste de la surface polie de la toile ne retient pas sensiblement d'humidité. On conçoit que les choses ainsi disposées, on puisse, avec cette toile, imprimer sur le papier ordinaire assez absorbant pour retenir fortement et même en caractères assez indélébiles, puisqu'un peu de charbon très divisé entre dans la composition de l'encre ; on comprend encore comment les traces sur la toile n'ayant fourni qu'une partie de leur substance, on puisse la recharger en y promenant de nouveau la poudre hygrométrique, et obtenir ainsi un deuxième tirage.

« Il en est de même de la feuille écrite qui, pouvant déposer sur une deuxième toile cirée des traces faciles à recharger, produit ainsi un deuxième matrice de laquelle on obtient encore deux tirages nets et foncés.

« Une seule circonstance atmosphérique peut gêner ces opérations ; elle a lieu dans les temps très secs et par conséquent en hiver surtout et durant les gelées : c'est qu'alors la trop faible proportion d'humidité dans l'air ne permet pas les réactions fondées précisément sur le jeu des agents hygrométriques. Il convient, lors-

que ce cas arrive, de rendre un peu humide l'air du lieu où l'on opère, soit en y plaçant un vase contenant de l'eau en ébullition, soit en y étendant quelques linges humectés.

« A l'aide d'une disposition très bien entendue, on peut porter directement sur un registre les épreuves de l'empreinte matrice ; il suffit à cet effet de passer une tringle en fer dans l'espace que laissent les reliures brisées entre le dos des feuilles et le dos de l'enveloppe, les deux bouts de la tringle qui dépassent le registre sont alors posés dans deux crochets, et la solidité de ce simple support permet d'engager entre les rouleaux de la presse à copier la page sur laquelle on veut prendre la copie. »

Depuis quelques années, les commis-voyageurs du commerce, les maisons de banque, etc., ont adopté le rouleau à copier inventé par M. Scheibler en 1848 et perfectionné par MM. Delacour et Bovy (4).

Ce petit appareil, du prix de 5 francs, se compose d'un cylindre en bois autour duquel s'enroule une étoffe imperméable préparée au caoutchouc, et d'un manche octogone recouvert en crin pour faciliter la prise.

Pour se servir de cette presse, il faut employer pour écrire, l'encre connue sous le nom d'*encre communicative*. (Voyez ENCRE).

On place une feuille de papier sans colle et légèrement humectée, sur une étoffe imperméable, et par dessus ce papier sans colle, on étend le papier écrit dont on veut prendre la copie ; on enroule le tout autour d'un cylindre, on presse modérément avec les mains, on entre les mâchoires d'une sorte d'étai cylindrique nommé *pressoir*, et la copie est faite.

On peut obtenir de cette manière deux et même trois copies d'un écrit sans altérer l'original.

Lorsqu'on veut reproduire une lettre de 4 pages, on pose sur chacune des pages écrites une feuille de papier sans colle mouillée, et l'on procède comme il vient d'être dit.

Dans les anciens rouleaux-copistes, on faisait usage de cuirs, de draps, de feuilles de papier imperméable, qui, par leur résistance, par l'inégalité de leur épaisseur, nuisaient souvent au succès de l'opération, produisaient quelquefois de doubles empreintes de l'écriture, et exigeaient un effort assez considérable.

L'étoffe souple et imperméable a l'avantage de simplifier l'appareil, de faciliter le transport de l'écriture et d'assurer la réussite de l'opération.

La manière d'humecter le papier sans colle, indiquée par M. Bovy, présente aussi plusieurs avantages.

Autrefois on humectait ce papier en le plaçant entre deux morceaux de calicots mouillés ; il fallait pour que le papier fût convenablement préparé, le laisser ainsi sous presse pendant environ une demi-heure. Ce laps de temps présente des inconvénients, surtout lorsque l'on est pressé ; d'un autre côté, l'on n'est pas toujours sûr d'atteindre le degré d'humectation le plus convenable. Trop sèches, les feuilles de papier sans colle ne prennent point l'encre de l'original ; la copie ne se fait qu'imparfaitement ou seulement en quelques points et par parties détachées. Trop humides, on a beaucoup de peine à séparer les unes des autres les feuilles de papier sans les déchirer ; les caractères sont trop chargés d'encre et la copie se lit difficilement.

M. Bovy recommande de mouiller avec une éponge imbibée d'eau le papier dont on veut se servir, il absorbe l'excédant de l'eau à l'aide de quelques feuilles de papier buvard qu'il place sur le papier sans colle mouillé, il comprime légèrement le tout avec les mains ; le papier sans colle est alors préparé et humecté au point

(4) On trouve dans le Bulletin de la Société d'Encouragement le moyen d'écrire deux lettres à la fois, par Rochette, tome V, p. 90 ; par M. Obriou, tome XXI, p. 490 ; moyen de les copier, par M. Scheibler, tome XVII, p. 29.

(4) Voir le Bulletin de la Société d'Encouragement, années 1812, p. 29, 4840, p. 483, 1842, p. 14, et le tome LIV des *Descriptions des brevets expirés*.

ÉCRITURES.

convenable pour pouvoir être employé immédiatement.

Les copies de lettres sont collées au besoin avec de la gomme arabique, sur des *onglets* en papier, reliés en forme de registre.

Instruments pour écrire à l'usage des aveugles. Sans remonter plus haut que 1775, nous citerons le docteur Franklin qui faisait usage de tablettes d'ivoire, pour écrire sans lumière pendant la nuit. Des feuilles de cette matière étaient disposées sous un cadre à peu près semblable pour la forme à ces règles de bureau qui servent à tracer des lignes parallèles : les espaces vides étaient destinés à recevoir le dessin des caractères. Ce mode d'écriture pouvait nuire, comme on le voit, à la formation régulière de certaines lettres dont la tête et la queue excèdent le corps ; la main pouvait aussi se tromper de ligne.

M. Pingeron a publié, vers 1780, un instrument dont le conducteur des lignes se fixait, dans diverses échancrures pratiquées à droite et à gauche d'un châssis, pour la distance nécessaire à la régularité des lignes.

En 1784, la Bibliothèque physico-économique annonça la description d'une machine à peu près du même genre que celle de M. Pingeron, et imaginée par une dame parisienne privée de la vue. Cette machine était de l'invention de M. *L'hermina*, qui l'avait fait connaître sous le nom de sa femme. La règle directrice était conduite par deux ressorts qui lui étaient adaptés, et dont les talons s'arrêtaient dans des trous ou crans qui présentaient les faces intérieures de deux règles fixes et parallèles, placées à la distance voulue pour la largeur du papier. La manœuvre simultanée qu'exigeait le jeu des deux ressorts de la règle directrice, devait rendre l'usage de cet appareil peu facile.

Vers 1804, le procédé de Valentin Haüy (1) fut assigné dans un ouvrage ayant pour titre : *Mélanges physico-mathématiques* ; il consiste à écrire en relief en appuyant sur un papier fort avec un poinçon en fer (on sait que les aveugles lisent à l'aide du toucher les caractères en relief). Ce poinçon est conduit par une suite de cordonnets de fil de laiton parallèles, et placés à distance égale sur un châssis posé sur le papier. Ce procédé ne peut convenir aux clairvoyants non exercés, qui ne sauraient se rendre compte de l'écriture ainsi tracée.

On trouve dans le même ouvrage deux moyens proposés par M. Bérard, juge à Briançon, et qui était devenu aveugle à l'âge de vingt-trois ans.

Le premier consiste dans l'emploi d'un stylet de fer, avec lequel on obtient une écriture noire, en posant sur le papier à écrire une feuille enduite d'un mélange de sain-doux et de noir d'ivoire, recouverte par une autre, sur la surface de laquelle on trace les lettres. Un des grands inconvénients de cette manière d'écrire, c'est qu'elle exige un apprêt dont la personne privée de la vue ne peut guère s'occuper.

Le second moyen de M. Bérard consiste dans l'emploi d'une planche qui porte, dans le sens de sa longueur, une coulisse dans laquelle se meut une règle conductrice des lignes à écrire, lesquelles sont également espacées à l'aide de crans que l'on reconnaît par le tact. On prend de l'encre à la fin de chaque ligne, avec une plume de métal taillée à l'ordinaire, dans un vase large et plat qui en contient une hauteur constante de 6 à 8 millimètres.

Ces documents sont extraits du Bulletin de la Société d'Encouragement, année 1847, dans lequel on lit aussi la description et les dessins de plusieurs appareils semblables.

Vers 1849, M. A. Barbier a imaginé de composer une écriture à l'usage des aveugles ; il indique sur le papier des points qui représentent la forme des lettres et font des

ÉCROU.

reliefs. Vers 1839, M. Braille, aveugle-né, et répétiteur à l'Institution royale des jeunes aveugles, a modifié ce procédé, qui est seul enseigné aujourd'hui dans cet établissement.

Pour écrire, on a des planches en bois ou en métal, sur lesquelles sont tracées des portées formées chacune de 40 raies concaves et horizontales ; on applique sur chaque portée une espèce de grillage dont les jours ont assez de hauteur pour laisser percevoir les 40 raies, et assez de largeur pour que l'on puisse faire deux points de front dans chaque ligne, et à l'aide d'une simple pointe en fer on fait les lettres en marquant, à cet effet, les points indiqués par la forme des lettres. Mais comme cette écriture doit être lue à l'envers, et que les lettres résultent du relief que fait naître le refoulement du papier piqué, l'aveugle a soin d'écrire les lettres de droite à gauche, et renverser chaque lettre, afin que la première ligne à gauche en lisant soit la première à droite en écrivant. On facilite cette manière d'écrire en appliquant sur le grillage une ou plusieurs traverses fixes, pour mieux faire connaître la position des queues et du corps de la lettre. On obtient du même coup plusieurs copies de ce qu'on écrit, en plaçant l'une sur l'autre autant de feuilles que l'on veut d'exemplaires, et en marquant les points sur le tout.

On peut remplacer la planche rayée par une planche recouverte d'un cuir, d'un molleton, ou de tout autre objet produisant un léger foulage. Le grillage peut être une toile métallique, une plaque percée à l'emporte-pièce, ou une réunion de fils métalliques croisés à angles droits, ou soudés l'un sur l'autre.

En 1843, M. Foucault, aveugle-né, a inventé deux machines fondées sur les principes déjà posés par MM. Barbier et Braille, et comme l'a dit avec raison M. Olivier (Bulletin de la Société d'Encouragement) : « Les aveugles pourront maintenant écrire et corriger eux-mêmes ce qu'ils auront écrit. L'aveugle-né n'a plus besoin de dicter ses pensées ; il pourra se relire, il pourra modifier l'expression de sa pensée, il pourra écrire. »

Ces ingénieuses machines se composent essentiellement de dix poinçons disposés en arc de cercle, dont les têtes sont maniées comme des touches, de manière à venir dessiner les formes des lettres. Les extrémités de ces poinçons viennent piquer un papier placé sur un cylindre, que l'on fait mouvoir horizontalement pour que les lettres se suivent, et avancer pour que les lignes se succèdent.

ÉCROU (*angl.* nuth, *all.* mutterschraube). Trou fileté par lequel passe une vis. Les écrous, qu'ils soient à filet triangulaire ou carré, se font de trois manières : 1° avec des tarauds, ce sont les *écrous taraudés* ; 2° avec le peigne, ce sont les *écrous filetés* ; 3° au moyen du rapport d'un filet en hélice, ce sont les *écrous brasés*. Nous renvoyons, pour leur construction, aux mots FRIÈRE et VIS, les vis se fabriquant par les mêmes procédés.

ÉCUME DE MER (*angl.* sea-froth, *all.* meerschäum). C'est un hydro-silicate de magnésie blanc que l'on trouve en rognons dans la serpentine ; sa densité varie de 4,27 à 4,60 ; sa cassure est mate et terreuse ; elle est peu onctueuse au toucher, happe fortement à la langue et prend par le frottement l'éclat de la cire ; elle perd son eau par calcination. Elle possède une certaine ductilité et s'aplatit sous le marteau avant de se rompre. Suivant Lycherell, elle se compose de :

Silice.	60,87
Magnésie.	27,80
Eau.	11,27
Oxyde de fer et alumine.	0,09
	100,03

À l'état frais et encore humide, l'écume de mer est

(1) Le fondateur des premiers établissements pour l'éducation des aveugles, en France et en Russie.

très molle, et se laisse travailler presque aussi facilement que l'argile.

On emploie presque exclusivement l'écume de mer à la fabrication des pipes. La meilleure nous arrive toute façonnée de Turquie.

ÉDREDON. Nom donné au duvet dont l'*eider*, oiseau des pays septentrionaux, tapise son nid, et dont les usages sont bien connus.

EFFERVESCENCE. On dit qu'il y a effervescence lorsque, par suite d'une réaction chimique, il s'opère un dégagement gazeux très rapide, qui se manifeste par la formation d'un grand nombre de bulles qui s'élèvent dans la liqueur, comme s'il y avait ébullition : ce phénomène se produit, par exemple, lorsqu'on verse un acide étendu sur de la craie.

EFFLORESCENCE. On dit qu'un corps s'effleurit, soit lorsqu'un sel hydraté et cristallisé, comme le sulfate et le carbonate de soude, tombe en poudre au contact de l'eau, par suite de la perte d'une partie de son eau de cristallisation, soit lorsque par suite de l'action des agents atmosphériques, il se forme des combinaisons salines par suite de la décomposition de certaines substances, comme les schistes alumineux et les pyrites de fer.

ÉGRISÉE. Voyez **DIAMANT** et **LAPIDAIRE**.

ÉLAINE. Voyez **OLÉINE**.

ÉLASTICITÉ (*angl.* elasticity, *all.* elasticität), propriété que possèdent tous les corps de revenir à leur forme primitive, quand celle-ci a été changée par une cause quelconque. Tous les corps sont parfaitement élastiques, lorsque le changement de forme ne dépasse pas certaines limites. L'écartement de ces limites pour chaque corps sert à mesurer son élasticité : ainsi on dira que l'acier est plus élastique que l'argent et que ce dernier l'est plus que le plomb. Le changement momentané de forme peut avoir lieu par compression, par traction ou par torsion. Cette propriété est utilisée dans les ressorts, les cordes vibrantes, etc. Lorsque l'effort exercé est trop considérable, les molécules ne reviennent plus parfaitement à leur même place, c'est-à-dire que l'élasticité est altérée. La limite supérieure de l'élasticité est en général $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ de celle qui peut déterminer la rupture, et qui mesure la ténacité.

Ce que nous venons de dire s'applique surtout aux corps solides. Les liquides étant très peu compressibles, ne peuvent développer que l'élasticité de compression, et entre des limites extrêmement resserrées. Les gaz au contraire sont parfaitement élastiques, dans des limites presque indéfinies, d'après leur état moléculaire même.

ELECTRICITÉ. Certains corps acquièrent par le frottement la propriété d'attirer à distance les corps légers. Sous ce rapport, il faut diviser les corps en deux classes : les corps mauvais conducteurs de l'électricité tels que la résine, l'ambre, le soufre, le verre, etc., qui développent de l'électricité par le frottement, et les corps bons conducteurs, les métaux, par exemple, lesquels ne développent pas de l'électricité sensible par le frottement, parce qu'elle s'écoule à mesure dans le sol ou de toute autre manière. Les différents phénomènes que présentent les corps électrisés s'expliquent en admettant deux espèces d'électricité : 1^o l'électricité positive ou vitrée, parce qu'on peut la développer en frottant une baguette de verre avec un morceau de laine, et l'électricité négative ou résineuse, parce que le frottement la développe sur la résine. Lorsque deux corps sont chargés d'électricité de même nom, ils se repoussent ; ils s'attirent au contraire lorsqu'ils sont chargés d'électricités différentes ; et enfin, tous les corps à l'état naturel sont chargés d'électricités positive et négative, mais celles-ci sont combinées et se neutralisent respectivement de manière à ne pas être sensibles. Nous n'en-

trerons pas ici dans des détails qui sont du ressort de la physique, en renvoyant aux traités spéciaux de cette science, et notamment à l'excellent ouvrage de M. Pouillet, et nous nous contenterons de dire ici quelques mots sur la *pile galvanique*, qui trouve chaque jour de nouveaux emplois dans l'industrie.

Le contact de métaux hétérogènes et leur dissolution dans les acides produisent de l'électricité ; ainsi, si l'on soude une plaque de cuivre et une plaque de zinc, il y aura décomposition des fluides électriques sur chaque plaque, et il s'accumulera une certaine quantité d'électricité positive sur le zinc et d'élasticité négative sur le cuivre. La force qui se produit au contact des deux métaux, qui détermine la séparation des deux fluides électriques et s'oppose à leur neutralisation, a reçu de Volta le nom de *force électro-motrice*. Cette force a une limite maximum, et si $+t$ est la tension du fluide positif qui se trouve sur le zinc, et $-t'$ la tension du fluide négatif qui se trouve sur le cuivre, la différence $+t - t'$ des deux tensions est une quantité constante, quelles que soient les charges du fluide positif ou négatif. Si le cuivre était chargé comme le zinc d'électricité positive, la tension serait alors représentée par $+t'$, et la différence $t - t'$ serait encore la même. C'est cette différence des deux tensions que l'on appelle tension maximum, parce qu'elle constitue en effet le maximum de ce que la force électro-motrice peut arrêter et retenir pour empêcher l'équilibre ordinaire.

Cela posé, il nous sera facile de donner l'explication de la pile de Volta :

La pile se construit avec trois corps différents, deux métaux bons électro-moteurs et un corps non métallique, faiblement électro-moteur et bon conducteur de l'électricité. On place d'abord un couple ou une paire de disques, l'un de cuivre, l'autre de zinc soudés ensemble, une rondelle de drap humide, un nouveau couple, et ainsi de suite. Mettons, par exemple, la plaque de cuivre inférieure en communication avec le sol, il s'accumulera des quantités d'électricités positives dont les tensions respectives seront 1, 2, 3, 4, etc., sur les plaques de zinc, et 0, 1, 2, 3, etc., sur les plaques de cuivre. Si l'on prend une pile semblable, dans laquelle au contraire on met l'extrémité du zinc en contact avec le sol, il s'accumulera sur les plaques de cuivre des quantités d'électricité négative dont les tensions sont 1, 2, 3, 4, etc. Si maintenant on met ces deux piles bout à bout en interposant seulement une rondelle humide entre les deux pôles qui communiquaient au sol, on obtient une seule pile chargée d'électricité positive à l'extrémité zinc et de l'électricité négative à l'extrémité cuivre. En réunissant ces deux extrémités par des fils métalliques communiquant directement entre eux ou plongés dans un liquide conducteur, les deux électricités dont sont chargées les *pôles* de la pile se combinent de nouveau, tandis que la pile se recharge continuellement par suite de la force électro-motrice, de sorte qu'il se produit un courant continu. Les effets de ce courant sont physiques ou chimiques. Les premiers dépendent de la quantité d'électricité que la pile peut développer en un instant et par suite de la surface des éléments qui la composent ; les seconds, de la tension avec laquelle cette électricité peut s'écouler d'un pôle à l'autre, c'est-à-dire du nombre d'éléments de la pile. On donne le nom de pôle positif à l'extrémité zinc de la pile, et de pôle négatif à l'extrémité cuivre.

Les effets physiques sont ceux qui donnent lieu à une production de chaleur et de lumière ; lorsqu'on attache à l'extrémité de chaque conducteur un petit cône de charbon, et qu'on met les deux pointes de charbon en présence, à une faible distance, il se produit une lumière comparable à celle de la lumière solaire et dont l'œil ne peut supporter l'éclat. Cette

lumière artificielle a été employée par M. le docteur Donné, dans ses recherches microscopiques, et MM. Deleuil et Archereau ont fait dernièrement, à Paris, quelques essais, dont les résultats ont été très satisfaisants, pour l'appliquer en grand à l'éclairage, en renfermant les cônes de charbon dans un globe en verre où on avait fait le vide, pour les empêcher de se consumer.

Les effets chimiques consistent dans la décomposition des sels et oxydes. Dans la décomposition des oxydes, l'oxygène se porte au pôle positif et le métal au pôle négatif; la décomposition des sels se fait d'après les règles qui suivent :

1° Quand l'acide et la base sont difficilement décomposables, ces deux éléments sont simplement séparés; l'acide se rend au pôle positif, et la base au pôle négatif;

2° Quand l'acide est facilement décomposable, son oxygène vient au pôle positif, tandis que son radical se rend avec l'oxyde au pôle négatif;

3° Quand l'oxyde est facilement décomposable, il est lui-même réduit; le métal qu'il renferme vient au pôle négatif, tandis que l'oxygène vient au pôle positif, où il se combine avec l'acide, quand celui-ci est capable de se suroxyder;

4° Si l'acide et l'oxyde peuvent l'un et l'autre perdre aisément leur oxygène, la décomposition est complète : tout l'oxygène vient au pôle positif, et le métal de l'oxyde se rend au pôle négatif avec le radical de l'oxyde.

C'est la troisième de ces lois qui sert de base aux procédés de DORURE galvanique.

La pile de Volta, telle que nous l'avons décrite, n'est plus employée dans la pratique. On la remplace par la pile à auge, ou la pile de Wollaston.

La pile à auge, se compose d'éléments rectangulaires soudés ensemble, et disposés verticalement dans une caisse en bois, de manière à former autant d'auges que l'on remplit avec de l'eau légèrement acidulée avec 1/16° d'acide sulfurique et 1/20° d'acide nitrique, qui sert de conducteur intermédiaire. Avec de l'eau pure, l'intensité du courant est moins grande, parce que la dissolution du zinc développe une certaine quantité d'électricité qui vient s'ajouter à celle produite par la force électro-motrice.

Dans la pile de Wollaston, le cuivre de l'un des couples est entouré du zinc du couple suivant, dont il est séparé par une faible distance, et plonge dans le même vase rempli d'eau acidulée. On met en communication, au moyen de tiges métalliques, chaque zinc avec le cuivre du vase suivant, comme on peut le voir à l'article DORURE dans la fig. 676. Du reste, la disposition de cette pile peut varier à l'infini.

ELECTROTYPE. Voyez GALVANOPLASTIE.

ÉLÉMI. C'est une résine qui exsude d'incisions faites, durant un temps sec, à travers l'écorce de l'*anigris elemisera*, arbre qui croît dans l'Amérique du sud et au Brésil. Elle nous arrive en morceaux jaunes, tendres et transparents, qui se ramollissent aisément par la chaleur de la main. Ils ont une forte odeur aromatique, un goût chaud épicé, et contiennent 12 4/2 p. 100 d'huile éthérée. La résine cristalline de l'élémi a été appelée *élémine*; elle est employée pour donner de la dureté aux vernis.

ÉMAIL. (*angl.* enamel, *all.* schmelzglas, email). On désigne sous ce nom une substance vitreuse opaque et colorée, dans laquelle on fait entrer diverses substances métalliques, telles que de l'oxyde d'étain, du phosphate de chaux, du borax, etc.

Le plus simple des émaux et celui qui sert de base à la préparation de tous les autres, s'obtient de la manière suivante :

On fait un alliage de 45 à 50 (ordinairement 25)

parties d'étain, et de 100 p. de plomb, et l'on chauffe au rouge au contact de l'air; le bain métallique s'oxyde rapidement et se recouvre d'une poudre jaunâtre que l'on retire à mesure, et qui, pulvérisée et soumise à la lévigation, donne une poussière très ténue qui porte le nom de *calcine*. On mêle 200 p. de cette calcine avec 400 p. de sable siliceux et 80 p. de carbonate de potasse, et on expose le mélange à une température suffisante, seulement pour lui faire éprouver un commencement de fusion. La fritte ainsi obtenue entre dans la constitution de tous les émaux.

Email blanc. Afin d'éviter toute coloration accidentelle, lorsqu'on veut préparer l'email blanc, on mêle la fritte en poudre avec une quantité convenable de peroxyde de manganèse, que l'on a déterminée d'avance par quelques essais faits en petit; on introduit le mélange dans un feu vif et à l'abri de la fumée. Quand il est fondu, on le coule dans l'eau et on le pulvérise. Après avoir répété trois à quatre fois la même opération, on le coule une dernière fois et on le livre en cet état au commerce.

L'email qu'on applique sur les métaux est assez difficile à préparer. Venise fournit la presque totalité de celui que consomme le commerce; M. Lambert, à Sèvres, fabrique un email qui ne le cède en rien à celui de Venise.

On peut substituer dans la fabrication de l'email blanc l'oxyde d'antimoine à l'oxyde d'étain, mais alors il ne faut pas y mettre d'oxyde de plomb qui produirait une coloration jaune. Il paraît que le composé que l'on obtient ainsi, convient bien pour les émaux colorés en pourpre ou en bleu. Voici, d'après Clouet, les proportions les plus convenables :

300 de verre blanc sans plomb;

400 de borax;

25 de nitre;

100 d'antimoine diaphorétique lavé.

Email bleu. On colore l'email en bleu au moyen d'une très faible quantité d'oxyde de cobalt ou avec de l'azur.

Email jaune. Le mélange le plus employé pour colorer l'email en jaune se compose de : 4 partie d'oxyde d'antimoine, 1 à 3 p. de carbonate de plomb, 4 p. d'alun et 4 p. de sel ammoniac, que l'on chauffe jusqu'à ce que tout le sel ammoniac ait été chassé, après avoir pulvérisé chaque substance à part et les avoir ensuite mélangées.

Email vert. On colore l'email en vert, soit par l'oxyde de chrome, soit par du deutoxyde de cuivre pur ou mélangé d'un peu d'oxyde de fer.

Email rouge. On colore l'email en rouge, soit par le pourpre de Cassius ou le chlorure d'or, soit par l'oxyde de cuivre. Dans ce dernier cas il faut avoir soin que l'oxyde de cuivre ne passe pas à l'état de deutoxyde; en y ajoutant une proportion variable d'oxyde de fer, on peut obtenir toutes les nuances depuis le rouge pur jusqu'au rouge-orangé.

Email noir. On colore l'email en noir par un mélange de peroxyde de manganèse et d'oxyde de fer, auquel on ajoute une petite quantité de cobalt, lorsqu'on veut obtenir un noir très vif.

Email violet. La coloration violette s'obtient en ajoutant à l'email du peroxyde de manganèse.

Application de l'email sur les métaux. L'email ne s'applique que sur l'or et le cuivre; l'argent se voit aisément, et l'email dont on le recouvre prend une texture bulleuse. L'or à émailler doit être au titre de 14/12^{es} ou 0,917, savoir : 22 parties d'or, 4 p. d'argent et 4 p. de cuivre; s'il est plus fin, il n'est plus assez roide; et s'il l'est moins, il devient trop fusible.

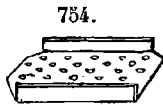
On réserve sur le bord de la plaque métallique un petit filet ou bordure, qui sert à retenir l'email lorsqu'on l'applique dessus. Si on ne doit recouvrir d'é-

ÉMAIL.

mail qu'un des côtés de la plaque, il faut que l'épaisseur de l'émail soit moins considérable, sans cela la pièce se bomberait. Lorsque certaines parties seulement de la pièce doivent être émaillées, ou en trace les contours au burin, puis on les creuse bien uniformément sur une profondeur égale à l'épaisseur que doit avoir la couche d'émail. Enfin, on couvre quelquefois les parties qui doivent être émaillées, de hachures très fines et croisées, afin d'augmenter l'adhérence de l'émail et du métal.

La pièce ainsi préparée, on la décape, en la faisant d'abord bouillir dans une dissolution de potasse, la lavant ensuite, d'abord avec de l'acide acétique étendu d'eau, puis avec de l'eau pure, et l'essuyant avec soin.

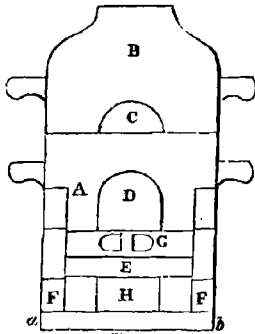
On pulvérise l'émail dans un mortier d'agate, on lave la poudre à l'eau, on l'étend encore humide sur les parties à émailler, et on laisse sécher à l'air libre. On place ensuite les pièces sur une feuille de tôle percée de trous (fig. 754) que l'on chauffe sur des charbons enflammés, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs, et on l'introduit aussitôt dans le fourneau à mouffle représenté fig. 756. Ce fourneau, en argile réfractaire, ou en tôle intérieurement revêtu d'argile, se compose du fourneau proprement dit A (figure 758) et du dôme mobile B (fig. 757) qui le recouvre; il ressemble beaucoup aux fourneaux de coupelle. On lui donne intérieurement 0^m,24 de côté et 0^m,23 de hauteur; le dôme à 0^m,24 de hauteur, et les parois 0^m,05 d'épaisseur. L'ouverture C qui sert à charger le combustible peut être fermée à volonté par un tasseau en argile m (figure 755). Les cendres tombent par les ouvertures I de la sole E, dans le cendrier H, muni de quatre portes; G est une brique mobile guidée par les murs F, F, qui soutient la mouffle J, supportée à son extrémité par un tasseau également en brique qui n'est pas figuré; enfin,



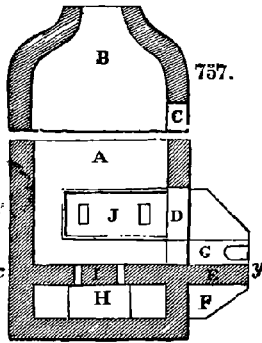
754.



755.



756.



758.



759.



760.



761.

les fig. 759, 760 et 761, donnent la coupe transversale et deux élévations de la mouffle J.

On chauffe d'abord graduellement la mouffle avec du

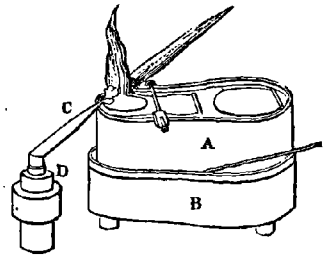
ÉMAIL.

bois sec, puis avec du charbon de bois. Lorsqu'elle est arrivée au rouge vif, on y introduit avec des pinces la plaque de tôle fig. 754 chaude, avec les objets recouverts d'émail, et on la fait avancer peu à peu vers le fond; on place quelques charbons enflammés à l'ouverture de la mouffle pour augmenter et régulariser la chaleur à son intérieur. Dès que l'émail commence à fondre, on fait tourner la plaque de tôle, de manière à en amener successivement chaque côté vers le fond de la mouffle, puis lorsque l'émail est bien également fondu, on retire peu à peu la plaque, afin d'éviter les fissures qui se produiraient par un refroidissement brusque.

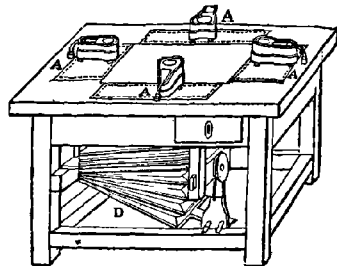
La pièce étant tout à fait refroidie, on y applique de la même manière une seconde et une troisième couche d'émail. Si on remarque des fissures à la surface de l'émail, ou les élargit au burin, on remplit les rainures ainsi formées d'émail en poudre, et on reporte la pièce au feu. Comme la surface de l'émail présente presque toujours certaines rugosités, on la polit à l'eau sur une meule en grès fin, puis on remet la pièce au feu, afin de fondre de nouveau la surface et de lui donner le poli et l'éclat voulus.

On procède ensuite à la peinture. A cet effet, on pulvérise les émaux colorés, dont nous avons donné plus haut la composition, dans un mortier d'agate; puis on les porphyrise aussi fin que possible avec de l'huile de lavande, sur une table en porphyre, à l'aide d'une molette, et on place la bouillie que l'on obtient dans de petites assiettes en porcelaine, que l'on recouvre d'une plaque de verre ou d'un morceau de mousseline, et que l'on expose au soleil, jusqu'à ce que la pâte ait acquis la consistance convenable pour la peinture. Celle-ci terminée, on fait d'abord sécher les pièces à l'étuve, puis on les passe dans la mouffle pour fixer les couleurs et les vitrifier.

Lampe d'émailleur. Beaucoup de petits objets d'émail et de verre, tels que les yeux d'émail, etc., se font très facilement et très promptement à la flamme d'une lampe dite lampe d'émailleur, qui n'est autre chose qu'un bec de chalumeau alimenté par un soufflet, dont le vent, dirigé sur une lampe à huile ayant une très grosse mèche, produit un dard de flamme, dont la chaleur est très intense. Cette lampe est représentée en perspective



762.



763.

(fig. 763), avec la table qui la supporte, et seule, sur une échelle plus grande (fig. 762). Le chalumeau C

glisse à frottement dans le tube D qui amène l'air du soufflet, et peut ainsi être élevé ou abaissé à volonté; la lampe A est placée dans une cuvette B destinée à recevoir l'huile qui pourrait s'échapper par dessus ses bords et à l'empêcher de se répandre sur la table. L'ouvrier place ordinairement au-devant de la table un petit écran pour que la lumière de la lampe ne lui fatigue pas les yeux.

Il nous est impossible d'entrer ici dans les détails de l'art de l'émailleur à la lampe, art où tout dépend du goût de l'ouvrier et de son habileté à manier le verre et l'émail ramollis par l'action de la chaleur. La plupart des instruments et appareils de physique et de chimie, les thermomètres, les baromètres, les aréomètres, etc., se font à la lampe d'émailleur avec des tubes de verre, et nul ne peut se livrer à l'étude de ces deux sciences, s'il ne possède, du moins à un certain degré, l'art de souffler le verre. Nous traiterons à l'article **SOUFFLER LE VERRE** des principes fondamentaux de cet art.

EMBAUMEMENT. Le procédé d'embaumement le plus généralement suivi, consiste dans l'injection, par la veine carotide, d'une dissolution concentrée de sulfate d'alumine (procédé Gannal); nous en avons déjà parlé à l'article **CONSERVATION DES SUBSTANCES ANIMALES ET VÉGÉTALES**, ce qui nous dispense d'y revenir ici. Nous ajouterons seulement que l'on a aussi employé avec succès l'immersion dans le chlorure de zinc.

ÉMERAUDE (*angl.* emerald, *all.* smaragd). Pierre précieuse très estimée, composée de silice, d'alumine et de glucine qui cristallise en prismes réguliers à 6 faces, et se divise en deux variétés principales :

1^o *Émeraude verte*. Pierre d'un beau vert dont la dureté = 8, et la densité = 2,73 à 2,77, et qui tient le premier rang après le diamant, le rubis et le saphir. Elle est colorée en vert par une faible quantité d'oxyde de chrome. La plus belle vient du Pérou, où elle se trouve dans les terrains primitifs. Les émeraudes sans défauts et d'une belle eau valent, lorsqu'elles pèsent 1 carat, 400 à 450 fr. — 2 carats, 300 fr. — 4 carats, 1,700 à 2,000 fr. — et 6 carats, 3,000 fr.

2^o *Aigue-marine ou béril*. Dureté = 7,5, densité = 2,67 à 2,74; incolore ou faiblement colorée, ordinairement en bleu de ciel pâle ou en vert-d'eau. On trouve principalement cette pierre au Brésil et en Sibérie; elle est beaucoup moins rare que la variété précédente et moins estimée. Une aigue-marine taillée de 1 carat, coûte de 10 à 15 fr., et le prix croit à peu près proportionnellement au poids.

On trouve enfin beaucoup d'émeraudes opaques, telles que celles des environs de Limoges, qui n'ont aucun emploi dans les arts et l'industrie.

ÉMÉRI (*angl.* emery, *all.* schmirgel). Ce minéral, principalement composé d'alumine, est très répandu dans l'île de Naxos, au cap Émeri, d'où l'on en tire des quantités considérables; on le trouve aussi dans les îles de Guernesey et de Jersey, en Perse, en Saxe, en Suède, etc.

Sa couleur varie du rouge-brun au brun foncé. Il se présente, en masses informes, mêlé avec d'autres minéraux; sa cassure offre un grain très serré; sa densité est de 4 environ; il possède une grande dureté, analogue à celle du corindon, dont il se rapproche par sa composition.

On se sert de l'émeri pour user, aplanir, disposer au poli divers corps durs, tels que les verres d'optique, les glaces, les cristaux, le fer, l'acier, les marbres, etc. On vend aussi sous le nom d'émeri des sables de grenat et de zircon, que l'on trouve assez abondamment dans un assez grand nombre de localités, et qui sont plus durs que les sables quarzeux.

ÉMÉTIQUE, TARTRE STIBIÉ. C'est un tartrate dou-

ble d'antimoine et de potasse soluble dans l'eau, que l'on prépare le plus souvent en faisant bouillir du verre d'antimoine ou du sulfure grillé, avec son poids de crème de tartre, et 40 à 42 parties d'eau; évaporant jusqu'à pellicule, laissant l'émétique se déposer par le refroidissement, et purifiant par plusieurs cristallisations successives. L'émétique est très employée en médecine comme purgatif et vomitif.

EMPOIS. Voyez **AMIDON**.

EMPORTE-PIÈCE. Voyez **DÉCOUPOIR**.

ENCAUSTIQUE. Sous ce nom sont comprises deux choses bien différentes: la peinture à la cire, dite encaustique, et le cirage à la cire, dit aussi encaustique. C'est de ce dernier que nous voulons nous occuper ici plus spécialement; mais nous dirons d'abord quelques mots sur la peinture à la cire.

Peinture encaustique. M. le comte de Caylus, dans un mémoire qu'il lut à l'Académie des belles-lettres en 1755, mémoire qui fut imprimé à Genève dans la même année, et M. de Montabert, dans son excellent *Traité sur tous les genres de peintures* (chez Bossange, Paris, 1829), se sont efforcés de réhabiliter la peinture à la cire, dite encaustique, en ont exalté les avantages et la grande solidité, si on la compare avec la peinture à l'huile; ils nous ont raconté tout ce que la tradition a transmis sur l'état de cet art chez les anciens, et ont fait ressortir tous les efforts tentés par les modernes pour le faire revivre parmi nous.

D'un autre côté, M. Durozier, pharmacien à Paris, dans une notice fort intéressante, annonce avoir réalisé avec un plein succès toutes les formules de M. de Montabert. C'est donc à ces ouvrages, de tous points complets, que nous renverrons le lecteur désireux de savoir les moyens de préparer et d'employer les couleurs à la cire, de connaître en un mot les procédés matériels de ce genre de peinture dont les anciens, dit-on, se servaient avec fruit, parce qu'elle est la plus parfaite de toutes et la plus durable, la cire étant inaltérable à l'air et à la lumière.

Qu'on nous permette ici quelques réflexions: que la lumière et tous les corps gazeux répandus dans l'air aient moins d'action sur la cire que sur les huiles fixes de lin, de noix ou d'œillette, c'est incontestable; mais que les peintures faites à la cire, fussent-elles mêmes fixées par le feu, auquel cas seulement elles peuvent s'appeler *encaustiques*, soient parfaitement à l'abri des atteintes de ces agents de destruction, d'oxydation, nous ne le pensons pas; car nous voyons en deux ans, plus ou moins, les bustes en cire des coiffeurs devenir d'un jaune à faire peur. L'air et la lumière ne sont donc pas sans action sur la cire.

À ces observations d'expérience, si vous ajoutez les difficultés que présentent l'application et le mélange des couleurs broyées à la cire, la confusion qui résulte dans les teintes et les lignes du tableau, alors qu'on y applique le feu pour en finir et faire valoir la peinture vous vous expliquerez facilement le discrédit et l'abandon dans lesquels on laisse ce genre de peinture, qu'on ne connaît ou plutôt qu'on ne fait que deviner par le peu qu'en rapportent Pline (*Hist. nat.*, lib. XXXV, cap. xi), Macianus (*Tit. de furd. inst.*, L. XVII), et Julius Paulus, lib. VII et seq.

Encaustique, cirage. On donne dans les arts le nom d'encaustique à plusieurs préparations faites avec la cire, dans le but de la rendre plus facile à étendre en couches minces et uniformes à la surface des corps qu'on veut cirer, c'est-à-dire rendre luisants, inaccessibles à la poussière et à l'humidité, qu'on veut conserver et tenir propres sans de grands efforts; car tel est le résultat qu'on se propose en cirant les tables, les lits, les meubles, les parquets, etc.

Beaucoup, en effet, se contentent de cirer les meubles ordinaires, ainsi que les parquets et les carreaux,

ENCAUSTIQUE.

parce que la cire acquiert bientôt sous les frottements répétés une transparence et un poli qui imitent ceux du vernis; mais si le cirage résiste aux chocs, s'il peut facilement être réparé, soit par simple frottement, soit par une nouvelle application de cire, le brillant qu'il produit est terne, il ne relève pas; n'exalte pas comme le vernis l'éclat ni la couleur du bois. Le cirage est aussi bien plus tendre que le vernissage. Le dossier ciré d'une chaise tachera votre habit, si vous vous appuyez sur lui assez longtemps pour que la cire se ramollisse; un dossier verni ne produira jamais le même effet. Mais le vernis ne résiste pas aux chocs; il cède au travail du bois, il se fend, se lève en écailles, se raje au moindre frottement d'un corps dur, et ces accidents pour être réparés demandent l'enlèvement du vernis ancien et l'application d'un nouveau. Le cirage comme le vernissage ont donc leurs avantages et leurs inconvénients; mais les uns et les autres sont si connus qu'il devient inutile de nous appesantir sur ce sujet. C'est pourquoi nous allons donner de suite les différentes recettes des préparations de la cire connues sous le nom d'*encaustiques*.

1^{re} recette. — *Encaustique ou pommade de cire à l'essence.* Faites fondre dans une bassine en cuivre bien propre :

500 grammes de cire jaune pure; lorsqu'elle est bouillante, retirez la bassine du feu et ajoutez-y peu à peu, en mélangeant sans cesse, 1,000 gr. d'essence de térébenthine que vous avez fait tiédir à part. Vous devez continuer d'agiter la masse jusqu'à entier refroidissement.

Remarques. En suivant cette méthode, en fondant la cire à part, en y ajoutant hors et loin du feu l'essence tiède, on évite toute chance de feu. Cette pommade, où la cire se trouve dans un grand état de division par son mélange avec l'essence de térébenthine, s'étend facilement et uniformément à la surface des corps; l'essence pénètre le bois, donne du pied à la cire, et le brillant qui résulte d'un simple frottement avec un chiffon de laine est comparable à celui d'un vernis, et après sa complète évaporation, l'essence, si elle est pure, laissera la cire dans son état de dureté normale et le cirage sera aussi solide que s'il avait été fait avec la cire naturelle.

La pommade ci-dessus est jaune. Veut-on l'obtenir rouge? au lieu d'essence de térébenthine pure, il faut employer de l'essence dans laquelle on aura mis la veille digérer à froid 30 gr. d'orcanette par kilogr. d'essence, et dont le lendemain on aura séparé l'orcanette en la filtrant à travers une toile serrée.

2^e recette. — *Encaustique ou pommade à la potasse.* Mettez dans une bassine en cuivre à cul de poule, bien propre :

500 gr. de cire jaune en morceaux.

1,000 gr. d'eau de rivière clarifiée.

60 gr. de potasse d'Amérique.

Faites bouillir en agitant sans cesse avec une spatule en fer, jusqu'à ce que le tout forme une crème savonneuse bien homogène, et bien liée et sans grumeaux; continuez d'agiter jusqu'à entier refroidissement.

Remarques. Dans cette pommade, la cire est à l'état d'une sorte de savon; aussi ne forme-t-elle pas une glace aussi solide que par la première recette, elle reste collante; mais pourtant on la préfère à la première parce qu'elle n'a pas d'odeur.

3^e recette. — *Encaustique liquide.* Mettez dans une bassine en cuivre d'une capacité suffisante :

250 gr. de cire jaune pure en morceaux.

425 gr. de savon vert.

25 gr. de potasse d'Amérique.

4, 5 ou 6 litres d'eau de rivière clarifiée, selon que vous voulez obtenir un encaustique plus ou moins chargé de cire.

ENCENS.

Portez la bassine sur le feu, agitez sans cesse avec une spatule, jusqu'à ce que presque toute la cire soit fondue; alors retirez du feu, laissez refroidir, puis avec les deux mains prenez les parties de cire qui surnagent, trempez-les dans le liquide en les frottant de manière à les dissoudre, comme on le ferait avec du savon. Renfermez pour l'usage. Chaque fois que vous vous en servirez, il faut agiter fortement la masse pour y répartir également les parties de cire qui se seraient déposées au fond.

4^e recette. — *Encaustique ou pommade de cire dure à l'essence.* Les trois recettes d'encastiques ci-dessus sont connues. Celle-ci ne l'est pas ou ne l'est que des personnes à qui nous l'avons indiquée.

Le reproche principal que l'on fait aux cirages, soit à la cire naturelle, soit à l'encastique, c'est de n'être pas assez durs pour conserver longtemps leur brillant; on peut le leur rendre facilement, mais c'est toujours à recommencer; chaque fois qu'on s'est servi d'un meuble, il faut le frotter. La recette suivante, que nous pratiquons depuis longtemps, nous ayant toujours réussi, le cirage qui en résulte ayant presque la solidité et l'éclat d'un bon vernis à l'alcool, sans en avoir les inconvénients, nous la donnons avec la persuasion qu'il satisfera à un besoin véritable et généralement senti.

C'est la même chose pour les proportions que la première recette ci-dessus; la seule différence consiste en ce que nous employons une cire durcie, au lieu d'une cire naturelle.

Nous mettons un kil. de cire jaune pure dans une bassine à cul de poule; nous la portons sur le feu quand la cire est fondue, nous ajoutons 420 gram. de litharge en poudre, nous mélangeons avec une spatule pour empêcher la litharge de rester au fond, et nous mélangeons souvent; nous conduisons le feu fort faible pour donner à la cire tout le temps nécessaire de réagir sur la litharge. Lorsqu'enfin la cire a pris une couleur marron, que la litharge est en partie revivifiée et qu'une goutte de cire que nous faisons tomber sur une assiette est arrivée au point non plus de se couper, mais de s'écraser en poussière sous l'ongle, la cire est assez cuite. Nous ôtons la bassine du feu et laissons refroidir; le lendemain, nous séparons de la cire le culot composé de litharge, plus ou moins revivifiée, et c'est avec 500 gr. de cette cire que nous faisons la pommade, comme nous l'avons dit ci-dessus, en y ajoutant 4 kilogr. d'essence. TRIPRIER-DEVEAUX.

ENCENS ou **OLIBAN.** Gomme-résine qui nous arrive de l'Afrique en morceaux, en larmes ou en grains de différentes grosseurs. C'est une substance sèche, friable, d'un jaune pâle ou blanchâtre, translucide et reconverte d'une sorte d'efflorescence; sa cassure a un aspect brillant; sa saveur est amère, et son odeur aromatique; elle se présente souvent en gouttes ou larmes oblongues, arrondies par leur extrémité, quelquefois seules, et d'autres fois géminées: on lui donnait, dans ce dernier cas, le nom d'encens mâle. Cette substance a été employée, dès la plus haute antiquité, pour la purification des temples et le culte divin. Elle est encore de nos jours consacrée aux mêmes usages; mais comme elle ne répand pas une odeur agréable lorsqu'elle est seule, on lui mêle d'autres aromates, tels que benjoin, musc, storax, ambre, baume de Tolu, etc.: on en fait une poudre qu'on projette par petites parties sur des charbons ardents.

ENCLIQUEPAGE. On donne ce nom à un mécanisme très simple qui sert à empêcher le mouvement rétrograde d'une roue, quand le moteur cesse d'agir ou par toute autre cause, et qui se compose d'un ressort ou d'une languette appelée *clicquet*, dont l'extrémité vient contre-bouter contre les dents obliques d'une roue à rochet et prévient tout mouvement rétrograde. Lors de

ENCLUME.

la marche, l'autre côté de ces dents soulève le cliquet, et la roue à rochet tourne facilement dans le sens direct.

ENCLUME (*angl.* anvil, *ait.* ambos). Masse de fer ou de fonte ayant un poids, une forme et des dimensions appropriées aux travaux qu'on veut faire, sur laquelle on forge les métaux à chaud ou à froid. La surface sur laquelle on bat les métaux doit être dure et lisse; ordinairement le milieu, ou la *table*, a la forme d'un parallélogramme, et les bouts, appelés *bigornes*, sont l'un cylindrique et l'autre quadrangulaire, pour que l'ouvrier puisse façonner diverses pièces. Un trou carré, percé près du bord de la table, est destiné à recevoir un tranchet sur lequel on coupe le fer; les enclumes sont fixées sur des chabottes ou billots fixés en terre, ou dans un massif, près de la forge.

Les enclumes de fer doivent être aciérées en acier de bout, trempé à toute sa force. A cet effet, le fabricant brise son acier en bouts de 2 à 3 centimètres de long, qu'il met les uns à côté des autres, en trousse carrée, maintenant par un lien en fer. Il soude cette trousse dont il fait une planche, qu'il soude à son tour, comme une mise, sur l'enclume.

Le haut degré de chaleur nécessaire pour cette opération dénature l'acier, surtout à sa surface; pour lui rendre sa qualité, on fait chauffer l'enclume pendant quelques heures dans une boîte pleine de ciment, et on la trempe en faisant tomber, sans interruption, une forte colonne d'eau froide sur la table, jusqu'à ce qu'elle soit presque complètement refroidie. Dans cet état, l'enclume doit faire rebondir le marteau avec force, et rendre un son clair et argentin.

Dans les grosses forges, on n'emploie guère que des enclumes en fonte; celles-ci sont beaucoup plus économiques que celles en fer, et ne coûtent que les frais de moulage, qui sont peu élevés, puisque, lorsqu'elles se brisent, on en passe les débris dans le feu d'affinerie.

ENCRE (*angl.* ink, *ait.* tinte). On peut considérer les encres connues comme étant de huit espèces différentes, que nous classerons en autant de sections.

La 1^{re} section comprendra les encres noires dont on se sert pour écrire sur le papier, et qui se divisent elles-mêmes en encres liquides et en encres solides.

La 2^e section comprendra les encres sèches, dites de la Chine ou à dessin, et celles composées d'après les mêmes principes, que l'on appelle improprement : encres indélébiles.

La 3^e section comprendra les encres à marquer le linge et les étoffes.

La 4^e section comprendra les encres colorées.

La 5^e section comprendra les encres autographiques et lithographiques pour écrire et dessiner sur la pierre lithographique, le zinc, le cuivre, et autres métaux polis ou grenés.

La 6^e section comprendra les encres dont on se sert dans les imprimeries typographique, en taille douce et lithographique.

La 7^e section comprendra les encres communicatives dont on se sert pour la copie des lettres.

La 8^e section comprendra les encres pour écrire sur le verre, le zinc, le fer-blanc, etc.

I. ENCRE A ÉCRIRE.

Tout le monde sait que les anciens écrivaient sur le papier (*ppyrus*) ou le parchemin avec un roseau effilé dont la pointe était fendue comme celle de nos plumes : on le trempait dans l'encre comme nous y trempons nos plumes.

Pline nous apprend (liv. XXXV, ch. 25) même que les anciens composaient l'encre avec les charbons qui provenaient de la combustion du *téda*, lesquels étaient triturés dans un mortier et mélangés avec de la gomme. L'excellence de ce procédé a été constatée par M. D'Ar-

ENCRE.

cet, dans un rapport fait à l'Académie des Sciences, le 6 juin 1834.

Les Chinois ont aussi employé, de temps immémorial, l'encre composée avec du noir de fumée ou du charbon très divisé, tenu en suspension dans une solution savonneuse ou alcaline par le moyen d'un corps glutineux.

Un fait bien démontré, c'est que les écritures des manuscrits qui datent du v^e au xii^e siècle sont très lisibles et bien conservées, tandis que celles des xv^e et xvi^e siècles, etc., sont tellement décolorées qu'on a toutes les peines du monde à les lire. C'est sans doute parce que les copistes du v^e au xii^e siècle écrivaient sur du parchemin et des papiers de coton assez poreux avec l'encre antique, tandis que les écrivains des xv^e et xvi^e siècles employaient des papiers faits avec le vieux linge et moins poreux, et de l'encre composée de noix de galle et de sulfate de fer.

L'encre est une combinaison de tannin, d'acide gallique et d'oxyde de fer; les autres substances qui entrent dans sa composition servent seulement à lui donner de la consistance et du brillant.

Rien de si facile que la préparation de l'encre (*Chaptal*) : on mêle d'un côté 1/3 de copeaux de bois de Campêche à 2/3 de noix de galle pulvérisée, et on les fait bouillir dans 25 fois leur poids d'eau pendant 2 heures, en remplaçant l'eau à mesure qu'elle s'évapore. D'autre part, on sature de l'eau tiède avec de la gomme arabique concassée, et enfin, l'on fait une dissolution de sulfate de fer légèrement calciné, marquant 44 à 45° à l'aréomètre de Baumé, à laquelle on ajoute du sulfate de cuivre dans la proportion de 1/13^e de la noix de galle employée. Cela fait, on mêle 6 parties en volume de la décoction de noix de galle et de campêche à 4 p. d'eau gommée; et l'on y verse ensuite 3 à 4 p. de la solution de sulfate de fer, en ayant soin d'agiter la liqueur, qui devient aussitôt d'un bleu-noir.

Matières premières qui entrent dans la composition des encres liquides. Nous ne nous attacherons pas à citer ici toutes les recettes d'encres connues; tout ce que nous pouvons faire de mieux, c'est d'indiquer les substances vraiment utiles dans la composition de l'encre ordinaire.

1^o *Liquides.* L'eau pure est de tous les liquides celui qui est le meilleur. Des essais n'ont fait voir aucune différence entre l'eau crue et l'eau douce, l'eau de pluie ou l'eau de puits; cependant l'eau de pluie paraît préférable. La proportion d'eau la plus convenable est de 40 à 42 parties d'eau sur une de noix de galle. Quelques prescriptions indiquent de 4 à 46 parties d'eau. Quand on emploie trop d'eau, on peut facilement épaissir la liqueur par l'évaporation. On emploie aussi de la bière au lieu d'eau; elle remplace une certaine quantité de gomme; mais elle a l'inconvénient de rendre l'encre trop épaisse, de sécher trop lentement, de moisir plus facilement, et de donner une encre proportionnellement plus faible, parce que le tannin n'est pas aussi soluble dans la bière que dans l'eau.

Le vinaigre peut être employé pour l'encre parce qu'il empêche la moisissure. Cependant l'écriture n'est pas aussi noire que celle qui provient de l'encre faite avec de l'eau pure, et elle jaunit plus vite. Pour l'encre qui contient trop de fer une addition de vinaigre est utile; mais il ne faut pas prendre du vinaigre glutineux, parce qu'il la ferait facilement moisir.

Le vin blanc n'est pas à recommander à cause de son prix, et n'est d'aucune utilité. L'eau-de-vie l'est encore moins par la même raison; cependant, quand on veut tenir un peu de résine en dissolution dans l'encre, et qu'on veut la préserver de la gelée, on peut y ajouter un peu d'eau-de-vie.

2^o *Corps qui contiennent de l'acide gallique.* Tous les corps qui contiennent de l'acide gallique et du

ENCRE.

tannin peuvent servir pour la préparation de l'encre ; mais la matière la plus avantageuse est la noix de galle, dont l'eau extrait du tannin et de l'acide gallique, qui s'unissent à l'oxyde de fer pour former une belle encre noire ; la racine de la rose de mer (*nymphaea alba*) donne une encre fine noir-bleuâtre, qui ne forme point de dépôt comme celle de noix de galle, mais il en faut davantage ; la racine de tormentille donne une encre d'un noir-verdâtre ; les fruits de l'aune donnent une encre d'un noir-bleuâtre ; l'écorce de chêne et la sciure de bois de chêne donnent une encre d'un noir-bleu ; l'écorce des grenades donne une encre noir-brunâtre ; le sumac et les écorces d'orange donnent une encre d'un noir-verdâtre, etc.

Les noix de galle doivent être pulvérisées pour en extraire plus de tannin et d'acide gallique ; de la sorte l'encre est bien plus noire. Cependant on ne doit pas trop les diviser, parce qu'une partie resterait en suspension dans la liqueur et rendrait l'encre pâteuse.

3° *Sels de fer.* On emploie ordinairement le sulfate de protoxyde de fer (vitriol vert, couperose verte). L'infusion de noix de galle, en agissant sur lui, le décompose, et lui enlève son oxyde pour former un gallate de fer, qui est d'une couleur plus ou moins noire, suivant les proportions.

Cependant comme le fer y est à l'état de protoxyde, l'encre ne devient d'un beau noir qu'à quand elle a absorbé de l'oxygène. Si on oxyde davantage le fer dans le sulfate, en le calcinant légèrement, jusqu'à ce qu'il prenne une couleur jaune de rouille, on obtient par ce moyen une encre complètement noire. On obtient le même résultat en prenant une décoction de noix de galle qui est restée exposée à l'air ; on peut aussi employer d'autres sels de fer, particulièrement le nitrate de fer, qui donne une encre plus noire, parce que le fer y est à l'état de peroxyde.

L'acide sulfurique du sulfate n'est point nécessaire, et n'agit que comme dissolvant du fer, il est mis en liberté ; par conséquent, il n'est pas nuisible d'en diminuer la quantité par l'addition de la potasse, ou par la calcination, avant le mélange avec la noix de galle.

4° Le bois d'Inde ou de Campêche contribue à la confection de l'encre, à cause de l'union que contracte sa matière colorante avec l'oxyde de fer ; ce qui rend non seulement la couleur plus foncée, mais encore moins susceptible d'éprouver du changement par l'action de l'air et celle des acides.

5° Le sulfate de cuivre (couperose bleue, vitriol de Chypre), que Chaptal a indiqué dans une certaine proportion, rend l'encre plus foncée et plus consistante.

6° *Matières épaississantes.* Les principales sont la gomme, la bière épaisse ; le sirop ne les remplace pas complètement ; le sucre ne peut être employé qu'en petite quantité. Dans les recettes, on indique ordinairement la gomme arabique ; mais celles du prunier et du cerisier sont aussi bonnes. La gomme augmente la viscosité de la liqueur, et maintient les matières colorantes en suspension ; l'encre ne traverse pas le papier, et peut être appliquée plus épaisse ; en même temps, la gomme colore l'encre d'une espèce de vernis compacte, qui, s'interposant entre l'encre et l'air, la garantit, lorsqu'elle est sèche, de son action. Si on prend trop de gomme, l'encre devient trop épaisse, coule mal de la plume et sèche difficilement.

Le sucre en petite proportion augmente la fluidité de l'encre, permet ainsi de mettre plus de gomme que l'encre ne pourrait en supporter sans cela, et lui donne plus de brillant ; mais, en général, le sucre ne peut remplacer la gomme, car il ne tient pas comme celle-ci les matières colorantes en suspension ; il rend l'encre plus difficile à sécher, et trop coulante, quand on le met en excès. La cassonade et la mélasse sont

ENCRE.

bien préférables ; on les ajoute avec la gomme ou après.

Ainsi le sucre agit :

1° En rendant l'encre plus coulante ; celle-ci exige alors plus de gomme.

2° En rendant l'encre moins collante, d'où il résulte qu'il en sort davantage de la plume, que les traits sont plus gros et plus brillants, ce qui est important pour la conservation de l'écriture.

3° En retardant la dessiccation, ce qui est un inconvénient dans certains cas ; néanmoins on utilise cette propriété pour la préparation des encres destinées à copier les lettres, comme nous le verrons plus bas.

Des différentes matières que l'on ajoute à l'encre.

L'acide muriatique colore en rouge les traits faits avec l'encre ordinaire ; mais à l'air, après quelque temps, ils redeviennent noirs.

Une addition de chaux rend l'encre brune ; la potasse la rend verdâtre.

Le sulfate de cuivre est avantageux à l'encre qui contient du bois de Campêche ; mais il ne faut pas en ajouter plus d'une partie sur huit de noix de galle ou même un peu moins. Si on en prend trop, la couleur de l'encre devient d'un gris sale.

Le vert-de-gris agit comme le sulfate de cuivre ; mais avec le temps, il fait passer l'encre plus rapidement au jaune.

L'atun a été recommandé par Geoffroy ; mais il est nuisible, parce qu'il donne une teinte rougeâtre, et facilite le développement de la moisissure.

Le sel de cuisine est avantageux jusqu'à un certain point pour empêcher la moisissure ; mais son action est peu efficace.

Le sulfate d'indigo et la garance donnent à l'encre une belle couleur noire. Cette pratique, du reste, est empruntée à l'ancienne teinture ; car, pour faire un beau noir sur les étoffes, les ordonnances du roi, dressées sous le ministère éclairé de Colbert, prescrivaient, sous des peines convenables, aux teinturiers du grand et du bon teint, de guesder, garancer, etc., c'est-à-dire de teindre d'abord en bleu, en rouge, etc., les étoffes qu'ils voulaient mettre en noir.

La noix de galle étant d'un prix élevé, on en remplace souvent une partie par du sumac, par le gland ou l'écorce de chêne pulvérisés, par le châtaignier, le mimosa babla, les fruits et l'écorce d'aune ; mais, en général, les encres préparées avec ces substances sont d'une qualité inférieure, et n'ont d'autre mérite réel que d'être d'un prix de fabrication moins élevé.

Quelques fabricants, pour obtenir une encre double d'un noir tirant sur le violet, ajoutent une petite quantité de carbonate de manganèse. Les encres dites de la grande et de la petite vertu sont préparées ainsi avec plus ou moins d'eau et de gomme.

Préparation de l'encre liquide.

Par infusion. On arrose avec de l'eau le corps contenant du tannin, et on abandonne l'infusion dans un lieu chaud pendant un temps suffisant ; on soutire la liqueur ; on la remplace par de l'eau ; on répète cette opération jusqu'à ce que tout le tannin soit extrait. On dissout d'abord la gomme dans l'extrait (1), et plus tard le sulfate de fer. L'encre ainsi obtenue est coulante, peu glutineuse, et n'a pas de penchant à la moisissure ; elle est un peu pâle et facilement détruite par les acides ; mais elle devient noire avec le temps. Elle revient aussi un peu plus cher que celle qui est préparée par la décoction.

Par décoction. On fait une décoction de la matière contenant du tannin ; on la filtre, puis on y dissout la

(1) Quand l'extrait est trop aqueux, on fait concentrer à l'air libre ou par la chaleur.

gomme et le sulfate de fer (1). Par ce procédé, il se dissout plus de matières noires; mais l'encre est plus mucilagineuse, et a plus de penchant à la moisissure.

Par le temps. On laisse la dissolution de tannin, obtenue par infusion ou par décoction, dans des vases plats à l'air (six mois); on enlève de temps en temps la moisissure qui se forme à la surface; on la filtre pour enlever les pellicules et le tannin qui est au fond, et on y fait dissoudre 1/4 de gomme. Alors on ajoute autant de sulfate de fer, et on agite.

Proportions et mélanges des matières. Tout dépend, dans la préparation de l'encre, de la préparation de noix de galle et de sulfate de fer; mais comme la décoction contient plus ou moins d'acide gallique, la plupart des prescriptions indiquées par les auteurs ne sont pas exactes et complètes. Il serait mieux de dissoudre séparément la noix de galle et le sulfate de fer, et de mêler les liqueurs en proportions convenables pour obtenir une belle encre noire, et d'ajouter ensuite les autres substances.

Les recettes données diffèrent beaucoup les unes des autres; quelques-unes prescrivent 6 parties, d'autres 48, d'autres 4 seulement de noix de galle sur 4 de sulfate de fer. Il est vrai de dire aussi que, à cause de la grande variété des qualités de noix de galle et des matières qui contiennent du tannin, on ne peut pas indiquer un dosage qui puisse être employé dans tous les cas.

Nous résumerons ainsi les divers inconvénients d'un mauvais dosage :

Trop de noix de galle rend l'encre verdâtre ou rougeâtre, et par le temps elle devient sur le papier brune ou rougeâtre.

Trop de fer la rend bleue dans le commencement, ou violette, ou plus ou moins grise; mais avec le temps elle passe à la couleur rouille. Dans ce cas, les matières colorantes se déposent plus facilement.

Trop peu de fer rend la couleur plus pâle, mais par le temps elle ne devient pas facilement jaune.

Dans aucun cas, quand la noix de galle est bonne, il ne faut prendre plus de sulfate de fer que de noix de galle. Parties égales de ces deux matières donnent une encre qui, dans quelques semaines, devient brun-jaune. Si on prend davantage de sulfate de fer elle le devient encore plus vite. Une partie de sulfate de fer et 2 parties de noix de galle donnent une encre qui résiste plus longtemps; 4, 5 et 6 parties de galle donnent une encre plus solide, mais qui n'est pas aussi noire. La meilleure proportion, suivant Lewis et Bancroft, est de 3 parties de noix de galle pour 4 p. de sulfate de fer, et pour 2 p. de ce sel, suivant Ribeacourt (2).

Propriétés d'une bonne encre. Les propriétés que l'on doit exiger sont :

- 1° Une couleur noire foncée;
- 2° Une couleur solide qui ne s'efface pas par le frottement et les lavages à l'eau, et qui ne change pas avec le temps;
- 3° Qu'elle sèche promptement;
- 4° Qu'elle se fixe solidement sur le papier, sans y pénétrer trop profondément;
- 5° Qu'elle coule uniformément et facilement de la plume;
- 6° Qu'elle ne moisisse pas.

(1) Il ne serait pas convenable de faire bouillir le sulfate de fer avec la noix de galle, parce que cette dernière ne se traiterait pas complètement épuisée. Le précipité noir se dépose sur la noix de galle, de manière que l'eau ne peut pas bien y pénétrer et se renouveler; cependant la plupart des recettes indiquent l'ébullition de la noix de galle avec le sulfate de fer.

(2) M. Payen indique 5 parties de noix de galle et 2 p. de sulfate de fer, et son encre est excellente, d'après le témoignage des personnes qui en font usage.

Couleur foncée. La couleur noire provient, comme nous l'avons dit, du gallate de fer et du tannate de fer; elle n'est à son maximum que quand le fer est très oxydé; aussi elle ne s'acquiert qu'avec le temps dans la plupart des encres.

Solidité. Elle consiste dans les proportions des mélanges; elle est augmentée par la gomme et le sucre; ces corps forment un vernis qui préserve l'acide gallique et le fer du contact de l'air. On l'obtient encore plus sûrement quand on ajoute à l'encre un corps dont la couleur ne change pas ou difficilement (bleu de Prusse, noir de fumée, indigo, etc.) On ne peut les employer seuls, parce que les traits s'effacent trop facilement. Peut-être l'addition de l'alcool et de la résine serait utile pour cet objet.

Rapidité du séchage. La rapidité du séchage est d'autant plus grande que l'on a mêlé avec l'eau moins de corps épaississants, moins de gomme et de sucre. Le dernier surtout rend l'encre coillante, même après le séchage. L'encre faite avec de l'eau-de-vie forte sèche vite, mais elle s'évaporerait trop vite dans l'écritoire, et reviendrait trop cher.

Pénétration. La fixité réside principalement dans l'action du sulfate de fer ou de l'acide sulfurique libre; et dans la porosité du papier. Elle est principalement importante pour la conservation de l'écriture, etc., parce que les traits ne peuvent être rendus invisibles sans altérer le papier. Si on emploie de l'encre trop épaisse, la pénétration n'a pas lieu, c'est ce qui arrive avec l'encre qui contient trop de sucre. Le collage du papier et les matières épaississantes préviennent une trop grande pénétration et le collage de l'encre.

Coulage. L'encre trop liquide coule trop facilement; l'encre trop épaisse coule trop difficilement: ce dernier inconvénient provient d'un excès de gomme. Une petite addition de sucre en poudre ou de mélasse prévient cet effet.

Moyen de prévenir la moisissure. On a proposé beaucoup de moyens pour s'opposer à la moisissure, mais la plupart de ces moyens n'ont pas complètement réussi. La cause de ce phénomène provient de ce que la décoction de noix de galle contenait trop de matières glutineuses, ou que celle-ci était de mauvaise qualité. On peut prévenir cet effet en laissant la décoction à l'air jusqu'à ce que le muilage soit décomposé, et l'employer seulement alors; les encres ainsi obtenues ne moisissent pas. Ensuite le meilleur moyen est l'emploi des clous de girofle; on en met quelques-uns dans l'écritoire. Le sublimé-corrosif (deuto-chlorure de mercure) ou l'acétate de mercure détruisent aussitôt la moisissure; mais la propriété vénéneuse de ces substances rend leur usage dangereux. L'acétate de nickel empêche aussi la moisissure, l'eau-de-vie produit aussi quelque effet; mais elle affaiblit un peu l'encre, parce qu'elle précipite des matières colorantes; le camphre a été employé avec succès par Bancroft; mais il se volatilise bientôt. Le pyrolignite de fer, employé à la place du sulfate de fer, est très bon. La soude, le salpêtre, le sel marin, le sel ammoniac, agissent un peu, mais faiblement; le premier nuit à la couleur, les autres à la durée de l'encre. L'alun n'empêche pas la moisissure, il la provoque plutôt.

Nous avons emprunté à l'ouvrage de Leuchs sur les matières tinctoriales (4) une grande partie de ce qui précède sur la préparation et les propriétés des encres; et c'est un devoir pour nous de citer ici le nom de ce technologiste distingué dont les travaux sont fort estimés dans toute l'Allemagne.

Nous mentionnerons aussi, à titre de renseignement, les fluides pour remplacer les encres à écrire, inventés par M. Stephens, chimiste de Londres, dont la pré-

(4) Cet ouvrage a été traduit en 1829, par M. Péctet.

paration ne nous est pas bien connue. Nous savons seulement que le principe colorant est le bleu de Prusse (prussiate de potasse) combiné avec l'acide gallique.

Au nombre de ces fluides, nous citerons en première ligne, comme servant aux usages les plus généraux, l'encre bleu-noir, ainsi appelée parce que sa couleur d'abord d'un beau bleu, devient ensuite du noir le plus foncé. Ce fluide coule de la plume avec facilité et permet de faire les déliés les plus délicats; il se distingue par la permanence de sa limpidité, l'absence de toute moisissure et de rouille sur les plumes métalliques. Tant d'avantages réunis nous portent à dire que cette encre égale au moins les meilleures encres connues, si elle ne les surpasse pas.

A défaut de la préparation et de la composition de l'encre de Stephens, nous donnons celle de Perry, qui est aussi fort en réputation en Angleterre.

Les ingrédients employés dans la composition de cette encre sont, dans les proportions suivantes, pour une quantité de 325 litres.

Noix de galle concassées.	9 kilogram.
Sulfate de fer	4
Bois d'Inde.	4

que l'on fait bouillir dans une quantité suffisante d'eau. Quand la teinture est bien faite, on retire les noix de galle et le bois d'Inde qui sont épuisés et on ajoute :

Sucre blanc.	4 kilogram.
Gomme arabique.	4

On fait évaporer jusqu'à la consistance d'un extrait liquide, puis on y ajoute :

Indigo en poudre.	250 gram.
Hydro-chlorate d'ammoniaque.	375
Essence de citron	32
Essence de lavande	96
Acide acétique	250
Cyaure de potassium	425

On incorpore bien le tout ensemble, et l'encre est faite. Cette encre est très convenable pour être employée avec des plumes métalliques ou des plumes d'oie; elle offre la facilité de pouvoir obtenir des teintes différentes, soit claires, soit foncées, en y ajoutant la quantité d'eau nécessaire.

Formule de l'encre liquide de M. Tarry.

On prend : noix de galle en poudre.	425 gram.
Gomme en poudre.	48 —
Sulfate de fer calciné.	36 —
Eau de pluie.	4750 —

On fait infuser la noix de galle dans l'eau pendant l'espace de 24 heures, en remuant de temps en temps; on filtre l'infusion à travers un filtre de papier non collé; on fait dissoudre la gomme dans une partie de l'infusion en la broyant dans un mortier; lorsque la dissolution est opérée, on ajoute le sulfate de fer, on agite et on laisse reposer.

Depuis peu de temps, on vend dans le commerce, comme une invention, des encres liquides dites indélébiles, qui consistent en un charbon très divisé et tenu en suspension dans l'eau alcaline au moyen de la gélatine rendue liquide par une ébullition prolongée. Ces encres ne sont, à proprement parler, que des encres de Chine liquides, plus durables sans doute que l'encre noire formée d'acide gallique, de tannin et d'oxyde de fer; mais qui ne sont pas réellement indélébiles, comme nous le prouverons plus tard.

Du reste, l'Anglais Bosvel avait obtenu, dès l'année 1847, une encre semblable par un procédé qui a été décrit dans les journaux et publications de l'époque (4); et le savant D'Arcet écrivait à cette occasion

(1) *Annales des arts et manufactures*, tome XXIII, page 55.

qu'on avait déjà indiqué plusieurs fois les alcalis caustiques comme un excellent moyen de diviser le charbon à l'infini, et de le rendre par là très propre à la fabrication de l'encre de la Chine, ou en général à celles des encres indélébiles (voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, tom. XIII, pag. 92). On peut donc préparer une encre basée sur les mêmes principes, sans crainte d'aucune poursuite en contrefaçon.

Encre à écrire solide. Tout le monde sait que l'encre liquide expose ceux qui en font usage, à des accidents parce que la bouteille qui la contient est sujette à se casser, et que par suite, les meubles, les habillements et les mains sont salis et tachés.

C'est pour prévenir les accidents et faciliter en même temps les relations de ce genre de commerce, que plusieurs chimistes ont indiqué l'emploi et la préparation des encres solides en tablettes (voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, tom. 22, pag. 78. *Manuel du papetier*, par Julia de Fontenelle, 1828, pag. 278.); mais les marchands et les consommateurs ne les ont pas généralement adoptées.

Du reste, comme la composition des meilleures encres à écrire solides est encore celle des encres de la Chine, nous nous bornerons à indiquer la préparation de ces dernières.

II. ENCRE DE LA CHINE.

Cette encre est connue depuis un temps immémorial, puisque l'on possède des dessins et des gravures grossières des Chinois et des Japonais, qui datent de plus de 300 ans avant J.-C.

Pendant longtemps on a émis des opinions différentes sur la préparation de cette substance; cependant on savait dès l'origine qu'elle se fabriquait avec du charbon ou du noir de fumée, et une dissolution de gélatine de corne de cerf mêlée d'un peu de musc et de camphre.

Suivant Hermann (1) et Fourcroy (2), les Chinois la préparent avec de la sépia, liquido noir que donne un poisson nommé seche.

Dans son *Système de chimie* (édition de 1807, traduction de Riffaut), Thompson dit que la préparation de l'encre de la Chine consiste dans un mélange de noir de fumée avec une solution de gomme-laque par le borax.

D'après la recette publiée par le P. Duhalde, comme extraite d'un livre chinois, on fait bouillir dans de l'eau du suc de gingembre et diverses plantes désignées par les noms du pays et inconnus de nos botanistes; on clarifie et l'on fait évaporer jusqu'à la consistance d'extrait.

On ajoute sur 330 gram. de cet extrait, 425 gram. de colle de peau, puis on incorpore dans ce mélange 320 gram. environ de noir de fumée; on en fait une pâte homogène qui prend différentes formes et des dessins, lettres, etc., en relief, dans des moules où on la comprime. Au sortir de ces moules, on tient pendant quelque temps les bâtons d'encre plongés dans de la cendre (3).

Suivant le Jésuite Nicol-Trigault, on prend en Chine le noir de fumée des lampes à l'huile, que l'on recueille sur des assiettes qui sont suspendues au-dessus des lampes.

John pensait que l'encre de Chine était composée de sépia et de noir de fumée résineux (4); mais plus

(1) Pauli Harmani, *Cynosura*, tome I, page 44.

(2) Fourcroy, *Système des connaissances chimiques*.

(3) Cette préparation qui, au premier abord, paraît incomplète, puisque nous ne connaissons pas, disent les auteurs, la nature des plantes indiquées, est très facile à faire, à notre avis, si on emploie une décoction de racine de saponaire, ou de toute autre plante détersive.

(4) L'histoire nous apprend que dans l'empire romain on donnait à l'encre le nom de la sèche, *sepiâ* (Pers. 1b). Or

tard il se convainquit qu'elle se composait d'un charbon fin, d'un peu de musc, de camphre et de colle animale. Il composa une très bonne encre de Chine avec du noir de fumée de lampe et une décoction de colle de poisson.

Kasleteyn (1) assure avoir composé une très bonne encre de la Chine de la manière suivante : il incorporait à chaud du noir de fumée, préalablement calciné avec une solution de colle de poisson ; il évaporait à consistance convenable, puis il coulait la matière dans les moules.

Proust dit que le noir de fumée traité par la potasse et broyé avec la colle, lui a donné une encre que les gens de l'art ont trouvée supérieure à la véritable encre de la Chine.

Ainsi de tous les travaux et essais des chimistes modernes, il résulte donc que les matières premières de l'encre de Chine sont :

1° *Le charbon.* C'est la base principale ; on peut l'obtenir de différentes manières ; pour l'encre la plus fine, il faut prendre du noir de lampe ou du noir de fumée provenant de la combustion de bois résineux, etc. (voyez NOIRS). On peut tout simplement le purifier par la calcination, ou bien on le traite par une lessive alcaline ou par l'alcool à 28 degrés, pour le dépouiller entièrement des matières huileuses ou résineuses qu'il contient toujours. On le lave d'abord dans l'acide sulfurique étendu d'eau pour en enlever les sels solubles.

Nous savons qu'un fabricant d'encres de Chine, en Allemagne, emploie mystérieusement le noir provenant de la combustion du camphre, et son encre est justement renommée.

En 1823, Frantz Steiner obtint en Autriche un brevet pour la fabrication d'encre de la Chine, avec du charbon de papier et de linge, que l'auteur prétendait être équivalente à celle de la Chine.

Pour les encres inférieures on emploie des noirs plus grossiers, celui de liège, de coton, de marc de raisin, de noyaux de pêche, etc. ;

2° *Une dissolution de gélatine ou colle animale* qui a subi un commencement d'altération ; on l'obtient soit par une ébullition prolongée, soit en l'extrayant des os dans une machine à forte pression, comme la marmite de Papin, soit en versant dans cette gélatine fondue un peu d'infusion de noix de galle, et en redissolvant le précipité par l'ammoniaque.

Plusieurs auteurs ont préconisé la dissolution de colle de poisson comme bien préférable, parce qu'elle se putréfie moins facilement que la colle ordinaire ; mais on peut toujours, pour empêcher la fermentation, ajouter un peu d'alun et de colle de parchemin, etc.

L'eau de gomme, avec un peu de sucre, peut être également employée. La gomme adragante employée seule rend l'encre de Chine trop rude ;

3° *Corps odorants.* On emploie du musc, du camphre, etc.

La préparation de l'encre de Chine à l'aide des mélanges que nous venons d'indiquer ne présente aucune difficulté ; on broie parfaitement les matières charbonneuses avec les dissolutions gélatineuses ; on presse la pâte dans des formes huilées, en fer, en tôle, en étain, en zinc ou en bois, qui doivent être environ un tiers plus grandes que les morceaux d'encre secs ; et on les laisse sécher. Les marques sont placées en relief dans les formes, ou bien on les fait avec des cachets en cuivre jaune, quand la matière est à moitié sèche. La dorure et l'argenture se font par les procédés connus, c'est-à-dire avec un mordant ou vernis gras au copal, sur le-

quel on applique la feuille, d'or ou d'argent, lorsqu'il est à moitié sec.

Nous ne donnerons pas ici les diverses recettes des encres de Chine qui ont été publiées jusqu'à ce jour, et dont nous n'avons pas été en position d'éprouver la qualité. Nous nous bornerons à indiquer celle de Mérimée dont nous avons reconnu tous les avantages.

« La colle la meilleure est celle qui, trempée dans l'eau, ne fait que se gonfler sans rien laisser dissoudre. On en trouve rarement de pareille dans le commerce, mais à son défaut, on peut se servir avec succès de la colle de Flandre.

« Après l'avoir fait tremper pendant quelques heures dans environ 3 fois son poids d'eau acidulée par 1/10^e d'acide sulfurique, on jette l'eau qui contient la portion trop soluble de la colle, et on la remplace par de l'eau légèrement acidulée. On fait bouillir cette colle pendant une heure ou deux, et l'ébullition la modifie au point qu'elle ne se prend plus en gelée en refroidissant.

« On sature ensuite l'acide avec la craie que l'on projette peu à peu, jusqu'à ce que le papier réactif indique que la saturation est complète. On filtre à travers du papier, et la dissolution qui passe est parfaitement transparente.

« On prend environ le quart de cette colle, sur laquelle on verse une dissolution concentrée de noix de galle. La gélatine est aussitôt précipitée et produit une matière élastique résiniforme.

« On lave cette matière avec de l'eau chaude et on la dissout à chaud dans la colle clarifiée ; on filtre encore cette colle et on la fait rapprocher au point convenable, afin qu'en l'incorporant avec le noir de fumée, on ne soit pas obligé d'attendre longtemps que la pâte ait acquis la consistance nécessaire pour être moulée.

« Le principe astringent contenu dans les sucs végétaux ne précipite plus la gélatine lorsqu'on a saturé l'acide qu'il contient. On peut donc faire bouillir avec de la magnésie ou de la chaux la noix de galle ou tout autre végétal abondant en principe astringent (1), et mêler ensuite à la colle la décoction filtrée ; il n'y aura pas de précipité et la colle ainsi préparée sera d'autant moins soluble, après sa dessiccation, qu'elle contiendra plus d'astringent.

« Ce n'est que par tâtonnement qu'on arrivera à connaître la proportion la plus convenable de matière astringente qu'il faut combiner avec la colle.

« De quelque manière qu'on prépare l'excipient qui doit être mêlé avec le noir, il faut qu'il soit tellement clarifié qu'en le délayant dans beaucoup d'eau il ne laisse rien précipiter. Il n'y aura plus qu'à le concentrer par l'évaporation au point convenable.

« C'est aussi par tâtonnements qu'on pourra déterminer les proportions relatives de noir (2) et de colle, puisque cette colle peut être plus ou moins concentrée ; mais on parviendra sans peine à trouver la meilleure proportion en faisant les deux essais suivants :

« On appliquera, au pinceau, une légère couche d'encre sur de la porcelaine, et avec une plume on écrira sur le papier. Si l'encre est luisante sur la porcelaine, c'est une preuve qu'elle est suffisamment collée ; si, après sa dessiccation sur le papier, on ne la détrempe pas avec un pinceau imprégné d'eau, c'est une preuve qu'il n'y a pas trop de colle.

« En Chine, les moules sont en bois : on pourrait les avoir en argile cuite ; cette terre se moule parfaitement, et lorsqu'elle n'a pas été demi-vitriifiée par le feu, elle happe fortement à la langue. Elle boirait donc en

employait quelquefois cette matière pour de l'encre (Cicéron, de Nat., DDII, page 401 ; Plin., livre XVI, ch. LXIV, § 36).

(1) Journal de physique de Hollande, (1791).

(1) Cette encre serait très bonne ; mais elle n'aurait pas comme celle de Chine la propriété de se délayer dans le vinaigre.

(2) Le noir de fumée léger, provenant de la combustion de l'huile ou de la graisse.

peu de temps une partie de l'humidité de la pâte; ce qui faciliterait sa sortie des moules peu après qu'elle y aurait été comprimée. On entrecraie ensuite les bâtons d'encre dans la cendre, afin qu'en séchant, ils ne puissent se fendre, et l'on ferait sécher les moules au soleil ou dans une étuve. Si après un long sursis leurs pores se trouvaient bouchés au point de ne plus absorber l'humidité, on les ferait bouillir dans une lessive caustique et sécher ensuite, ou bien on les ferait rougir au feu (A). »

Moyen de reconnaître la bonne encre de Chine. L'encre de Chine est moulée en pains ou bâtons de différentes formes ou grandeurs, ornés le plus ordinairement sur leurs surfaces de caractères chinois et de figures bizarres, recouvertes souvent d'une feuille d'or. On en trouve de deux espèces, l'une d'un beau noir très foncé et tirant légèrement sur le bleu, l'autre d'un noir rousâtre. La cassure de bonne encre de Chine est d'un noir luisant. La pâte en est fine et parfaitement homogène.

Pour la reconnaître, il faut frotter le bout du bâton dans un godet avec un peu d'eau, et laisser ensuite sécher rapidement le morceau d'encre et l'encre du godet. Si l'encre faite et la partie du pain qui a été frottée sont troubles, graveleuses et ternes, c'est une marque infaillible que cette encre ne vaut rien. Si, au contraire, elles sont claires, unies et brillantes, l'encre doit être bonne, surtout si en séchant sa surface se couvre d'une pellicule d'aspect métallique. Après cette première épreuve, on peut faire, dans un godet, de l'encre assez épaisse pour tracer un trait bien pur et bien noir; lorsqu'il est sec, on passera dessus avec le pinceau une couche d'eau pure; si l'encre qui a servi se délaie, si le trait s'élargit et devient inégal, c'est un signe de la mauvaise qualité de cette encre; car elle doit supporter le lavis sans aucune altération.

L'encre de Chine étant considérée comme indélébile par les réactifs, la commission nommée par l'Académie des sciences pour examiner les moyens de prévenir la falsification des actes en billets de commerce, a proposé les encres suivantes :

N° 1. *Encre indélébile ou ineffaçable* (2), avec des plumes d'oie. Encre de Chine délayée dans l'eau acidulée par l'acide hydro-chlorique du commerce, et marquant 1 degré et demi à l'aréomètre de Baumé.

N° 2. *Pour écrire avec des plumes métalliques.* Encre de Chine délayée dans l'eau rendue alcaline par la soude caustique et marquant 4 degrés à l'aréomètre de Baumé.

M. Dumas a donné dans son rapport les explications scientifiques que nous transcrivons ici.

Les personnes qui ont fait quelques études chimiques, et qui savent que l'encre de Chine est formée de charbon excessivement divisé, comprendront sans explication particulière les motifs qui ont déterminé l'ancienne commission dans le choix de cette encre. Elles se rappelleront en effet que le charbon est insoluble et inattaquable par tous les agents connus à de basses températures, et que le papier serait toujours détruit avant que le charbon fût atteint lui-même.

Mais si l'encre de Chine est toujours indélébile en ce qui concerne les agents chimiques; il serait possible, à la rigueur, qu'elle fût effacée par des moyens mécaniques; c'est ce qui aurait lieu si elle ne pénétrait pas dans la pâte même du papier.

Il y a donc une certaine relation à établir entre l'acide ou l'alcali qui, ajoutés à l'encre de Chine, ont

(1) M. Mérimée mêlait un peu de camphre dans l'encre préparée, et il attribuait à cette matière la facilité avec laquelle l'encre se moultait.

(2) Voir le rapport de M. Dumas, en date du 15 février 1837.

pour objet de la faire pénétrer dans le papier et le collage du papier lui-même.

Plus le papier serait collé, plus il faudrait d'acide hydro-chlorique et de soude pour déterminer cette pénétration qui constitue toute la garantie contre les falsifications. Les doses indiquées par la commission se rapportent aux papiers ordinaires du commerce. Pour des papiers extraordinaires, des papiers surcollés, il faudrait les augmenter.

Si le papier sur lequel on écrit est légèrement humide, l'encre pénètre mieux, et la garantie qu'elle présente en est augmentée. Aussi serait-il bon dans un cas important, d'humecter très légèrement le papier, d'attendre une ou deux minutes pour laisser à l'humidité le temps de pénétrer dans toute l'épaisseur de la feuille, puis enfin d'écrire avec l'encre de Chine récemment délayée dans la liqueur acide.

Mais des essais récents ont constaté que l'encre de Chine acidulée pouvait être détruite même sans le secours d'agents chimiques très puissants.

III. ENCRE A MARQUER LE LINGE ET LES ÉTOFFES.

En 1805, Haussmann proposa l'emploi du sulfate et de l'acétate de manganèse pour la fabrication d'une encre indélébile propre à marquer le linge; plus tard il indiqua la composition suivante :

Faites dissoudre de l'asphalte dans une quantité suffisante d'essence de térébenthine; broyez avec cette dissolution du noir de fumée ou de la plombagine en poudre fine, et appliquez-la avec des caractères à jour ou en relief (1).

On peut employer aussi l'encre de Chine délayée avec de l'acide hydro-chlorique, faible (2), composition que le savant chimiste Berzelius, et après lui l'Académie des sciences, avait recommandé comme le meilleur préservatif contre toutes les falsifications d'écriture (voir le rapport de M. D'Arcet, du 6 juin 1831, et celui de M. Dumas, du 13 février 1837).

M. Pajot-Laforet a indiqué plusieurs procédés pour composer une encre à marquer le linge (3). Nous donnons la recette de celle qui nous paraît la plus simple. Elle consiste à prendre 64 gram. de nitrate de manganèse pur et concentré, qu'on mêle à une égale quantité d'une forte décoction de noix de galle d'Alep; on ajoute ensuite à ce mélange 32 gram. de bonne encre ordinaire à écrire, ce qui forme une encre à marquer le linge d'une grande soléitude.

Pour se servir de cette liqueur, il faut préalablement que l'endroit du linge que l'on veut marquer soit imbibé d'un mordant composé de prussiate de potasse dissous dans l'eau distillée, qu'on gomme suffisamment pour empêcher l'encre à marquer de se répandre au-delà des chiffres ou lettres que l'on emploie pour marquer le linge.

Recette de l'encre dite anglaise

Liquueur n° 1.

On prend : sous-carbonatade	
soude.	16 grammes;
Eau de rivière.	428 —
Gomme arabique.	12 —

On fait dissoudre la gomme dans l'eau, puis on ajoute le sous-carbonate de soude qui s'y dissout avec facilité.

(1) On peut remplacer avec avantage le noir de fumée par du crayon noir à dessiner, réduit en poudre très fine. Le vernis des imprimeurs, mêlé avec de l'oxyde de fer et de la sanguine, produit une encre assez résistante; on se sert aussi du crayon noir ou de la sanguine seulement.

(2) 400 p. de cet acide doivent pouvoir dissoudre 5 p. de marbre blanc.

(3) Voir le Journal des Connaissances usuelles, tomes XVI et XVII.

ENCRE.

Liquueur n° 2.

On prend, d'autre part :

Nitrate d'argent.	40 grammes;
Gomme arabique.	42 —
Eau distillée.	24 —

On fait dissoudre la gomme dans l'eau, puis on ajoute le nitrate d'argent qui s'y dissout très facilement.

Les liqueurs préparées doivent être conservées à part.

Lorsqu'on veut s'en servir on agit de la manière suivante :

On prend la liqueur n° 4 avec une petite éponge, et on mouille la place sur laquelle on veut écrire, on sèche ensuite, en se servant d'un fer à repasser qui unit la place qui a été mouillée.

Lorsque la place est ainsi séchée et polie, on écrit avec une plume qui a été plongée dans la liqueur n° 2. Cette plume imprégnée du liquide fournit des traits colorés, figurant le nom ou tout autre dessin, selon la volonté de la personne qui écrit.

On peut, si l'on ne veut pas écrire, faire préparer par un graveur ses initiales, son chiffre, à jour, sur une petite plaque d'argent. On mouille la place avec la liqueur n° 4 ; on sèche au fer à repasser, puis on applique la plaque d'argent, et à l'aide d'une brosse trempée dans la liqueur n° 2, on passe de la liqueur sur les parties de la plaque découpée à jour ; on a soin de bien presser la plaque pour que la liqueur n° 2 ne dépasse pas la lettre, ce qui causerait du bavochage, c'est-à-dire que les lettres ne seraient pas bien nettes.

Avant que le linge ne soit lavé, on l'expose aux rayons du soleil ou à la lumière d'un beau jour, afin de faire noircir le nitrate d'argent. Cette encre s'enlève, au besoin, par l'action du chlore ou de la vapeur d'ammoniaque.

Autre composition. Noix de galle, 32 grammes ; camphre, 46 gram., bouillis dans un demi-litre d'eau, pèchez et ajoutez 4 gram. de nitrate d'argent et 8 gram. de gomme arabique ; on marque, au moyen d'une plume à bec court et peu fendue, le linge mouillé avec une solution de 32 gram. de potasse et de 64 gram. d'eau. A l'aide de cette méthode économique, généralement employée en Angleterre, l'inscription ne peut disparaître qu'en enlevant le morceau ; elle permet en outre d'écrire les noms en entier, ce qui évite une foule d'erreurs et de pertes. Les lettres sont d'abord peu apparentes, mais le contact de l'air et l'influence de la lumière et du soleil leur donnent bientôt une couleur noire foncée.

Autre composition qui n'a besoin d'aucun autre apprêt pour être employée ; il suffit d'avoir un petit tampon sur lequel on étend un peu de liquide, et avec un cachet en bois fixe ou mobile, on imprime sur le linge et on laisse sécher.

Composition de la liqueur :

Nitrate d'argent.	30 grammes;
Gomme arabique.	30 —
Eau distillée.	425 —
Noir de fumée.	8 —

Mélez intimement ces substances, en remplaçant la gomme par la même quantité d'encre de Chine, on a une couleur encore plus foncée.

IV. ENCRE COLORÉES.

Presque toutes les encres rouges et jaunes peuvent être considérées comme des LAQUES (voyez ce mot), dont on retarde la précipitation en augmentant la densité de la liqueur au moyen de la gomme.

Encre rouge faite avec le carmin. On fait dissoudre

ENCRE.

du carmin en poudre dans l'ammoniaque liquide, et on laisse évaporer l'excès d'alcali ; en cet état on y ajoute un peu de mucilage de gomme arabique, et on conserve le liquide dans de petites bouteilles ; cette encre est très belle, mais elle est un peu chère.

Encre faite avec le bois de Brésil ou de Fernambouc. 16 parties de bois de Fernambouc râpé ou moulu, et bouilli dans une quantité d'eau suffisante avec une partie d'alun dissous dans du vinaigre rectifié ; on laisse reposer la solution pendant trois semaines et on filtre. Quand il ne se forme plus de dépôt, on peut ajouter un peu de gomme et de sucre.

Cette encre est belle et s'améliore avec le temps. Si on prend 1/3 d'alun de moins, la couleur est plus vive, et par le temps elle devient moins brunâtre, parce que cette nuance provient d'un excès d'alun. On peut aussi faire bouillir un peu de cochenille avec le Fernambouc. On dit qu'en employant de l'eau-de-vie, on obtient de plus belles couleurs du Fernambouc qu'avec l'eau pure ou le vinaigre.

Encre faite avec le vermillon. On bat le blanc de quatre œufs avec une cuillerée à café, d'alcool et de sucre candi ; on mélange le vermillon réduit en poudre très fine.

Il faut que cette matière soit agitée pour s'en servir.

Encre jaune. — Avec la gomme-gutte : 4 parties de gomme-gutte, 1 p. de gomme arabique dissoute par l'ébullition dans 12 parties d'eau ; on peut aussi ajouter un peu de safran.

Encre faite avec le safran. Les décoctions de safran et de carthame mélangées avec de la gomme arabique donnent une encre jaune, mais chère.

— avec le bois jaune. On le fait bouillir dans l'eau avec un peu d'alun, et on ajoute un peu de gomme ; on avive la couleur en ajoutant un peu de gélatine liquide, avant la filtration, pour précipiter le tannin.

— avec la graine d'Avignon. 8 parties de graines bouillies avec 32 p. d'eau et 4 p. d'alun, pendant une heure environ ; filtrer et ajouter un peu de gomme, et de l'eau, si la liqueur est trop épaisse.

Encre bleue faite avec l'indigo. On arrose une partie du meilleur indigo, pulvérisé, avec 6 parties d'acide sulfurique concentré, en remuant avec une tige de verre. On abandonne la liqueur pendant quelques heures, et on la verse goutte à goutte en remuant fortement dans 3 à 5 litres d'eau froide. Ensuite on jette dans la liqueur de la craie tant qu'il se forme une effervescence ; on laisse reposer quelques jours et on filtre.

L'acide doit être saturé par la craie, autrement il altérerait le papier. On peut aussi ajouter de la gomme.

Encre faite avec le bleu de Prusse soluble. On le réduit en poudre très fine, on le broie avec un mucilage épais de gomme arabique, et on le délaie ensuite avec de l'eau gommée jusqu'à ce que la consistance soit telle que l'encre coule facilement dans la plume. Si l'on veut, on ajoute à l'encre un peu de sucre en poudre ou de fiel de bœuf. (Voyez à l'article BLEU DE PRUSSE procédé Stephens et Nax, le moyen de rendre le bleu de Prusse soluble : nous ferons remarquer cependant que ce moyen ne réussit qu'avec le bleu de Prusse anglais).

Encre verte. On mélange une des encres bleues avec une des encres jaunes.

Encre violette. Mélange de l'encre rouge avec l'encre bleue.

Encre orange. Mélange de l'encre rouge avec l'encre jaune.

Encres métalliques. On prend des poudres métalliques très fines, bronze, argent, or, etc. ; et on les broie séparément avec de la gomme, un peu de sucre ou de miel et de fiel de bœuf purifié. Quand l'encre est sèche on peut la lisser avec un BRUNISSON.

Encres sympathiques. On appelle ainsi toutes les li-

ENCRE.

queurs avec lesquelles on trace des caractères invisibles sur le papier, et qui apparaissent ensuite sous différentes couleurs par l'action des agents chimiques. On les divise en trois classes :

La première classe comprend les encres invisibles qui apparaissent par l'emploi d'un autre réactif ;

La deuxième classe comprend celle dont l'écriture invisible devient colorée en l'exposant à la chaleur ;

La troisième classe est celle des encres invisibles dont l'écriture tracée avec un corps collant, gras et incolore, apparaît en la couvrant avec quelque poudre colorée.

On peut lire les recettes de ces encres qui sont détaillées et expliquées dans la physique amusante de M. Julia de Fontenelle, et le *Manuel de chimie amusante* de M. Riffaut. Elles sont de trop peu d'importance pour nous y arrêter.

V. ENCRE AUTOGRAFIQUES ET LITHOGRAPHIQUES.

Recette de M. Crussel, écrivain autographe du ministère de la guerre, auquel la Société d'encouragement a décerné, en 1830, le prix de 200 francs, proposé par elle pour la meilleure encre autographique.

Composition. 8 grammes de cire vierge, 2 gram. de savon blanc, 2 gram. de gomme laque, et 3 cuillerées à bouche de noir de fumée.

Préparation. On fait fondre ensemble la cire et le savon, et avant que ce mélange s'enflamme, on y joint le noir de fumée, que l'on remue avec une spatule ; on laisse brûler le tout pendant trente secondes, on éteint la flamme, puis on ajoute peu à peu la laque, en remuant toujours ; on remet le vase sur le feu pour faire l'amalgame, jusqu'à ce qu'il s'enflamme ou soit prêt à s'enflammer ; on éteint la flamme et l'on ne verse dans le moule que lorsque l'encre est un peu refroidie.

Propriétés. On peut, avec cette encre, faire des traits aussi fins qu'avec le burin, et des pleins aussi forts que l'on veut, sans craindre qu'elle s'étende au transport ; sa composition indique qu'elle peut se conserver en bâton sans se détériorer, et que les traces sur le papier lithographique peuvent se conserver aussi des années avant d'en faire le transport ; elle est donc à la fois bonne et inaltérable.

Observations. On pourrait faire une encre qui serait plus lente à se coaguler, en ne mettant que 4 gram. 1/2 ou même 4 gramme de savon ; mais, si elle est un peu trop brûlée, elle ne se transporte pas bien, parce qu'elle est trop sèche ; celle dont la composition est donnée ci-dessus n'a pas cet inconvénient. Si elle se coagule trop vite, donnez-lui une flamme ; si elle est un peu trop brûlée, elle est encore bonne. On ne risque donc jamais de perdre son temps et ses matières.

On sera peut-être surpris de ne pas trouver de suif dans cette composition ; nous avons observé que l'encre qui en contient une petite quantité est bonne quand on l'emploie de suite, et que le transport se fait aussi de suite ; mais que le suif séchant promptement, son effet devient nul, et souvent des ouvrages transportés 4 à 5 jours après qu'ils sont écrits paraissent défectueux, bien que faits par une main très exercée. Si le suif est employé en plus grande quantité, les traits s'étendent au transport, et si le transport se fait longtemps après le tracé, la défectuosité est encore plus sensible (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, tome XXX, page 265.)

Emploi. Il est nécessaire de dissoudre cette encre à chaud, on peut ensuite y ajouter de l'eau froide. Pour cela, on fait chauffer fortement une soucoupe devant le feu ou à la flamme d'une bougie, en même temps on promène un bâton d'encre jusqu'à ce qu'il y en ait assez de fondu. On ajoute de l'eau qu'on laisse bouillir dans la soucoupe. On retire la soucoupe, et on délaie l'encre avec un bouchon ; s'il y a trop d'eau, on fait

ENCRE.

évaporer ; s'il n'y en a pas assez, on en ajoute de la froide.

Encre lithographique de M. Lemercier.

Proportions. Cire jaune 4 parties ;
Suif de mouton épuré 3
Savon blanc de Marseille . 43
Gomme laque en feuille . . 6
Noir léger 3

On peut changer les proportions qui précèdent, si on veut rendre cette encre applicable à un usage particulier ; ainsi, supposant qu'on veuille aciduler fortement pour mettre le travail à l'encre en relief ; on augmentera la proportion du suif, observant d'ajouter, dans le même rapport, à la proportion du savon. L'encre où on aurait mis plus de suif que précédemment, nécessiterait aussi un peu plus de noir.

Fabrication. Il faut avoir une casserole de cuivre ayant un long manche, munie de son couvercle, et une cuillère en fer. On commence par faire fondre les ingrédients pour l'encre dans le même ordre que pour la fabrication des crayons ; le savon étant fondu, on ajoute la gomme laque par petites pincées, agitant continuellement, et ayant attention de n'en remettre qu'après que celle précédemment ajoutée est fondue. Lorsque l'on a fait l'addition de toute la gomme laque, on augmente le degré de chaleur, jusqu'au moment où la vapeur blanche qui se dégage commence à s'épaissir. Alors on retire la casserole du feu, et on enflamme la matière ; supposant qu'on ait pris par 34 grammes chacune des proportions précédentes, on laissera brûler pendant une minute au plus ; ensuite on éteint la flamme, on laisse la fumée se dégager et la masse refroidir pendant une demi-minute ; puis on fait l'amalgame du noir, en le délayant pendant plusieurs minutes, après lesquelles on remet la casserole sur le feu, en continuant toujours de remuer la masse. On laisse cuire un quart d'heure environ. La cuisson étant terminée, on laisse l'encre refroidir un peu, et on la verse sur un marbre que l'on a frotté d'avance avec du savon, ce qui facilite l'enlèvement de la matière refroidie ; arrivé à ce point, on la fait refondre, pour mieux mélanger et raffiner sa pâte ; ce moyen est bien préférable à celui du broyage, qui est très difficile, attendu qu'il ne peut être fait qu'à chaud. En faisant refondre la pâte, il est essentiel de la remuer sans cesse et de la maintenir à une chaleur tempérée. Cette seconde opération étant terminée, on coule l'encre dans un cadre en bois posé sur le marbre qui a déjà servi, et avant que l'encre soit tout à fait refroidie, on la divise par morceaux, en la coupant avec une lame de couteau ; il faut ensuite la laisser sécher parfaitement avant de l'employer.

Nous pourrions multiplier les recettes d'encres autographiques et lithographiques, qui varient seulement dans la proportion de certaines matières, et qui sont du reste à peu près semblables, quant à la nature et à la composition des substances réunies.

Ainsi, on retrouve dans toutes les encres du savon ou un alcali fixe (soude ou sous-carbonate de soude), du suif ou de la graisse, de la cire, de la gomme laque et du noir de fumée. Dans quelques-unes, cependant, on trouve de la térébenthine de Venise et du mastic en larmes ; mais on a reconnu par l'expérience et par la pratique que les encres qui renferment ces ingrédients sont d'une qualité inférieure, c'est-à-dire peu faciles à employer et peu résistantes à l'acidulation.

Il résulte même de l'examen que nous avons fait des recettes des meilleures encres lithographiques, que leurs ingrédients sont répartis dans les proportions suivantes : savon ou alcali, 1 partie ; corps gras (suif, cire, résine ou gomme-résine), 5 parties ; noir de fumée, quantité suffisante pour colorer. Mais le talent du fa-

ENCRE.

bricant d'encre consiste à choisir les corps gras dans un état de pureté suffisant, et à les mélanger avec soin, et dans des proportions convenables.

Voici les données de M. Joumar, écrivain-lithographe fort habile, sur l'encre lithographique.

« Outre la facilité avec laquelle on doit l'employer, deux qualités sont indispensables à l'encre : la résistance et la solidité.

« Elle est résistante lorsqu'elle préserve absolument la pierre de l'action des acides dans tous les points du trait.

« Elle est solide quand, après un long tirage, le trait n'est nullement altéré.

« Ces qualités bien distinctes sont souvent confondues par les lithographes ; elles sont cependant en quelque sorte exclusives l'une de l'autre, car les résines augmentent la résistance de l'encre en diminuant sa solidité, tandis que les corps gras (1) au contraire la rendent plus solide et moins résistante.

« Diminuer le plus possible la proportion des résines, en augmentant d'autant celle des corps gras, serait le moyen d'obtenir l'encre la meilleure pour la durée de la planche, si, par la diminution de la dose des résines, on n'altérait la résistance qui seule permet une acidulation un peu énergique, autre condition d'un tirage facile et long, et si la question de sa fluidité ne venait d'un autre côté compliquer le problème. »

Senefelder avait déjà dit dans son *Traité de la lithographie* :

« Si l'on emploie la gomme laque, l'encre conserve un peu plus longtemps sa fluidité. »

De cette remarque de Senefelder et du rapprochement que nous venons de faire, nous serons donc fondés à conclure que les résines augmentent et prolongent la fluidité de l'encre, et c'est un motif pour les y maintenir dans une proportion plus grande que ne l'exigerait le fait seul de l'impression.

D'après sa propre expérience, M. Joumar pense que cre, 4 partie; corps gras, 4 partie; corps résineux, 4 partie, sont des proportions générales desquelles il ne faut pas beaucoup s'écarter (2).

Puis il indique les effets auxquels donne lieu l'introduction en excès d'une de ces substances composantes, et le caractère particulier qu'elle communique à l'encre.

« Avec excès de résine. L'encre avec excès de résine est sèche, à cassure luisante, insoluble à froid; elle coule sur la pierre avec une facilité trop grande pour permettre aisément des travaux finis. La résistance à l'acidulation est très grande; on ne peut l'enlever avec l'essence avant le tirage d'un certain nombre d'épreuves, sans courir le danger de ne plus voir reparaître les parties les plus délicates de la planche; elle dure peu d'ailleurs au tirage; c'est la plus mauvaise des encres.

« Avec excès de cire. Encre ferme, assez cassante lorsqu'elle est bien calcinée; elle a une odeur de cire prononcée, une pâte fine, surtout lorsqu'il y a dans l'encre une certaine quantité de mastic; elle conserve très peu de temps sa fluidité et devient épaisse et terreuse, d'un emploi facile pendant qu'elle est fluide; le

(1) M. Joumar entend par *corps gras* le suif et le savon.

(2) C'est identiquement les mêmes proportions que nous avons indiquées plus haut, sauf le savon que nous désignons par *alcali* ou base, et sans lequel d'ailleurs l'encre lithographique n'est pas possible (voyez IMPRIMERIE LITHOGRAPHIQUE).

Ainsi, en décomposant les nombres donnés par M. Joumar, nous trouvons :

Savon.	4/2 partie.	En doublant.	4
Cire.	4 partie.	—	2
Suif.	4/2 partie.	—	4
Corps résineux.	1 partie.	—	2

ENCRE.

trait graisseux qu'elle dépose sur la pierre est terne et terreux. Cette encre est bien résistante et assez solide. A part l'inconvénient d'être obligé d'y ajouter à chaque instant de l'eau, ce n'est pas une mauvaise encre.

« Avec excès de corps gras, suif et savon. Encre molle adhérent aux doigts; elle se délaie avec facilité, devient en peu de temps épaisse et visqueuse; d'un emploi facile pour certains travaux, sa résistance n'est pas très grande; en revanche, beaucoup de solidité.

« Avec excès de suif. Même caractère que la précédente; elle devient épaisse sans viscosité, d'un emploi plus difficile, peu résistante, mais solide.

« Avec excès de savon. A peu près les mêmes caractères; elle devient très gluante en s'épaississant; sa résistance est grande, beaucoup de solidité. »

Ces données suffiront, sans doute, pour éclairer les praticiens dans le choix et la proportion des substances; quant au moyen de donner à une encre mal fabriquée les qualités requises, nous allons l'indiquer aussi.

1° Si l'encre est insoluble, on doit ajouter à la composition du savon sec, en la faisant refondre sans l'enflammer.

2° Si elle est molle et gluante, on doit la brûler davantage, pour enlever l'excès de corps gras.

3° Si elle est très peu soluble et pas assez noire, l'on ajoute un peu de noir, en remuant toujours et doucement pour bien opérer le mélange.

4° Si après sa dissolution dans l'eau, et après un certain temps de repos, elle devient visqueuse, on doit la faire cuire un peu plus, afin de mélanger plus intimement le savon ou l'alcali avec les corps gras et résineux.

5° Les bâtons de cette encre doivent être homogènes et exempts de bulles d'air; on obtient ces effets, en agitant continuellement et doucement les matières, et en les fondant une deuxième fois.

VI. ENCRE D'IMPRIMERIE.

Plusieurs auteurs modernes ont écrit qu'on n'avait pas de justes notions sur la nature et la préparation de ces encres. Les uns disent qu'on ne les a pas décrites d'une manière précise jusqu'à ce jour; les autres pensent que les fabricants font un grand mystère de leurs modes de composition et de préparation; et cependant on sait, depuis l'origine de l'imprimerie, c'est-à-dire depuis plus de quatre siècles, que l'encre est un mélange d'huile et de noir de fumée; l'huile se convertit en vernis par la cuisson; le noir de fumée provient de la combustion de la poix-résine ou de la graisse.

Disons donc en passant que les encres d'imprimerie généralement en usage en France sont encore telles qu'elles ont été inventées dès l'origine, c'est-à-dire composée d'huile cuite et de noir de fumée, etc. Au résumé, la préparation de ces encres est décrite et parfaitement décrite dans les auteurs spéciaux qui ont écrit sur l'imprimerie.

Nous ne saurions nier toutefois les défauts capitaux de la plupart des encres typographiques françaises, faites avec de l'huile cuite ou mal cuite et mal dégraissée (voyez VERNIS), qui jaunissent par le temps, comme on peut s'en convaincre en examinant certains ouvrages imprimés, et qui s'oxydent surtout trop facilement au contact de l'air et de la lumière.

Nous citerons aussi avec éloge les améliorations notables apportées depuis quelques années en Angleterre, dans la composition de ces encres. Ces perfectionnements, qu'on a essayé un temps de nier, sont si réels, qu'un fabricant anglais a trouvé bénéfice à transporter en France son usine, et que plusieurs importantes fabriques françaises font depuis quelques années de

grands efforts pour améliorer leur mode de fabrication.

En effet, bien des imprimeurs français étaient forcés, pour les tirages de grand luxe, de faire venir d'Angleterre, au prix de 46 à 20 francs le kilogramme, des encres qui possédaient des propriétés, un brillant qu'ils ne rencontraient pas dans les encres françaises.

Il y avait là l'indice d'un progrès autre que celui d'un simple tour de main; aussi a-t-il été constaté que les fabricants anglais faisaient entrer dans la composition de leurs encres (typographiques (4) seulement), des substances qu'on n'avait pas songé à employer en France, des baumes que leur fournissait leur commerce si étendu, et surtout le baume de copahu. Nous dirons plus loin combien ces substances donnent de brillant à l'encre, mais d'abord indiquons les conditions générales de cette fabrication.

Encres typographiques. Trois opérations sont nécessaires pour former cette encre :

1° Faire le noir convenable pour colorer suffisamment;

2° Faire l'huile cuite ou vernis ou mieux faire le meilleur choix et le meilleur dosage d'autres ingrédients, et les mélanger assez intimement pour obtenir constamment un excipient homogène et sirupeux;

3° Mélanger ou broyer le vernis ou l'excipient sirupeux avec le noir d'impression, de manière à former une encre d'un beau noir, compacte, assez résistante au toucher, uniforme dans sa composition, ayant la propriété d'adhérer facilement et uniformément aux rouleaux, aux caractères en relief, au papier légèrement humide, et de sécher très promptement.

Propriétés de l'encre. L'encre typographique doit adhérer fortement au papier, sans le pénétrer et sans former de cercle, ou cerne jaune ou blanc, autour des lettres et des traits; elle doit être insoluble et indestructible par les lavages à l'eau, par l'humidité, par la chaleur et par le plus grand nombre des agents chimiques dont nous nous servons dans l'économie domestique. Ces propriétés nous conduisent naturellement à étudier quelques-unes des substances qui peuvent produire les effets désirables.

1° *Huile cuite ou vernis.* Les vernis à l'huile de lin ou de noix non épurée à l'acide sulfurique (2) sont très siccatifs et les seuls propres à faire les encres d'imprimerie; celle de noix mériterait la préférence, car elle s'épaissit beaucoup moins par la cuisson; mais elle est trop chère. Quant aux autres huiles, elles ne valent rien, parce qu'on ne peut les dégraisser parfaitement; qu'elles séchent difficilement et qu'elles pénétrèrent le papier et le jaunissent à mesure qu'elles vieillissent.

Cependant, dans quelques cas, c'est-à-dire pour faire certaines encres de couleur (avec le bleu de Prusse, le chromate de plomb, le blanc de plomb et autres couleurs qui sont très siccatives) on peut user d'une petite quantité d'huile d'œillette et de chènevis; mais c'est seulement pour humecter les couleurs (3).

2° *Les résines* (colophane, brai sec ou arcançon) entrent comme siccatifs dans la composition des en-

(1) Les encres pour la taille-douce et la lithographie sont toujours faites avec de l'huile plus ou moins cuite et du noir choisi.

(2) L'huile de noix épurée contient toujours une certaine quantité d'acide sulfurique qui altère le brillant du noir et le papier lui-même, sur lequel il opère une véritable combustion, et cette combustion se denote par une couleur jaune que l'on voit à l'envers du papier.

(3) L'on doit employer deux sortes de vernis, l'un faible et l'autre fort. Le faible est destiné pour le temps froid et la presse mécanique; le fort est pour le temps chaud et l'impression des vignettes soignées, à l'aide de la presse à bras. Cette précaution est d'autant plus indispensable que souvent l'on est obligé de modifier ou d'accroître la qualité d'une encre par une addition de l'un ou l'autre vernis.

crs typographiques. La térébenthine de bonne qualité est préférable pour l'encre supérieure, elle la rend plus forte, plus siccative et plus mordante; le fait est vrai, mais il entraîne un grand nombre d'inconvénients et de difficultés d'exécution que nous allons énumérer.

La première, est de mélanger à froid la térébenthine avec l'encre d'imprimerie, de manière à former une composition homogène; on peut bien la mélanger à chaud, mais alors la difficulté est d'opérer la cuisson au degré de chaleur convenable et pendant le temps nécessaire.

Si l'on fait trop cuire, ce qu'il est difficile d'éviter, alors le vernis est trop épais; si l'on fait cuire au point convenable, il arrive souvent, pour ne pas dire presque toujours, que l'encre est remplie de petits grains durs provenant du mélange du noir de fumée et de la térébenthine, qui se broient difficilement.

La térébenthine, ainsi que la litharge, dont quelques fabricants d'encres usent mystérieusement et maladroitement, ont encore le défaut de s'attacher tellement aux caractères, qu'il est presque impossible de bien laver les formes, soit à la lessive de potasse, soit à l'essence de térébenthine. D'ailleurs ces substances séchent et durcissent si promptement les encres, qu'elles les rendent généralement difficiles à la distribution égale et uniforme sur le rouleau et sur les lettres.

3° *Les baumes du Pérou* ou du Canada, traités par l'alcool et la distillation pour enlever l'huile volatile, sont excellents dans la composition de l'encre, pour lui donner du luisant et du mordant. Mais le baume de copahu dont on a enlevé l'huile volatile par la distillation, traité à la température ordinaire par l'huile de pétrole rectifiée, et solidifiée au besoin par le lait de chaux, est encore meilleur. On le broie sur un marbre à l'aide d'une molette, avec une proportion convenable de savon jaune, de résine ou de savon gras, de térébenthine de Venise et de copal en poudre, si l'on veut avoir une encre très brillante.

4° Le savon de résine est aussi une matière utile, nous dirons même indispensable, pour la préparation d'une bonne encre, car elle lui donne du liant et de la facilité à se déposer sur les lettres et sur le papier. On a remarqué que l'encre qui ne contient pas de savon empâte l'œil des caractères après le tirage de quelques épreuves (4).

Le savon de résine jaune est le meilleur pour les encres noires; mais pour les encres de couleurs brillantes et délicates, le savon blanc en poudre et sec est préférable. Il faut bien faire attention de ne pas mettre trop de savon, car l'impression serait irrégulière et l'encre ne sécherait pas complètement. La proportion doit être telle que l'encre se distribue facilement et uniformément, sans empâter l'œil des caractères.

5° Le noir de fumée végétal est, dit-on, employé en Angleterre préférablement à tous les autres noirs dans la composition des encres de première qualité. En France on emploie le noir de résine purifié.

La plus belle qualité de noir (après le noir de bougie, qui serait d'un prix énorme) est celui qu'on obtient de la combustion étouffée des hydro-carbures. Ce progrès est d'autant plus heureux qu'il fournira un débouché à nos fabricants d'hydro-carbures d'huile de schistes, pour leurs huiles lourdes impropres à l'éclairage.

L'indigo seul ou mélangé avec un poids égal de bleu de Prusse, employé en petite quantité, donne à l'encre un noir très intense.

Manière de fabriquer l'encre ordinaire avec le vernis,

(4) Les caractères encrés avec une encre qui contient du savon peuvent être lavés et dégrassés facilement et promptement avec une lessive légèrement alcaline.

etc., d'après M. Savage (4). Mettez dans un poëlon de terre, assez grand pour contenir toute l'encre, de l'indigo et du bleu de Prusse bien broyés :

75 grammes de chacun, avec 2 kilogr. du plus beau noir de résine et 1 kilogr. 750 grammes de noir végétal, versez ensuite sur cette composition le vernis chaud, en ayant soin de verser lentement, par degrés, et de remuer constamment pour incorporer convenablement toutes les matières.

Cela fait, vous soumettez le mélange à un broyage à la molette, ou mieux à une machine ou moulin opérant par un frottement circulaire et alternatif (voyez *ROYAGE* pour les machines), jusqu'à ce qu'il forme une pâte granuée, luisante et parfaitement homogène.

Il ne faudrait pas croire, du reste, que ce résultat soit obtenu facilement à l'aide des machines cylindriques qui, comme nous l'avons dit, sont impropres à la fabrication des encres d'imprimerie. (Voy. *ROYAGE*).

On peut fabriquer l'encre pour l'impression des vignettes de la manière suivante :

Baume de copahu.	36 parties.
Noir de fumée.	42
Indigo et bleu de Prusse par parties égales.	5
Ocre rouge.	3
Savon de résine.	42

On broie ce mélange sur une table de marbre, avec une molette circulaire (2).

Les encres de couleur se fabriquent de même; mais les matières colorantes convenables (voy. *COULEURS*) sont broyées d'abord à l'eau, puis elles sont séchées sur des tablettes en plâtre pour absorber rapidement l'eau qu'elles renferment. Il ne faut pas oublier que la parfaite trituration augmente la transparence et l'éclat des couleurs. Il faut donc broyer longtemps et lentement.

Composition de l'encre pour l'imprimerie en taille-douce. Cette encre diffère de l'encre typographique, par l'état de l'huile cuite qui ne doit pas être soumise à une ébullition prolongée capable de lui faire acquérir la propriété d'adhérer. Cette qualité la rendrait ainsi moins disposée à entrer dans le creux de la gravure et plus difficile à étendre ou à enlever. Le noir est également d'une espèce différente, et composé de noir d'os et de noir de lie de vin brûlée (3).

On fait l'encre de diverses manières, en raison du genre de gravure à imprimer. Par exemple, pour le pointillé, il faut une encre qui ne soit pas excessivement garnie et qui soit un peu pâteuse; si on veut lui donner du brillant on y ajoute un peu de noir léger.

Pour l'aqua-tinta, il faut aussi un noir qui ne soit pas très garni, mais ferme. On y met un peu de noir léger pour donner du brillant et de la vigueur.

Pour le burin, il la faut très garnie et très ferme.

Pour la manière noire, il la faut la plus ferme possible; on y met un quart d'huile claire, un quart à peu près d'huile grasse et un quart et demi d'huile forte.

Lorsque les planches sont usées ou que la gravure en est faible, il faut moins d'huile forte; un peu d'usage et d'expérience doivent diriger pour la quantité.

(1) Voir son ouvrage sur la préparation de l'encre d'imprimerie. Londres, 1852.

(2) On nous a communiqué une recette d'encre typographique employée en Angleterre et ainsi composée :

450 grammes de savon vert,
250 — de térébenthine de Venise,
50 — de noir léger,

mais nous n'en garantissons pas les avantages, que nous n'avons pas été à même de vérifier. C'est aux praticiens à faire des essais pour se convaincre.

(3) On emploie plus généralement du noir de Francfort, qui est un résidu ou charbon plus dense, qu'on dit être fait avec de jeunes branches de vigne.

Composition et préparation de l'encre d'impression lithographique. (Extrait du *Manuel de la lithographie*, par MM. Chevalier et Langlumé). « De la préparation de l'encre d'impression et de la quantité et de la qualité du noir employé (1), résultent la couleur plus ou moins noire, plus ou moins brillante des épreuves, ainsi que la conservation du dessin sur la pierre pour obtenir un long tirage. Les lithographes emploient deux espèces d'encre. L'encre faite avec le vernis léger (2) est l'encre qui sert pour l'impression des dessins faits au trait, des écritures et des autographies; cette encre peut s'appeler encre n° 1. L'autre, faite avec le vernis n° 2, est employée pour l'impression des dessins au crayon; cette dernière encre demande plus de soins dans l'addition du noir. On pourrait faire des encres intermédiaires dans le but d'adoucir la teinte ou de la rendre plus forte; l'encre plus douce servirait à imprimer les dessins légers, qui ont de la peine à prendre de la couleur; l'encre plus forte serait appliquée aux dessins vigoureux qui auraient une tendance à noircir ou à s'empâter. »

En général, on ne saurait trop recommander une attention toute particulière dans la préparation des unes et des autres, puisqu'on voit tous les avantages qui doivent résulter de cette préparation. Plusieurs personnes ont eu l'idée de se servir, pour la préparation de l'encre, de bleu d'indigo, de cire, de suif, de résine, de laque noire, etc.; mais les mélanges que nous avons faits de ces diverses substances avec le vernis et le noir de fumée ne nous ont pas fourni des encres meilleures ni plus belles que celles que l'on prépare avec le beau noir de fumée et le vernis. Cette préparation étant plus simple, nous avons cru devoir lui donner, quant à présent, une préférence que nous croyons fondée sur le mode actuel d'encre à la main; mais nous donnerons à l'article LITHOGRAPHIE la composition d'une encre différente propre à l'impression lithographique à la mécanique.

Manière de mélanger le noir avec le vernis d'impression. À défaut d'une machine à broyer convenablement disposée, comme nous l'avons dit plus haut, on peut broyer l'encre sur une pierre lithographique très dure et parfaitement plane. On place la pierre lithographique sur un matelas de flanelle recouverte d'une toile cirée.

On se sert ordinairement d'une molette de porcelaine, de grès, de zinc ou de toute autre matière plus dure que la table à broyer, et taillée en forme de cône. La surface frottante de cette molette est circulaire parfaitement plane, mate et dépolie. Les arêtes inférieures en sont arrondies en biseau ou chanfrein, afin de donner entrée ou prise à l'encre et d'empêcher ainsi la molette de brouter. Mais, d'après des expériences qui nous sont particulières, la forme de cette molette nous paraît vicieuse, et de nature à fatiguer beaucoup le broyeur; en effet celui-ci doit agir avec la main sur la molette tout à la fois pour comprimer la matière, et pour donner le mouvement rectiligne ou curviligne à volonté. On peut broyer avec moins de fatigue, et avec plus de célérité en employant tout simplement la machine à lisser; les modifications et additions à apporter au mode de broyage consisteraient alors à se servir d'abord d'un cylindre de chocolatier pour mélanger grossièrement les matières; on achèverait le broyage avec la molette montée sur la machine à lisser.

Manière de broyer le noir d'impression et de le mélanger avec le vernis. On chauffe légèrement le noir calciné sur un feu de cendre chaude, et on l'écrase doucement avec une molette; puis on le broie avec une lessive légère de potasse ou de soude caustique pour le réduire en

(1) Noir de fumée calciné.

(2) Huile cuite (voyez *VERNIS*.)

poudre impalpable. On le lave et filtre à plusieurs eaux à travers une chausse en laine ou en papier pour en extraire la potasse caustique, et on le fait sécher au contact du feu. Au moment de s'en servir on l'humecte de quelques gouttes d'alcool rectifié qui a pour but de faciliter son incorporation avec le vernis.

Cela fait, on étale le noir sur la table, en forme de cercle, à la façon des maçons qui font le mortier, et on l'humecte avec le vernis que l'on projette peu à peu. On retourne souvent le noir dans le vernis avec la spatule, jusqu'à ce que celui-ci forme une masse pâteuse très dure et très épaisse, que l'emploi de quelques coups du cylindre-broyeur amollit bientôt. On continue ainsi jusqu'à ce qu'on ait incorporé environ 300 grammes de noir par 250 gram. de vernis.

Lorsque le mélange est bien opéré, on ramasse le noir avec la spatule et on en forme une boule ou pâte, que l'on place à l'abri du contact de l'air et de la poussière, dans une boîte de fer-blanc ou de tôle exposée à l'action d'une faible chaleur.

Comme la masse d'encre ne peut être broyée convenablement d'un seul coup, on en prend une portion de la grosseur d'une noix ou d'une noisette, suivant la grandeur de la table à broyer, et on l'étend avec la molette que l'on promène en ligne droite, de bas et haut et de haut en bas de la table, en appuyant préférentiellement sur l'arête de devant, de manière à former une couche légère et d'une faible épaisseur. Lorsqu'on a fait ainsi vingt-cinq à trente allées et venues, on décrit des ronds ou petits cercles concentriques, afin de ramener l'encre au centre de la table, et on la ramasse aussi de temps en temps avec la spatule sur les bords de la pierre et de la molette.

On s'aperçoit que l'encre est bien broyée, lorsque la masse réunie et partagée avec un couteau, présente une coupure qui, d'abord d'un beau noir mat, devient d'un beau noir brillant dans toutes ses parties. Si l'encre ne présentait pas ce caractère, il faudrait continuer de broyer.

VII. ENCRE COMMUNICATIVE POUR COPIER LES LETTRES.

Eau 200 parties, noix de galle 15 p., sulfate de fer 15 p., sucre commun 40 p., et gomme arabique 12 p. A 18 p. de cette encre ordinaire, ajoutez 6 1/4 de suifs candi, 2 1/2 p. de sel déliquescant (du sel marin, ou mieux du chlorure de calcium).

Autre encre communicative de Bovy de Prégny (*Description des brevets expirés*, tom. 54.)

Noix de galle.	0,500	gram.	dans 3	litr.	d'eau ;
Bois de Campêche. . .	0,125	—	4	—	—
Racine de guimauve. .	0,075	—	4	—	—
Sulfate de fer calciné. .	0,500	—	}	4	—
Sulfate de cuivre. . .	0,225	—			
Gomme arabique. . . .	0,250	—	}	4	—
Sucre brut.	0,250	—			
			total	7	litres.

Faire infuser à chaud, pendant une heure, la noix de galle, le bois de Campêche, la racine de guimauve, les sulfates de fer et de cuivre, la gomme arabique et le sucre, dans la quantité d'eau désignée, sans laisser bouillir ; mélanger le tout, à l'exception de la gomme et du sucre que l'on ne met que six heures après, et laisser reposer pendant douze heures, après avoir remué le mélange.

Alors on décante le liquide et on le met dans des flacons.

Recette d'une encre en poudre impalpable, propre à obtenir des copies d'écritures, d'après le procédé du prompt copiste de M. Lanet (voyez copie des ÉCRITURES.)

Noir de fumée 1 partie, sulfate de fer 27 p., noix de galle en poudre fine et tamisée 43 p., sucre candi en

poudre 60 p. On broie le tout avec une molette sur un marbre.

Cette poudre est jetée sur une feuille de papier, au-dessus des caractères écrits avec une encre communicative, et transportée sur un plateau vernis ou poli, sur une toile cirée, sur une peau, ou sur toute autre surface appliquée sur le plateau d'une presse, comme il est dit plus haut. Cette poudre adhère sur l'écriture ; ensuite, au moyen d'une brosse de marte, à longs poils et très douce, on enlève le surplus. Puis on humecte la surface des caractères au moyen de l'haleine, jusqu'à ce qu'ils paraissent noirs et mouillés ; le même effet peut être obtenu avec plus de régularité, au moyen d'une mousseline claire, tendue sur un châssis en fil de fer, et légèrement humectée d'eau. Après cela on imprime par les procédés connus.

Moyen de revivifier les écritures anciennes et presque altérées (*Dictionnaire Encyclopédique*). Prenez 1/6 de litre d'esprit-de-vin, cinq petites noix de galle ; plus ces noix seront petites, meilleures elles seront ; concassez-les et réduisez-les en poudre très menue ; mettez cette poudre dans l'esprit-de-vin ; prenez votre parchemin ou papier, exposez-le deux minutes à la vapeur de l'esprit-de-vin chauffé ; ayez un petit pinceau ou du coton, trempez-le dans le mélange de noix de galle et d'esprit-de-vin, et passez-le sur l'écriture, qui reparaitra, lorsque cela est possible.

Quelquefois une écriture passée peut être rendue lisible en l'humectant tout simplement avec une infusion de noix de galle ou de fer. Le prussiate de potasse rend aussi l'écriture noir-bleu. Ce moyen pourrait même être utilisée pour augmenter la durée de l'encre à écrire ; il suffirait alors de tremper préalablement le papier sur lequel on veut écrire dans une faible décoction de noix de galle.

VIII. MOYEN D'ÉCRIRE SUR LE VERRE, LE ZINC, ETC.

Méthode de faire des écritures sur le verre au moyen des rayons du soleil. Cette méthode, décrite dans le *Dictionnaire de l'Industrie*, publié par Duchesne, en 1799 et 1800, peut servir de base à l'histoire de la photographie ; c'est pour cela que nous la donnons ici.

Dissolvez de la craie dans l'eau forte jusqu'à la consistance de lait ; versez-y une dissolution d'argent, gardez le tout dans une bouteille de verre blanc qui soit bien bouchée ; lorsque vous voudrez vous en servir découpez des lettres à jour sur un morceau de papier, et collez-le sur un des côtés de la bouteille ; exposez-la au soleil, de manière à ce que ses rayons puissent passer au travers de l'ouverture des lettres sur la surface de cette liqueur ; alors l'endroit éclairé où se trouvera la liqueur noircira, et le reste demeurera blanc ; observez de ne point remuer la bouteille pendant le temps que dure l'opération.

Moyen d'écrire sur le zinc pour étiqueter les plantes, par M. Braconnot. Ce moyen fut trouvé accidentellement par M. Symon, amateur de botanique et de culture à Bruxelles. Il consiste à écrire le nom des plantes avec un crayon noir à dessiner sur des lames de zinc ; en peu de jours l'écriture devient ineffaçable.

Cependant, ces caractères n'ont pas beaucoup d'intensité, surtout si la surface du zinc n'a pas été préalablement dépolie et rayée, soit par du grès, soit avec une lime ; encore dans ce cas, on conçoit que les contours des lettres ne peuvent avoir aucune netteté.

Dans l'espoir d'en trouver un meilleur, dit M. Braconnot, nous nous sommes livré à quelques recherches ; nous désirions surtout obtenir un liquide ou une espèce d'encre avec laquelle on pût facilement tracer sur le zinc des lettres ineffaçables par les intempéries de l'atmosphère et par le frottement. Comme nous avons atteint le but que nous nous étions proposé, nous pensons faire

ENCRIER.

plaisir au botaniste-cultivateur, en lui indiquant la préparation suivante :

Prenez : vert de gris en poudre, 4 parties ;
Selammoniac en poudre, 4
Noir de fumée, 1/2
Eau, 40

Mélez ces poudres, dans un mortier de verre ou de porcelaine, en y ajoutant d'abord 4 parties de l'eau pour obtenir un tout bien homogène, après quoi versez-y le reste de l'eau. Quand on se sert de cette encre, il faut avoir soin de l'agiter de temps en temps. Les caractères qu'elle laisse sur le zinc ne tardent pas à prendre beaucoup de solidité, surtout après quelques jours.

Elle pourra être employée non seulement dans les jardins botaniques, mais aussi pour désigner des objets que l'on conserve dans les lieux bas et humides ; nous nous en sommes servi pour étiqueter des clefs. Nous avons trouvé d'autres compositions avec lesquelles on pourrait écrire assez solidement sur le zinc ; mais elles ne valent pas celle que nous venons d'indiquer ; nous ne citerons que la suivante : Eau, noir de fumée et alun. Comme ce sel existe souvent dans le crayon noir à dessiner, on peut supposer qu'il a quelque part dans la fixation du noir, ou qu'il agit comme mordant. Ce qu'il y a de certain, c'est que les crayons à dessiner de la fabrique de Conté, dans lesquels nous avons trouvé du sulfate d'alumine et du noir, laissent pareillement, en les frottant sur le zinc, des caractères qui deviennent ineffaçables. Au reste, dans ces sortes d'encres, on peut, jusqu'à un certain point remplacer le noir de fumée par des matières colorantes minérales.

Encre pour écrire sur les rognures de fer-blanc :

Eau forte (acide nitrique), 40 parties ;
Eau, 40
Cuivre, 4

On fait dissoudre le cuivre dans l'eau forte ; lorsqu'il est dissous, on ajoute l'eau.

On peut écrire sur les rognures de fer-blanc avec ce liquide, en se servant d'une plume ordinaire un peu ferme, pour que l'écriture ne bavoche pas ; mais les morceaux de fer-blanc pouvant être enduits d'une matière grasse, qui refuserait le liquide, on les dégraisse d'abord, en frottant avec un linge enduit de blanc d'Espagne sec, qui enlève la matière grasse.

A. ROUGET DE LISLE.

ENCRIER. Parmi les divers encriers actuellement usités, nous citerons les deux plus ingénieux et les plus répandus : l'encrier syphoïde et l'encrier à pompe, qui ont tous deux pour but de soustraire l'encre à l'action de l'air qui la décompose lentement, et en même temps de ne jamais permettre à la plume de prendre une quantité d'encre trop considérable.

L'encrier syphoïde se compose d'un réservoir fermé, communiquant par le bas avec un tube latéral dans lequel on prend l'encre. Supposons le réservoir entièrement plein d'encre et inclinons-le légèrement : une ou plusieurs bulles d'air, s'introduisant par le tube latéral, viendront se loger à la partie supérieure du réservoir, et déplaceront une quantité d'encre correspondante qui refluera dans le tube latéral, où on la fera ainsi monter à la hauteur convenable. Lorsque le réservoir étant vide, on voudra le remplir, on versera l'encre par le tube latéral, en inclinant l'encrier en sens contraire, de manière à ce que l'air contenu dans le réservoir puisse s'échapper par le tube latéral, au fur et à mesure que l'encre s'y introduit.

Encrier pompe. Cet encrier, pour lequel M. Boquet a pris un brevet d'invention, actuellement déchu, se compose d'un réservoir, ordinairement en porcelaine, dans lequel on met l'encre et qui est percé latérale-

ENDUITS HYDROFUGES.

ment, au-dessus du niveau habituel de l'encre, d'un petit trou qui vient aboutir au fond du godet où l'on plonge la plume. Le couvercle du réservoir est traversé par une vis qui supporte un cylindre plein en verre ou en porcelaine. En tournant le bouton qui forme la tête de la vis, le cylindre plein s'enfonce dans l'encre qu'il déplace et force à remonter dans l'intervalle annulaire, compris entre le contour du cylindre et les parois du réservoir ; dans ce mouvement ascensionnel, le niveau de l'encre atteint le trou latéral qui communique avec le godet, où elle s'élève plus ou moins, selon le degré d'immersion du cylindre. En faisant tourner le bouton en sens inverse, on fait remonter le cylindre, et l'encre du godet rentre dans le réservoir par le trou, dont nous avons parlé, qui est légèrement incliné du dehors au dedans.

L'encrier-pompe, qu'il serait plus rationnel d'appeler encrier à plongeur, a l'avantage de conserver l'encre à l'abri de l'air et de la poussière, d'empêcher qu'elle ne se perde par une évaporation surabondante, de lui imprimer une légère agitation qui en recombine tous les principes, et lui donne une teinte égale et prononcée au moment où l'on veut en faire usage, et de la présenter à la plume en plus ou moins grande abondance, selon le besoin que l'on en a. Enfin le réservoir n'étant point hermétiquement clos, l'air qui s'y trouve renfermé peut s'échapper facilement, et l'on n'a pas à craindre que l'action de la chaleur ou celle des rayons solaires, en dilatant l'air contenu dans le réservoir, fasse extravaser l'encre et la répande au dehors, comme cela peut quelquefois arriver avec l'encrier syphoïde, si l'on n'a pas soin de le tenir presque entièrement plein d'encre, et de ne jamais en faire passer dans le tube une quantité suffisante pour le remplir en grande partie.

ENDUITS HYDROFUGES. Les murs des habitations, particulièrement les parties basses, sont exposés à se pénétrer d'une humidité plus ou moins considérable, suivant différentes circonstances particulièrement dépendantes de la situation des bâtiments et des usages auxquels ils sont employés, de la nature des matériaux de construction et de diverses conditions locales, des infiltrations par exemple.

Dans une localité semblable, l'air constamment humide présente de graves inconvénients pour la santé de ceux qui y habitent ; les objets qui s'y trouvent placés, et plus particulièrement les tentures, y éprouvent une détérioration plus ou moins rapide, qu'il est de la plus haute importance de prévenir. On y parvient complètement au moyen du procédé suivant, résultat des recherches de MM. Thénard et D'Arcet : on sèche d'abord le mur, à l'aide d'un réchaud de doreur, après l'avoir gratté à vif pour mettre le plâtre ou la pierre à nu, s'il est vieux ; puis on en chauffe de nouveau successivement les diverses parties, sur lesquelles on applique à mesure à la surface un mastic gras à l'aide d'un large pinceau. Si celui-ci ne pénètre pas complètement, on présente le réchaud devant, de manière à chauffer aussi fortement que possible sans altérer cependant l'huile qui entre dans la composition du mastic gras. On donne ainsi successivement plusieurs couches, jusqu'à ce que le plâtre ou la pierre refuse d'absorber le mastic. La dernière couche forme alors, à la surface du mur, un léger glacis qui prend beaucoup de solidité, et sur lequel on peut ensuite peindre ou coller du papier de tenture ou autre.

Le mastic gras communément employé se prépare en faisant cuire une partie d'huile de lin avec 4/10 de litharge, puis y faisant fondre deux parties de résine.

Lorsque les murs sont légèrement humides, et que l'on veut éviter l'altération du papier qui les recouvre, on applique sur la surface des feuilles de plomb. Dans ce cas, ce qu'il y a de mieux à faire est de donner

ENGRAIS.

au mur un enduit de bitume très chaud, qui pénètre le mur, et forme à la surface une couche solide et imperméable sur laquelle on étend, pendant qu'elle est encore molle, la feuille de plomb. Le papier collé sur un mur préparé de cette manière se conserve très bien.

ENGRAIS. On donne le nom d'*engrais* à toute substance animale, minérale ou végétale qui peut conserver, augmenter ou rétablir la fécondité du sol.

Autrefois ce nom n'était accordé qu'aux matières d'origine organique; le nom de *stimulants* était réservé aux substances minérales salines ou alcalines qu'on supposait aptes seulement à faciliter l'assimilation des principes qui entrent dans la composition des fumiers.

Les travaux remarquables de MM. Boussingault, Payen, de Gasparin, Liebig, etc., sont venus effacer cette distinction, en prouvant par de nombreuses analyses, et par des expériences exécutées avec soin, que les sels terreux et alcalins sont tout aussi indispensables pour l'alimentation des végétaux que l'azote lui-même.

Le meilleur engrais est donc celui qui peut offrir à la plante cultivée, et sous une forme assimilable, non seulement l'azote, mais encore tous les principes qui entrent dans la composition de cette plante.

On voit tout de suite de quel immense avantage il serait pour l'agriculteur de connaître exactement la composition des végétaux, celle des terrains qui les produisent, et celle des engrais qui sont destinés à leur alimentation.

Déjà la chimie a en partie comblé cette lacune, et ses recherches sont certainement destinées à jouer un grand rôle dans l'agriculture; quelques exemples feront bien mieux sentir l'utilité de ces connaissances. Le vin renferme toujours une assez forte proportion de tartrate de potasse; or, il est évident que, si ni le terrain ni l'engrais ne pouvaient fournir la base en proportion suffisante, la vigne en souffrirait et ne donnerait qu'une faible récolte: c'est ce qui arrive probablement dans beaucoup de circonstances.

Le blé contient des phosphates en quantité telle, que ses cendres fournissent souvent près de la moitié de leur poids d'acide phosphorique. Or, la plupart des terrains ne contenant que des traces de phosphates, il est de toute nécessité que l'engrais destiné à l'alimentation du blé en contienne une proportion convenable.

La paille, les tiges d'un grand nombre de plantes renferment une forte proportion de silice; le foin, le trèfle exigent de la chaux en abondance; d'autres végétaux ne prospèrent que lorsqu'ils peuvent s'assimiler de la soude. Toutes ces plantes doivent donc trouver dans la terre, ou à défaut dans l'engrais, les matières qu'elles préfèrent.

Il arrivera un jour, nous n'en doutons pas, où, à l'aide de la chimie, on se rendra un compte exact des substances enlevées au sol par les récoltes; et alors, comme le dit M. Liebig, l'agriculteur pourra, comme dans une manufacture bien organisée, tenir des livres pour y inscrire, suivant les récoltes, la nature et la quantité exacte des principes qu'il doit porter sur chacune de ses terres pour en maintenir la fertilité.

Les matériaux qui doivent concourir à la croissance des plantes sont de deux sortes; les uns appartiennent au règne organique, ce sont: l'azote, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone; les autres constituent les cendres des récoltes, et sont formées de sels terreux et alcalins. Ce qui établit une distinction bien tranchée entre ces corps, c'est que les premiers sont en partie empruntés à l'atmosphère, et que les seconds, au contraire, ne peuvent être fournis à la plante que par la terre ou les engrais.

ENGRAIS.

M. Boussingault a prouvé en effet, par des expériences directes, que la matière organique des plantes était toujours récoltée en beaucoup plus grande abondance que celle que l'on y introduisait au moyen des engrais, et comme ce résultat se reproduit toujours l'excédant doit nécessairement être fourni par l'atmosphère.

Voici la moyenne des résultats que nous avons tirés des analyses faites sur les produits de six *assolements* différents, comprenant un grand nombre de plantes:

Récolte sèche: 4000 parties. Engrais employé: 442 parties.

Composition des récoltes.	Composition des engrais.	Différence.
Carbone 464	459 en plus	305
Hydrogène 54,6	48,7 id.	35,9
Oxygène 446,0	444,0 id.	302,0
Azote 42,4	8,8 id.	3,6
Sels 53,0	444,7 en moins	88,7

On remarque surtout que l'oxygène, l'hydrogène et le carbone contenus dans la récolte, forment un total bien supérieur à celui des engrais; on serait même porté à croire, en voyant ces résultats, que les engrais n'ont qu'une importance très secondaire lorsqu'on les considère comme devant fournir ces trois corps, si des expériences directes n'avaient prouvé leur efficacité sous ce rapport. Heureusement que les substances qui peuvent fournir ces principes aux plantes se trouvent en abondance dans la nature; les feuilles des arbres et celles d'un grand nombre de végétaux, les racines des récoltes précédentes, la paille des graminées, et en général toutes les matières végétales et animales renferment en abondance ces corps.

En un mot, l'air, par son oxygène et son acide carbonique; l'eau, par ses éléments et les gaz qu'elle tient toujours en dissolution, et une foule de substances que l'agriculture peut se procurer à bas prix, concourent à fournir aux plantes l'oxygène, l'hydrogène et le carbone qui sont nécessaires à leur existence.

De l'azote. Le précédent tableau montre que l'azote se trouve aussi dans les récoltes en plus forte proportion que dans les fumiers; mais la différence est moins considérable. Le rôle que ce principe joue dans l'agriculture est des plus importants; tout ce qui se rattache à sa manière d'agir est du plus haut intérêt; nous nous empressons donc de transcrire ici la manière de voir d'un de nos plus habiles observateurs, de M. Boussingault:

« Je crois avoir constaté par de nombreuses analyses que, dans la grande culture, l'azote contenu dans une succession de récoltes excède toujours, et souvent dans une très forte proportion, l'azote qui se trouvait primitivement dans les engrais consommés pour les produire. Cet excès provient évidemment de l'air, et il est plus que probable que dans cette circonstance, une partie de l'azote excédant entre dans les plantes à la faveur du nitrate d'ammoniaque, nitrate qui, d'après les analyses de M. Liebig, se rencontre fréquemment dans l'eau des pluies d'orage. Dans cette occurrence, ce serait donc un phénomène électrique qui disposerait l'azote de l'atmosphère à s'unir aux végétaux. Mais avant de se prononcer définitivement sur cette explication, il faut savoir si le nitrate d'ammoniaque peut réellement concourir à la production des principes azotés qu'on rencontre dans toutes les plantes. »

Plus loin M. Boussingault ajoute:

« L'azote peut entrer directement dans l'organisme des plantes, si leurs parties vertes sont aptes à le fixer; cet élément peut encore être porté dans les végétaux, par l'eau toujours aérée qui est aspirée par leurs racines. Enfin il est possible, comme le pensent quelques physiiciens, qu'il existe dans l'air une quantité infiniment petite de vapeurs ammoniacales. »

M. Liebig est persuadé que cet excédant d'azote provient de l'ammoniaque puisée par les plantes dans l'atmosphère où elle se trouve cependant en si minime quantité, que les expériences les plus délicates ne suffisent souvent pas pour démontrer sa présence.

L'azote de l'air est, dans la plupart des cas, bien loin de suffire au développement complet des plantes, ou au moins à l'abondance de leurs récoltes; la plupart des agronomes pensent même que plusieurs familles entières de végétaux, comme les matières azotées, sont impropres à se l'assimiler. Les matières azotées sont plus rares et d'un prix plus élevé que les autres substances organiques; ce sont celles dont on doit tout d'abord se préoccuper en agriculture. L'azote est donc l'aliment qu'il importe le plus d'augmenter et de conserver dans les engrais, ou, en d'autres termes, les matières organiques les plus avantageuses à la production des engrais sont précisément celles qui donnent naissance, par leur décomposition, à la plus forte proportion de corps azotés, solubles ou volatils: nous disons à leur décomposition, car la présence de l'azote dans une matière d'origine organique ne suffit pas pour la caractériser comme engrais. La houille, pour citer un exemple, renferme de l'azote en quantité très appréciable, et cependant son action améliorante sur le sol est entièrement nulle; c'est que la houille résiste à l'action des agents atmosphériques qui déterminent cette fermentation putride dont le résultat final est toujours une production de sels ammoniacaux, ou d'autres combinaisons azotées favorables au développement des plantes.

Par les mêmes raisons, les engrais agissent avec d'autant plus de rapidité que leur décomposition elle-même est plus rapide: tel engrais n'agit que pendant une année, tel autre prolonge ses effets pendant cinq ou six années et même plus.

Cette durée d'action doit être prise en sérieuse considération; elle dépend souvent de la cohésion des substances, de leur insolubilité; le climat, la nature du terrain, exercent aussi une grande influence sur les progrès de leur décomposition.

Convaincus de l'importance de l'azote dans les engrais, MM. Payen et Boussingault ont entrepris une longue série d'analyses, dans le but de déterminer les proportions de ce principe dans les nombreuses matières employées à l'amélioration du sol. Ce travail leur a fourni les moyens d'établir les titres et les équivalents des engrais examinés comparativement, en les rapportant au fumier de ferme, que ces messieurs considéraient comme l'engrais normal. Nous donnerons plus loin ce travail remarquable.

Tous les savants ne sont pas d'accord sur cette manière de calculer la valeur des engrais; ainsi, tout en reconnaissant que l'influence de l'azote sous les formes assimilables n'est jamais préjudiciable aux plantes, que ce corps est toujours utile et même indispensable pour certains buts, M. Liebig est convaincu cependant que l'efficacité des engrais n'est jamais proportionnée à leur teneur en azote. A l'appui de cette opinion, il cite un grand nombre d'exemples: il pense que l'effet de l'ammoniaque offerte aux plantes comme source d'azote par des moyens artificiels, se borne à hâter dans un temps donné, le développement des plantes cultivées, et qu'il est d'autres circonstances qui influent, d'une manière remarquable sur le développement des récoltes. Nous reviendrons sur ce point très important en parlant des engrais minéraux.

Des engrais minéraux. Les végétaux renferment constamment des matières terreuses et alcalines, qui sont indispensables à leur croissance, à leur vie complète, et même à leur destination. Un exemple seul suffira pour démontrer la nécessité de la présence de certains sels dans les plantes: la charpente osseuse des animaux doit

sa rigidité à du phosphate et à du carbonate de chaux, les aliments doivent donc leur procurer ces sels calcaires; or, tous les aliments dérivent en définitive du règne végétal.

Une autre preuve de l'utilité des sels, c'est que les végétaux n'admettent pas indifféremment ceux qui sont à leur portée. Ils possèdent une véritable propriété d'élection pour admettre, ou au moins pour retenir certaines substances de préférence à d'autres. Il n'est plus possible de nier cette propriété et l'utilité des substances minérales choisies, en présence des faits nombreux indiqués par l'expérience agricole, et des analyses si précieuses et si concluantes de M. Boussingault.

Ainsi, parmi les plantes, les unes se chargent de sel marin sur le même sol où d'autres n'en prennent qu'une petite quantité; les autres, comme la pariétaire, l'ortie et la bourrache, avides de nitrates, savent les choisir à côté d'autres plantes venues sur le même terrain et qui en présentent à peine les traces. Le froment prend sur le même terrain huit fois plus d'acide phosphorique que les betteraves ou les navets; la paille d'avoine et celle de froment renferment cinquante à soixante fois plus de silice que le froment et l'avoine eux-mêmes. Nous pourrions citer une foule d'autres exemples aussi concluants.

D'un autre côté, tout le monde sait que le plâtre est favorable aux légumineuses, et M. Boussingault a prouvé qu'il ne produit aucun effet sur le froment. On sait aussi que certains végétaux affectionnent certaines natures de sol, en raison des principes qu'ils contiennent; ainsi la fougère, le châtaignier, la vigne, demandent des sels abondants en potasse.

Ces faits multipliés prouvent, comme le dit fort bien M. de Gasparin, que ce n'est pas une certaine quantité d'un principe nutritif uniforme, mais le choix de principes nutritifs différents, qui est nécessaire aux plantes.

Cela ne veut pas dire que dans certaines circonstances les plantes ne prennent des sels en plus ou moindre grande quantité, que certains sels ne se substituent à d'autres, que la soude, par exemple, ne remplace la potasse, etc., non; mais ce qu'il y a de certain, c'est que lorsque la plante rencontre dans le terrain les substances qui lui sont le plus favorables, celles que ses cendres contiennent en plus grande abondance, elle prospère beaucoup mieux et donne des récoltes bien plus abondantes.

Pour connaître les engrais minéraux qui sont utiles aux plantes, il était nécessaire d'avoir des analyses exactes de leurs cendres. Plusieurs chimistes se sont occupés avec soin de ces analyses; nous croyons devoir donner ci-contre le résumé de quelques-uns de leurs travaux.

Lorsqu'on examine ces tableaux, une chose qui frappe tout d'abord, c'est la ressemblance que présentent les principaux résultats, quoique les plantes analysées proviennent de terrains de compositions différentes. Ainsi on remarque que les cendres de trèfle renferment toujours une proportion considérable de carbonate de chaux. Cela explique l'efficacité du plâtre ou du chaulage, employés pour la culture de ces plantes. Les cendres de pommes de terre, de topinambours, de haricots et de fèves, contiennent jusqu'à 50 p. 100 et plus de potasse; les cendres du froment en donnent proportionnellement beaucoup moins, et renferment toujours des proportions énormes de phosphates.

Ces résultats, si remarquables et si constants, n'indiquent-ils pas de suite quelles sont les substances minérales qui doivent être associées à l'engrais azoté pour les différentes cultures, dans le but d'obtenir les récoltes les plus productives?

ENGRAIS.

ENGRAIS.

EXPÉRIENCES DE M. HERTWIG.

Analyses de quelques cendres végétales.

400 PARTIES renferment :	Bois de hêtre.	Écorce de hêtre.	Bois de sapin.	Écorce de sapin.	Feuilles de sapin.	Feuilles de pin.	Tabac de la Havane	Tabac de Hanovre.	Fanes de fèves de marais.	Paille de pois I.	Paille de pois II.	Fanes de pommes de terre.	Trois luzerne
Carbonate de potasse.	44,72		44,30		»	»	6,18	»	43,32	4,16	4,34	4,69	23,47
Carbonate de soude.	12,37	3,02	7,42	2,95	»	10,72	19,40	4,64	16,06	8,27	»	4,69	8,16
Sulfate de potasse.	3,49	»	»	»	»	4,95	»	44,14	32,40	19,75	11,99	»	2,23
Sel marin.	»	»	»	»	»	»	8,64	9,24	0,28	4,63	3,72	2,28	2,27
Sulfate de soude.	»	»	»	»	»	»	7,39	4,09	»	»	»	»	»
Silicate de potasse.	»	»	»	»	»	3,90	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de chaux.	49,54	64,76	50,94	64,98	»	63,32	54,38	40,00	39,50	47,81	49,73	43,68	41,64
Magnésie.	7,74	16,90	5,60	0,93	»	18,60	7,09	4,27	4,92	4,05	4,38	3,76	6,44
Phosphate de chaux.	3,32	2,74	3,43	5,03	»	»	9,04	17,95	6,43	5,45	4,15	»	44,80
Phosphate de magnésie.	2,92	0,66	2,90	4,18	»	6,35	»	»	6,66	4,37	7,82	5,73	0,94
Phosphate de fer.	0,76	0,46	4,04	4,04	»	0,88	»	»	3,49	0,90	3,64	4,30	0,84
Phosphate d'alumine	4,54	0,81	4,75	2,42	»	0,74	»	»	4,20	»	»	2,75	»
Phosphate de manganèse.	4,59	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Silice.	2,46	9,04	13,37	17,28	»	40,34	8,26	15,25	7,97	7,84	15,54	29,84	2,26

EXPÉRIENCES DE M. THOU.

Analyses de quelques cendres végétales, provenant des environs de Solm, dans la Hesse électorale; récolte de 1842.

	Pois sauvages.	Pois jaunes.	Petites fèves de marais.	Froment.
Charbon.	»	»	»	0,522
Silice.	0,56	0,29	4,48	4,944
Phosphate de fer.	0,68	4,94	0,34	0,525
Chaux.	2,96	2,70	5,38	3,044
Magnésie.	7,75	6,94	7,35	13,575
Acide phosphorique.	38,34	34,04	35,33	45,534
Acide sulfurique.	2,63	4,28	2,28	»
Potasse.	27,42	35,20	24,74	24,470
Soude.	47,43	40,32	24,07	40,340
Chlorure de sodium.	4,88	2,56	3,32	»

Analyses de quelques cendres végétales par M. de Saussure.

400 PARTIES DE GENDRES contiennent .	Fruits murs du marronnier d'Inde.	Graines de vesces.	Paille de froment.	Graines de froment.	Son de froment.	Tiges de maïs.	Graines de maïs.	Paille d'orge.	Graines d'orge.	Vesces en fleurs.	Paille de vesces sans graines.
Potasse.	54,0	22,45	12,5	15,0	14,0	59,0	14,0	16,0	18,0	57,25	31,0
Phosphate de potasse.	28,0	43,93	5,0	32,0	30,0	9,7	47,5	»	9,2	carbonate	»
Chlorure de potassium.	3,0	0,90	3,0	0,46	0,46	2,5	0,25	0,5.	0,25	»	14,0
Sulfate de potasse.	»	2,00	2,0	»	»	4,25	0,25	3,5	4,5	12,0	2,0
Phosphates terreux.	12,0	27,92	6,2	44,5	46,5	5,0	36,0	7,75	32,5	18,0	6,0
Carbonates terreux.	»	»	4,0	»	»	4,0	»	12,50	»	5,0	37,5
Silice.	0,5	»	61,5	0,5	0,5	18,0	4,0	57,0	35,5	2,0	2,75
Oxydes métalliques.	0,25	0,50	4,0	0,25	0,25	0,5	0,42	0,5	0,25	0,5	0,57
Perte.	5,25	2,30	7,8	8,59	8,59	3,05	0,88	2,25	2,8	8,25	6,0

EXPÉRIENCES DE M. BOUSSINGAULT.

Composition des cendres provenant des plantes recollées à Bechelbronn (Bas-Rhin).

SUBSTANCES qui ont donné des cendres.	ACIDES			Chlore.	Chaux.	Magnésia	Potasse.	Soude.	Silice.	Oxyde de fer, alumine, etc.	Charbon, humidi- té, perte.
	carbo- nique.	sulfa- rique.	phos- phoriq.								
Pommes de terre. . .	43,4	7,4	41,3	2,7	4,8	5,4	51,5	traces	5,6	0,5	0,7
Betteraves champêtres.	46,4	4,6	6,0	5,2	7,0	4,4	39,0	6,0	8,0	2,5	4,2
Navets.	44,0	40,9	6,4	2,9	10,9	4,3	33,7	4,4	6,4	4,2	5,5
Topinambours.	41,0	2,2	40,8	4,6	2,3	4,8	44,5	traces	43,0	5,2	7,6
Froment.	0,0	4,0	47,0	traces	2,9	15,9	29,5	traces	4,3	0,0	2,4
Paille de froment.	0,0	4,0	3,4	0,6	8,5	5,0	9,2	0,3	67,6	4,0	3,7
Avoine.	4,7	4,0	44,9	0,5	3,7	7,7	42,9	0,0	53,3	4,3	3,0
Paille d'avoine.	3,2	4,4	3,0	4,7	8,3	2,8	24,5	4,4	40,0	2,4	2,9
Trèfle.	25,0	2,5	6,3	2,6	24,6	6,3	26,6	0,5	5,3	0,3	0,0
Pois.	0,5	4,7	30,4	4,4	10,4	11,9	35,3	2,5	4,5	traces	2,3
Haricots.	3,3	4,3	26,8	0,4	5,8	44,5	49,4	0,0	4,0	id.	4,4
Fèves.	4,0	4,6	34,2	0,7	5,4	8,6	45,2	0,0	0,5	id.	3,4

Substances minérales enlevées au sol par les diverses cultures faites à Bechelbronn sur un hectare.

NATURE de la récolte.	Récolte sèche	Cendres dans 100 parties de la récolte.	Quantité des cen- dres par hectare.	ACIDES		Chlore.	Chaux.	Magnésia	Potasse et soude.	Silice.	Oxyde de fer, alumine, etc.
				phos- phoriq.	sulfa- rique.						
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Pommes de terre. . .	3085	4,0	423,4	43,9	8,8	3,3	2,2	6,7	63,5	6,9	18,6
Betteraves	3472	6,3	499,8	42,0	3,2	10,4	14,0	8,8	89,9	16,0	5,0
Navets dérobés, demi- récolte.	716	7,6	54,4	3,3	5,9	4,6	5,9	2,3	20,6	3,5	0,7
Topinambours.	5500	6,0	330,0	35,6	7,3	5,3	7,6	5,9	446,8	42,9	17,2
Froment.	4448	2,4	27,5	42,9	0,3	0,0	0,8	4,4	8,4	0,4	»
Paille de froment.	2790	7,0	495,3	6,0	2,0	4,2	46,6	9,8	48,6	432,0	2,0
Avoine.	4064	4,0	42,6	6,4	0,4	0,2	4,6	3,3	5,5	22,7	0,6
Paille d'avoine.	4283	5,4	65,4	4,9	2,7	3,4	5,4	4,8	18,9	26,2	4,4
Trèfle.	4029	7,7	310,2	49,5	7,7	8,4	76,3	49,5	84,4	46,4	0,9
Pois fumés.	998	3,4	30,9	9,3	4,5	0,3	3,4	3,7	44,7	0,5	traces
Haricots à l'état nor- mal.	4580	3,5	55,3	44,8	0,7	0,4	3,2	6,4	27,4	0,6	id.
Fèves à l'état normal.	2124	3,0	63,6	24,8	4,0	0,5	3,2	5,5	28,7	0,3	id.

Jusqu'à présent on a trop négligé cette question importante, et c'est par hasard, le plus souvent, que les sels alcalins et terreux se trouvent dans les engrais.

Certainement, nous l'avons dit, l'azote est un des éléments les plus précieux à considérer dans les engrais, mais il ne suffit pas, et une terre qui ne recevrait qu'un aliment purement azoté, serait excitée il est vrai à la végétation, mais bientôt épuisée de ses principes minéraux, elle ne tarderait pas à devenir stérile.

L'expérience de chaque jour vient à l'appui de cette manière de voir. N'est-on pas obligé de cultiver tour à tour des plantes différentes sur le même terrain, afin de ne pas l'épuiser des mêmes substances minérales ? Dans certaines localités, ne laisse-t-on pas encore reposer la terre de temps en temps, afin de donner au sol le temps de reproduire, par de lentes décompositions, des sels assimilables et favorables à la végétation ?

Il est facile de comprendre que si l'on rendait chaque année à la terre les substances qui lui sont enlevées par les récoltes, elle pourrait produire indéfiniment les mêmes résultats, toutes choses égales d'ailleurs.

Tout en adoptant la manière de calculer la valeur des

engrais azotés, d'après la quantité d'azote qu'ils renferment, l'agriculteur devra toujours prendre en sérieuse considération les sels qu'ils pourraient contenir, quoi qu'ils aient une moins grande valeur que l'azote. C'est ainsi que le guano et les os, qui contiennent une proportion considérable de phosphates, devront être préférés, à proportion égale d'azote, à d'autres engrais, qui ne contiendraient outre l'azote que des substances inertes.

Dans le cas où on emploierait des engrais ne contenant que très peu de substances minérales, comme les sels ammoniacaux, le sang, la laïue, etc., l'agriculteur intelligent devra toujours y suppléer par l'addition des principes qui leur manquent. Après les résultats décisifs que l'on a obtenu de l'emploi du sulfate de chaux et de la chaux dans la culture des plantes qui absorbent une proportion très forte de cet alcali, on ne comprend pas comment on n'a pas encore étendu ces expériences à tous les sels utiles à la végétation. Il paraît évident que si la chaux et le sulfate de chaux répandus en excès sur les terres qui en renferment toujours, produisent de bons effets dans la culture du

ENGRAIS.

trèfle, répandus également en excès ils favoriseraient encore plus les récoltes de cette plante, dans des terrains qui ne contiennent souvent que des traces de ce sel.

D'après tout ce qui vient d'être dit, on peut donc conclure que le meilleur engrais serait celui qui rendrait à la terre toutes les substances que les récoltes lui enlèvent. Il n'en est aucun jusqu'à présent qui remplisse à lui seul cette condition; le fumier de ferme lui-même, qui renferme à peu près toutes les matières nécessaires à la végétation, ne suffit pas toujours. La proportion des phosphates s'y trouve en faible proportion, et d'ailleurs tous les agriculteurs n'ont pas à leur disposition la quantité de fumier qui leur est nécessaire.

Un fabricant instruit, M. Chauviteau, a voulu répondre à ce besoin de l'agriculture. Imbu des principes professés par MM. Boussingault, Payen, Liebig et de Gasparin, il vient de fonder à Paris un établissement qui doit fournir à l'agriculture des engrais composés suivant la nature des terrains et des récoltes. Ses engrais contiennent non seulement des sels ammoniacaux et des matières azotées en proportion assez forte, mais encore des sels alcalins, des phosphates, des sulfates et des chlorures terreux, en un mot, tous les sels utiles aux différentes cultures.

Avant M. Chauviteau, plusieurs personnes ont préparé avec plus ou moins de succès des engrais composés. Les esprits tournés vers les améliorations agricoles les ont accueillis avec ardeur, mais malheureusement, ces préparations, décorées de noms divers, avaient rarement une valeur intrinsèque égale à leur prix. D'ailleurs, soit par ignorance, soit par vices de manipulations, ces engrais présentaient toujours des dosages différents.

De tous ces engrais ou mélanges propres à l'amélioration du sol, le plus connu est certainement l'engrais Jauffret. Cet engrais se composait de végétaux, d'arbustes, de roseaux, etc., arrosés avec une lessive composée de fumiers animaux délayés et de substances salines, destinées à ajouter à l'engrais les éléments manquants aux végétaux employés.

La recette de Jauffret n'est qu'un tâtonnement, où l'on ne saurait blâmer que l'exiguité des proportions de matières employées; d'ailleurs, il manquait à l'auteur la connaissance de la composition des plantes.

Malgré son imperfection, la méthode de Jauffret a rendu de véritables services à la Provence, pays pauvre et manquant de fourrages, mais possédant auprès de ses terres épuisées de vastes espaces couverts de végétaux sauvages.

Après ces considérations théoriques, nous allons examiner les principales matières employées comme engrais, en disant quelques mots sur leur composition, leur valeur et leur préparation. Nous parlerons d'abord des engrais azotés, puis enfin des engrais minéraux, et nous terminerons par les sels ammoniacaux.

ENGRAIS AZOTÉS.

Fumier de ferme. Comme c'est surtout sur le fumier de ferme que l'agriculteur doit compter pour maintenir la terre en produit, nous allons le traiter tout d'abord. Le fumier est composé généralement d'un excipient qui prend le nom de *litière*, parce qu'il sert à former le lit des animaux. Cette litière est formée de végétaux, le plus souvent de paille, de roseaux, de feuilles d'arbre, etc. Ces matières, qui ont le double avantage d'être en même temps absorbantes et azotées, s'emparent des déjections des animaux et constituent alors un des meilleurs engrais. Il est évident que le rapport entre la quantité de litière et celle des déjections animales constitue la plus ou moins grande valeur des fumiers également humectés, puisque les excréments sont plus azotés que la litière; le meilleur fumier s'obtiendrait en employant le minimum de litière. Cepen-

ENGRAIS.

dant il faudrait s'arrêter au point où les litières ne suffiraient pas pour absorber complètement les urines.

Le fumier est porté à l'aide d'une brouette dans un lieu proche des écuries et étables, où on l'amoncele au fur et mesure de sa production. Les eaux du fumier et celles qui s'écoulent des étables sont recueillies dans un puisard, situé au-dessous ou à côté du tas de fumier; un grillage en bois empêche la paille d'y pénétrer; une pompe plongeant dans le puisard permet d'arroser à volonté le fumier quand sa surface se dessèche trop. Les litières imprégnées d'excréments et imbibées d'urine doivent être arrangées et tassées avec soin pour qu'une fermentation trop active ne puisse avoir lieu dans la masse et occasionner des pertes.

On met quelquefois le fumier à l'abri du soleil; il serait bon, si on le pouvait économiquement, de l'abriter aussi de la pluie; dans tous les cas, il faut le garantir du contact des eaux courantes. Quand la paille a un prix élevé, on lave les litières et l'eau de lavage est recueillie avec les urines dans un même réservoir; l'engrais liquide ainsi obtenu s'emploie seul et on le conduit aux champs dans des cuves disposées sur des chariots.

L'urine du bétail est aussi quelquefois employée séparément: on donne à cet engrais le nom de *purin* ou *lizier*. En Suisse, on y ajoute du sulfate de chaux ou du sulfate de fer, pour transformer le carbonate d'ammoniaque volatil en sulfate qui est fixe.

On a souvent agité la question de savoir s'il est avantageux ou nuisible d'employer le fumier avant ou après sa fermentation; mais comme l'expérience a prouvé que le fumier, enfoui au sortir des écuries, éprouve la même altération et donne naissance aux mêmes produits que celui qu'on a laissé fermenter à l'air, la question revient à celle-ci: Est-il avantageux de laisser fermenter les fumiers dans le sol même qu'ils doivent fumer?

M. Gazzeri, par de nombreux travaux, est parvenu à montrer que l'usage dans lequel on est de laisser putréfier les fumiers avant de les conduire aux champs, occasionne une perte considérable en principes utiles, et que par conséquent il est avantageux de les employer à l'état même où ils sortent des étables; ces déjections fraîches employées modérément ne produisent aucun inconvénient sur la végétation; c'est ce que prouve d'ailleurs le fumage des terres par le parcage des moutons et du bétail dont les déjections passent immédiatement aux champs.

Malgré les pertes en matières azotées produites par la fermentation du fumier, on est cependant dans l'usage d'employer quelquefois l'engrais liquide après sa fermentation. Dans cet état, cet engrais agit immédiatement; ce que ne ferait pas le même engrais non fermenté: c'est le seul avantage qu'on trouve à laisser fermenter le fumier.

Tous les fumiers de ferme n'ont pas les mêmes qualités ni la même valeur. Les différences dépendent d'abord de la variété des animaux qui les produisent, et ensuite de la nourriture de ces animaux et des soins qu'on donne à l'arrangement du tas de fumier.

L'engrais que MM. Payen et Boussingault ont appelé engrais normal est celui de la ferme de Bechelbronn, appartenant à M. Boussingault.

Ce fumier, fourni par 30 chevaux, 30 bêtes à cornes et 12 à 20 porcs, desséché à 440°, avait la composition suivante:

Carbone	35,8
Hydrogène	4,2
Oxygène	25,8
Azote	2,0
Sels et terres	32,2
	400,0

ENGRAIS.

A l'état normal, c'est-à-dire tel qu'il sortait de l'étable, sa composition était celle-ci :

Carbone.	7,44
Hydrogène.	0,87
Oxygène.	5,34
Azote.	0,44
Sels et terres.	6,67
Eau.	79,30
	<hr/>
	400,00

M. Boussingault a analysé les cendres de ce fumier, et il a trouvé pour leur composition moyenne :

Acides.	} carbonique.	2,0	
		} phosphorique.	3,0
			} sulfurique. . . . .	4,9
Chlore.	0,6		
Silice, sable, argile.	66,4		
Chaux.	8,6		
Magnésie.	3,6		
Oxyde de fer, et alumine.	6,4		
Potasse et soude.	7,8		
	<hr/>	400,0	

Nous allons maintenant examiner les matières excrétées par différents animaux, et nous examinerons séparément alors les fumiers de cheval, de bêtes à cornes et celles de porcs, qui entrent dans la composition du fumier de ferme, dont nous venons de parler sommairement.

Matières excrétées.

Fumier de cheval. Quoique les déjections du cheval soient plus riches en azote que celles de la vache, ces dernières sont préférées par les cultivateurs, qui les trouvent plus utiles; cela tient à ce que le fumier de cheval étant peu humide fermente et se dessèche rapidement, si on n'a pas soin de l'humecter et de le tasser convenablement pour empêcher l'action de l'air. Pendant cette fermentation, une proportion considérable des principes azotés se trouve perdue, ce qui diminue la valeur de cet engrais. Effectivement, le fumier frais de cheval contient 2,7 p. 400 d'azote, tandis qu'après une décomposition complète il n'en renferme plus, au même état de siccité, que 4 p. 400.

Le fumier de cheval convient à tous les sols; à l'état sec, il contient, avons-nous dit, 2,7 d'azote; à l'état humide, il en renferme 0,65 seulement.

Fumier des bêtes à cornes. Le fumier des bêtes à cornes est beaucoup plus aqueux que le précédent, surtout quand le bétail est mis au vert; aussi la confection de ce fumier est-elle très facile.

Les déjections de la vache, à l'état sec, renferment 2,6 d'azote, à l'état humide 0,36.

Fumier de porc. Les porcs nourris à l'engraissement donnent des déjections très azotées, qui par conséquent agissent plus énergiquement que les précédentes.

À l'état sec, les déjections renferment 3,4 d'azote, à l'état humide 0,64 seulement.

Fumier de mouton. Le fumier de mouton est très énergique et peu aqueux; on l'emploie souvent sans préparation aucune. Après avoir balayé chaque matin le sol de la bergerie, on met les crottins en tas pour les vendre à la mesure. Le prix de l'hectolitre varie de 4 à 2 francs.

Les excréments des bêtes à laine s'appliquent le plus souvent au moyen du parcage. D'après M. Boussingault, un mouton, pendant la nuit, peut fumer une surface de 4^m car. 3 de terrain.

À l'état sec, le fumier de brebis contient 2,99 d'azote, et à l'état normal 4,4.

Excréments des chauves-souris. Certaines grottes, fréquentées par les chauves-souris ont leur sol entièrement recouvert par les excréments de ces animaux. Des

ENGRAIS.

expériences qu'on a faites pour utiliser ces déjections ont donné de très bons résultats.

Colombine. Les excréments de pigeons sont connus sous le nom de colombine; ce fumier est tellement actif qu'il faut en user prudemment; il convient à toutes les cultures. Dans le département du Pas-de-Calais, où il existe de nombreux pigeonniers, on paye 400 fr. chaque année les déjections de 6 à 700 pigeons; c'est la charge d'une forte voiture. Cette quantité suffit pour fumer 4 hectare de terrain. Les excréments de poule, aussi très actifs, ont moins de valeur que la colombine; ils sont très recherchés dans le Midi.

Guano. Le guano est le résultat de l'accumulation séculaire des excréments d'une multitude d'oiseaux qui se réunissent, la nuit, dans un grand nombre de petits îlots de la mer du Sud, sur les côtes du Pérou et du Chili. On trouve dans ces îles des dépôts de cette matière qui ont quelquefois 20 mètres d'épaisseur, et qu'on exploite à ciel ouvert depuis des temps immémoriaux.

Le guano est un engrais d'une richesse extrême. On commence à l'importer en Europe; le Pérou et le Chili lui doivent leur fertilité.

D'après M. Fowner la composition du guano qu'il a analysé était la suivante :

Oxalate d'ammoniaque	} 66,2	
Acide urique.		
Traces de carbonate d'ammoniaque.		
Matière organique.	} 29,2	
Phosphate de chaux et magnésie.		
Phosphates et chlorures alcalins.		
Traces de sulfates.	} 4,6	
	<hr/>	400,0

M. Girardin a trouvé dans le guano 48,4 d'acide urique sec, renfermant 6,13 d'azote, et 43,0 d'ammoniaque, renfermant 40,73 d'azote, ce qui faisait en tout 46,86 d'azote.

M. Payen a trouvé 45,73 p. 400 d'azote dans un échantillon qu'il a examiné après l'avoir desséché; à l'état normal, dans ce même échantillon, il n'y en avait que 43,95.

D'autres guanos ne lui en ont offert que 6 à 7 p. 400; ces différences de composition tiennent, soit à ce que les échantillons analysés ne provenaient pas des mêmes couches exploitées, soit à la transformation de l'urate d'ammoniaque de certains échantillons en carbonate dont la volatilité est très grande.

D'après M. de Humboldt, le guano coûte sur les lieux 44 à 45 fr. la fanègue de 56,33 litres pesant 40 kil. environ. A Londres, le guano se paye 60 fr. les 400 kil.

D'après des expériences faites en France, la dose la plus convenable de cet engrais paraît être de 250 à 500 kil. par hectare. L'action du guano, comme celle de la colombine, est des plus violentes; aussi doit-on l'employer avec discernement.

La composition du guano confirmerait au besoin son origine; d'ailleurs les îles qui le fournissent servent encore de refuge à une multitude d'oiseaux. D'après les calculs de M. de Humboldt, en supposant la surface de ces îles couverte de ces oiseaux, en 3 siècles, leurs excréments ne pourraient former qu'une couche de 4 centimètre d'épaisseur, et l'imagination est effrayée devant l'âge assigné à ces dépôts par l'épaisseur des couches existantes.

De nouveaux dépôts de guano viennent d'être découverts sur les côtes de l'Afrique, où leur exploitation se fait en grand. Ce produit est moins azoté que le guano péruvien.

Excréments de poissons. Le dépôt qui se forme au fond des étangs bien peuplés de poissons est un excellent engrais; M. le comte de Gasparin en a obtenu des résultats remarquables.

Excréments des vers à soie. Les litières chargées des excréments des vers à soie s'emploient quelquefois comme engrais; dans les magnaneries du Midi, on les sèche et on les emploie pour engraisser les moutons.

D'après MM. Boussingault et Payen, les litières du cinquième âge des vers à soie contiennent à l'état sec 3,483 pour 100 d'azote, celles du sixième âge 3,709.

Déjections de l'homme. Les excréments humains sont un des engrais les plus actifs qu'on puisse employer; on peut les utiliser tels qu'ils sortent des fosses; c'est ce qu'on fait aux environs de Grenoble, près de Lyon et en Toscane; on les délaie dans l'eau pour les distribuer plus uniformément sur les terrains qu'on en recouvre. En Chine, les matières fécales sont recueillies soigneusement dans des vases disposés le long des grandes routes pour les délayer dans l'eau et les déposer près des plantes; quelquefois aussi les Chinois les pétrissent avec de l'argile pour en former des briques qui, séchées et pulvérisées, se répandent en couverture. A Paris, les matières fécales sont converties en poudrette.

Poudrette. Les vidanges de la ville de Paris, transportées à Montfaucon, sont versées dans de vastes bassins étagés et peu profonds destinés à les recevoir. C'est dans deux bassins plus élevés que les autres qu'on décharge alternativement les matières extraites des fosses pendant la nuit.

Lorsque l'un de ces bassins est rempli, on fait couler la partie la plus liquide dans un troisième bassin placé au-dessous: ce troisième réservoir rempli, il s'y dépose, comme dans l'un des deux premiers une partie de la matière solide contenue dans le liquide. Les parties les plus fluides du troisième bassin passent dans un quatrième, et ainsi de suite; les dernières eaux conduites dans un égout se rendent à la Seine. Par ce procédé, on finit par n'avoir plus, dans chaque bassin, que des matières pâteuses qu'on enlève avec des dragues ou à la pelle pour les placer sur un terrain en dos d'âne, où on les retourne à mesure que leur dessiccation s'opère. Au bout de cinq à six ans, on obtient une matière pulvérulente qui constitue la poudrette; on la dispose en tas, dont les faces sont battues, afin d'éviter l'infiltration des eaux pluviales dans la masse.

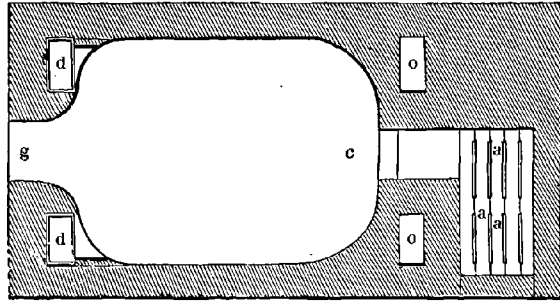
Cet engrais à l'état normal renferme 41,4 d'eau et 4,86 d'azote pour 100; à l'état sec, la quantité d'azote est de 2,67; la poudrette pèse 70 kilogrammes l'hectolitre, et se vend 7 fr. 45 cent. les 100 kilogr.; on la répand sur le sol à l'époque des labours; on en emploie 20 à 30 hectolitres par hectare.

Les effets de la poudrette sont malheureusement très vite épuisés; quelquefois ils ne se prolongent pas jusqu'à la fructification des céréales; cet engrais donne aux herbages une grande vigueur, mais on assure qu'il leur communique un goût qui répugne aux animaux. M. Boussingault, dans ses observations, n'a pas vérifié ce fait.

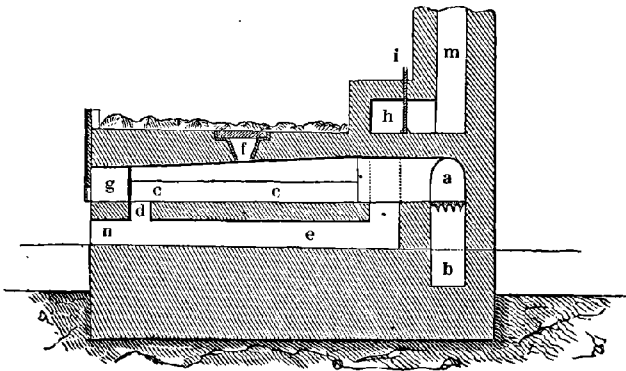
M. Salmon est parvenu à désinfecter complètement les matières fécales, en les mêlant avec une matière charbonneuse obtenue par la calcination en vase clos d'une terre calcaire contenant des matières organiques,

dont l'azote s'ajoute à celui de l'engrais; c'est le noir animalisé.

Nous donnons ci-après les plans d'un four destiné à la préparation de ce noir:



764.



765.

La fig. 765 représente une coupe verticale de ce four suivant la longueur, et la fig. 764 la coupe horizontale du même four: les mêmes lettres, dans les deux dessins, indiquent les mêmes objets.

a, foyer où se place le combustible.

b, cendrier.

c, sole sur laquelle se place la matière à calciner.

d, carneau établissant la communication entre le four cc et sa galerie inférieure ee: on voit, dans le plan, fig. 764, que ce carneau existe de chaque côté du four.

e, galerie passant sous la sole du four: les produits de la combustion s'y rendent en sortant du four, et échauffent encore la sole par contact.

f, orifice percé dans la voûte du four; il est, pendant la marche, fermé par une plaque de fonte, et sert à introduire la substance à calciner: on étend d'abord cette dernière au-dessus du four, et là elle commence à se dessécher.

g, porte du four: elle sert à remuer la matière à l'aide d'un ringard, et à la retirer lorsqu'elle est suffisamment calcinée.

o, carneau faisant communiquer la galerie e à la galerie h.

h, galerie conduisant les produits de la combustion dans la cheminée m.

m, cheminée conduisant au dehors les produits gazeux provenant soit du combustible, soit de la matière calcinée.

t, registre réglant le tirage.

Engrais flamand. La méthode usitée en Flandre pour

utiliser les vidanges est beaucoup plus rationnelle, et surtout plus hygiénique que la confection de la poudrette. On donne le nom d'*engrais flamand* ou *gadoue* aux excréments humains retirés des fosses d'aisance, et conservés dans des citernes voutées placées au-dessous du sol, sur le bord d'une route, et à proximité des champs cultivés. Ces citernes, dont le fond est en grès et les murs en briques, sont remplies quand les travaux agricoles le permettent au cultivateur : on laisse fermenter cet engrais quelques mois avant de s'en servir, et on a soin d'ajouter de la matière à mesure qu'on en retire.

L'engrais flamand est destiné principalement à activer la végétation des plantes oléagineuses et du tabac, qui donnent le plus de bénéfice; il s'emploie sous forme liquide; on le transporte aux champs sur des chariots, renfermé dans des barils. Arrivés à leur destination, on vide ces barils dans des baquets, où on puise l'engrais à l'aide de longues cuillères en fer pour le verser sur les semences. Les graines échauffées par cette matière en fermentation se développent promptement, et y puisent une nourriture abondante. Cet engrais est aussi d'un emploi très avantageux après le repiquage des jeunes plants : on le verse à la main pour éviter d'en mettre sur les feuilles.

Il faut une grande habitude aux cultivateurs de la Flandre pour supporter l'odeur infecte et repoussante qui s'exhale de la gadoue. Au reste, ces émanations ne sont nullement insalubres.

Les fermiers qui emploient cet engrais y ajoutent souvent des tourteaux de graines oléagineuses réduits en poudre; ces résidus, renfermant des substances végétales azotées, constituent eux-mêmes un très bon engrais.

Les caves où on recueille l'engrais flamand contiennent ordinairement 32 mètres cubes de matière ou 320 hectolitres, chacun du poids de 425^k, et coûtant 0^f,25^c. D'après MM. Payen et Boussingault, l'engrais flamand contient à l'état normal 0,49 à 0,22 pour 100 d'azote.

Nous renverrons à l'article *DÉSINFECTATION* pour la description des procédés *Siret* et autres, destinés à transformer les matières fécales solides et les eaux-vannes en engrais inodores, et plus actifs que la poudrette.

Débris d'animaux.

Les débris d'animaux morts, les matières animales provenant des abattoirs sont des engrais puissants. Aussi partout où l'on peut se les procurer facilement, il est excessivement avantageux de les employer pour l'agriculture. Tout peut être utilisé; la chair musculaire, les débris de peaux, de crin, de tendons, de corne, les os, les plumes, etc.

Chair musculaire. La chair musculaire des animaux s'emploie rarement comme engrais, on l'utilise pour la nourriture des porcs; celle qui ne s'emploie point de cette manière peut être desséchée après une cuisson préalable, puis réduite en poudre; en cet état, elle constitue un excellent engrais. À son état normal elle contient plus de la moitié de son poids d'eau; séchée à l'air elle en renferme encore 8 à 9 centièmes. Parfaitement sèche elle contient 14,23 pour 100 d'azote. On la vend dans le commerce 20 fr. les 100 kil; elle contient alors 43,04 pour 100 d'azote.

Le sang des animaux abattus convient moins à la nourriture des porcs que la chair musculaire; il leur cause même quelquefois de graves maladies, aussi doit-on l'employer de préférence à engraisser les terres. Pour cet emploi, on le fait coaguler par l'ébullition et on le dessèche ensuite à l'étuve; le sang employé liquide serait un mauvais engrais, car alors sa décomposition aurait lieu si rapidement, que les produits qui en proviendraient, s'exhalant aussitôt, ne produiraient pas

d'effet sensible; on pourrait cependant obvier à cet inconvénient en étendant le sang d'une grande quantité d'eau avec laquelle on ferait des irrigations, on pourrait encore faire absorber le sang liquide par de la terre végétale desséchée au four, qu'on répandrait ensuite sur les terres. M. Payen a trouvé que le sang parfaitement sec contient 47 pour 100 d'azote; le sang desséché qu'on prépare en grand contient 14,87 d'azote comme la chair musculaire, il se paye 20 fr. les 100 kil.

Os. Les os privés de matières grasses et broyés entre des cylindres de fonte cannelés, sont destinés à l'agriculture; c'est surtout en Angleterre qu'on en emploie le plus à cet état, et la consommation qu'on en fait dans ce pays est si grande que des compagnies ont, pour s'en procurer, fait exploiter jusqu'aux champs de bataille de l'Empire.

Si on n'avait pas soin d'enlever la graisse des os par l'eau bouillante, cette graisse réagissant sur le carbonate calcaire du réseau osseux formerait un savon et chaux résistant à toutes les influences atmosphériques; on comprend donc que les os dans ce cas n'exerceraient sur le sol qu'une action à peu près nulle, à moins d'être réduits en poudre fine. M. Payen a constaté que des os entiers et anciens, n'avaient perdu, après un séjour de quatre ans dans la terre, que 0,08 de leur poids, tandis que quand ils sont traités par l'eau bouillante ils en perdent dans les mêmes circonstances 0,25 à 0,30.

La poudre des os non épuisés, contient à l'état sec 7,58 pour 100 d'azote; dans l'état où on la livre au commerce elle renferme 0,30 d'eau et se vend 12 fr. les 100 kil.; elle contient alors 5,30 d'azote.

Les os conviennent à toutes les terres et produisent une fumure persistante pendant quatre ou cinq années.

Les déchets d'os de tabletier sont employés, pour plus grande partie, par les fabricants de charbon animal; les râpures seules employées en agriculture, se vent à fumer les riches vignobles et les oliviers; ce excellent engrais analogue au précédent ne persiste qu'un peu de temps, vu son extrême division.

Les os qui après avoir été coupés en fragments débouillis, pour en extraire le suif, ont encore servi à préparer la gélatine dans la *marmite de Papin*, peuvent donner un engrais qui se fait sentir une année, mais ces résidus des fabriques de gélatine fermentent rapidement quand on les met en tas, ce qui leur fait perdre une grande partie de leur matière animale. Pour les conserver sans danger, M. Payen conseille de les sécher au sortir de la marmite et de les réduire en poudre.

Râpures de corne. Les râpures de corne agissent énergiquement et conviennent à tous les sols; en Angleterre on en donne 36 hectolitres par hectare.

Tendons, rognures de peaux, crins, plumes, résidus colle d'os. Toutes ces matières peuvent s'employer de même manière et dans les mêmes circonstances que les râpures de corne. La dose que doit en recevoir un terrain se calcule facilement par leur équivalent en azote.

Poissons. Les poissons qui commencent à se putrier sont employés comme engrais dans les pays pêcheurs; on peut, avant de s'en servir, les dessécher et les réduire en poudre. Le harang contient à l'état 40,54 pour 100 d'azote; humide il en renferme 0,5 seulement. La morue complètement desséchée en pèse 40,86.

Marc de colle. Le résidu des fabricants de colle-forte renferme des substances tendineuses et cutanées, poils, des débris d'os, de corne, de muscles, un sel calcaire et des matières terreuses; ce mélange une fois desséché peut se conserver longtemps, il renferme 2,4 pour 100 d'azote et par conséquent constitue un bon engrais.

Pain de creton. Le marc des graisses de bœufs, moutons, de veaux, traitées par les fondants, est ap-

Excréments des vers à soie. Les litières chargées des excréments des vers à soie s'emploient quelquefois comme engrais; dans les magnaneries du Midi, on les sèche et on les emploie pour engraisser les moutons.

D'après MM. Boussingault et Payen, les litières du cinquième âge des vers à soie contiennent à l'état sec 3,483 pour 100 d'azote, celles du sixième âge 3,709.

Déjections de l'homme. Les excréments humains sont un des engrais les plus actifs qu'on puisse employer; on peut les utiliser tels qu'ils sortent des fosses; c'est ce qu'on fait aux environs de Grenoble, près de Lyon et en Toscane; on les délaie dans l'eau pour les distribuer plus uniformément sur les terrains qu'on en recouvre. En Chine, les matières fécales sont recueillies soigneusement dans des vases disposés le long des grandes routes pour les délayer dans l'eau et les déposer près des plantes; quelquefois aussi les Chinois les pétrissent avec de l'argile pour en former des briques qui, séchées et pulvérisées, se répandent en couverture. A Paris, les matières fécales sont converties en poudrette.

Poudrette. Les vidanges de la ville de Paris, transportées à Montfaucon, sont versées dans de vastes bassins étagés et peu profonds destinés à les recevoir. C'est dans deux bassins plus élevés que les autres qu'on décharge alternativement les matières extraites des fosses pendant la nuit.

Lorsque l'un de ces bassins est rempli, on fait couler la partie la plus liquide dans un troisième bassin placé au-dessous: ce troisième réservoir rempli, il s'y dépose, comme dans l'un des deux premiers une partie de la matière solide contenue dans le liquide. Les parties les plus fluides du troisième bassin passent dans un quatrième, et ainsi de suite; les dernières eaux conduites dans un égout se rendent à la Seine. Par ce procédé, on finit par n'avoir plus, dans chaque bassin, que des matières pâteuses qu'on enlève avec des dragues ou à la pelle pour les placer sur un terrain en dos d'âne, où on les retourne à mesure que leur dessiccation s'opère. Au bout de cinq à six ans, on obtient une matière pulvérulente qui constitue la poudrette; on la dispose en tas, dont les faces sont battues, afin d'éviter l'infiltration des eaux pluviales dans la masse.

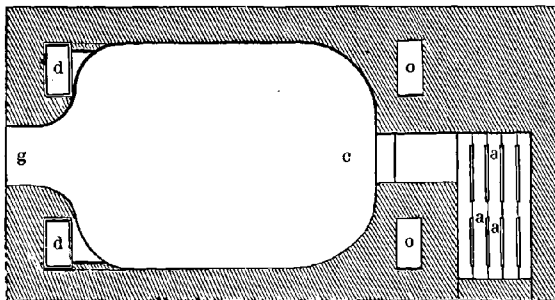
Cet engrais à l'état normal renferme 44,4 d'eau et 1,56 d'azote pour 100; à l'état sec, la quantité d'azote est de 2,67; la poudrette pèse 70 kilogrammes l'hectolitre, et se vend 7 fr. 45 cent. les 100 kilogr.; on la répand sur le sol à l'époque des labours; on en emploie 20 à 30 hectolitres par hectare.

Les effets de la poudrette sont malheureusement très vite épuisés; quelquefois ils ne se prolongent pas jusqu'à la fructification des céréales; cet engrais donne aux herbages une grande vigueur, mais on assure qu'il leur communique un goût qui répugne aux animaux. M. Boussingault, dans ses observations, n'a pas vérifié ce fait.

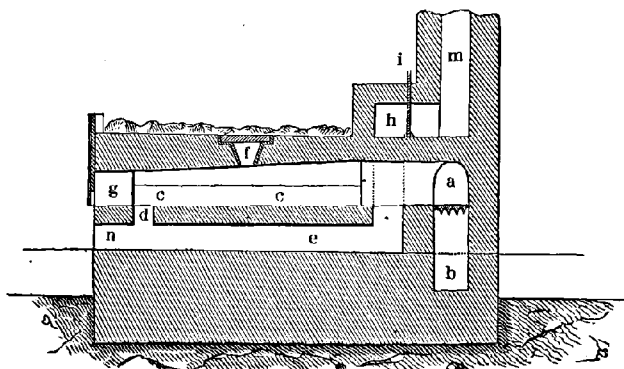
M. Salmon est parvenu à désinfecter complètement les matières fécales, en les mêlant avec une matière charbonneuse obtenue par la calcination en vase clos d'une terre calcaire contenant des matières organiques,

dont l'azote s'ajoute à celui de l'engrais; c'est le *noir animalisé*.

Nous donnons ci-après les plans d'un four destiné à la préparation de ce noir :



764.



765.

La fig. 765 représente une coupe verticale de ce four suivant la longueur, et la fig. 764 la coupe horizontale du même four: les mêmes lettres, dans les deux dessins, indiquent les mêmes objets.

a, foyer où se place le combustible.

b, cendrier.

c, sole sur laquelle se place la matière à calciner.

d, carneau établissant la communication entre le four cc et sa galerie inférieure ee: on voit, dans le plan, fig. 764, que ce carneau existe de chaque côté du four.

e, galerie passant sous la sole du four: les produits de la combustion s'y rendent en sortant du four, et échauffent encore la sole par contact.

f, orifice percé dans la voûte du four; il est, pendant la marche, fermé par une plaque de fonte, et sert à introduire la substance à calciner: on étend d'abord cette dernière au-dessus du four, et là elle commence à se dessécher.

g, porte du four: elle sert à remuer la matière à l'aide d'un ringard, et à la retirer lorsqu'elle est suffisamment calcinée.

o, carneau faisant communiquer la galerie e à la galerie h.

h, galerie conduisant les produits de la combustion dans la cheminée m.

m, cheminée conduisant au dehors les produits gazeux provenant soit du combustible, soit de la matière calcinée.

i, registre réglant le tirage.

Engrais flamand. La méthode usitée en Flandre pour

utiliser les vidanges est beaucoup plus rationnelle, et surtout plus hygiénique que la confection de la poudrette. On donne le nom d'*engrais flamand* ou *gadoue* aux excréments humains retirés des fosses d'aisance, et conservés dans des citernes voûtées placées au-dessous du sol, sur le bord d'une route, et à proximité des champs cultivés. Ces citernes, dont le fond est en grès et les murs en briques, sont remplis quand les travaux agricoles le permettent au cultivateur : on laisse fermenter cet engrais quelques mois avant de s'en servir, et on a soin d'ajouter de la matière à mesure qu'on en retire.

L'engrais flamand est destiné principalement à activer la végétation des plantes oléagineuses et du tabac, qui donnent le plus de bénéfice; il s'emploie sous forme liquide; on le transporte aux champs sur des chariots, renfermé dans des barils. Arrivés à leur destination, on vide ces barils dans des baquets, où on puise l'engrais à l'aide de longues cuillères en fer pour le verser sur les semences. Les graines échauffées par cette matière en fermentation se développent promptement, et y puisent une nourriture abondante. Cet engrais est aussi d'un emploi très avantageux après le repiquage des jeunes plants : on le verse à la main pour éviter d'en mettre sur les feuilles.

Il faut une grande habitude aux cultivateurs de la Flandre pour supporter l'odeur infecte et repoussante qui s'exhale de la gadoue. Au reste, ces émanations ne sont nullement insalubres.

Les fermiers qui emploient cet engrais y ajoutent souvent des tourteaux de graines oléagineuses réduits en poudre; ces résidus, renfermant des substances végétales azotées, constituent eux-mêmes un très bon engrais.

Les caves où on recueille l'engrais flamand contiennent ordinairement 32 mètres cubes de matière ou 320 hectolitres, chacun du poids de 425^k, et coûtant 0^f. 25^c. D'après MM. Payen et Boussingault, l'engrais flamand contient à l'état normal 0,49 à 0,22 pour 100 d'azote.

Nous renverrons à l'article DÉSINFECTION pour la description des procédés *Siret* et autres, destinés à transformer les matières fécales solides et les eaux-vannes en engrais inodores, et plus actifs que la poudrette.

Débris d'animaux.

Les débris d'animaux morts, les matières animales provenant des abattoirs sont des engrais puissants. Aussi partout où l'on peut se les procurer facilement, il est excessivement avantageux de les employer pour l'agriculture. Tout peut être utilisé; la chair musculaire, les débris de peaux, de crin, de tendons, de corne, les os, les plumes, etc.

Chair musculaire. La chair musculaire des animaux s'emploie rarement comme engrais, on l'utilise pour la nourriture des porcs; celle qui ne s'emploie point de cette manière peut être desséchée après une cuisson préalable, puis réduite en poudre; en cet état, elle constitue un excellent engrais. À son état normal elle contient plus de la moitié de son poids d'eau; séchée à l'air elle en renferme encore 8 à 9 centièmes. Parfaitement sèche elle contient 44,25 pour 100 d'azote. On la vend dans le commerce 20 fr. les 100 kil; elle contient alors 43,04 pour 100 d'azote.

Le sang des animaux abattus convient moins à la nourriture des porcs que la chair musculaire; il leur cause même quelquefois de graves maladies, aussi doit-on l'employer de préférence à engraisser les terres. Pour cet emploi, on le fait coaguler par l'ébullition et on le dessèche ensuite à l'étuve; le sang employé liquide serait un mauvais engrais, car alors sa décomposition aurait lieu si rapidement, que les produits qui en proviendraient, s'exhalant aussitôt, ne produiraient pas

d'effet sensible; on pourrait cependant obvier à cet inconvénient en étendant le sang d'une grande quantité d'eau avec laquelle on ferait des irrigations, on pourrait encore faire absorber le sang liquide par de la terre végétale desséchée au four, qu'on répandrait ensuite sur les terres. M. Payen a trouvé que le sang parfaitement sec contient 47 pour 100 d'azote; le sang desséché qu'on prépare en grand contient 44,87 d'azote; comme la chair musculaire, il se paye 20 fr. les 100 kil.

Os. Les os privés de matières grasses et broyés entre des cylindres de fonte cannelés, sont destinés à l'agriculture; c'est surtout en Angleterre qu'on en emploie le plus à cet état, et la consommation qu'on en fait dans ce pays est si grande que des compagnies ont, pour s'en procurer, fait exploiter jusqu'aux champs de bataille de l'Empire.

Si on n'avait pas soin d'enlever la graisse des os par l'eau bouillante, cette graisse réagissant sur le carbonate calcaire du réseau osseux formerait un savon de chaux résistant à toutes les influences atmosphériques; on comprend donc que les os dans ce cas n'exerceraient sur le sol qu'une action à peu près nulle, à moins d'être réduits en poudre fine. M. Payen a constaté que des os entiers et anciens, n'avaient perdu, après un séjour de quatre ans dans la terre, que 0,08 de leur poids, tandis que quand ils sont traités par l'eau bouillante ils en perdent dans les mêmes circonstances 0,25 à 0,30.

La poudre des os non épuisés, contient à l'état sec 7,58 pour 100 d'azote; dans l'état où on la livre au commerce elle renferme 0,30 d'eau et se vend 42 fr. les 100 kil.; elle contient alors 5,30 d'azote.

Les os conviennent à toutes les terres et produisent une fumure persistante pendant quatre ou cinq années.

Les déchets d'os de tabletier sont employés, pour la plus grande partie, par les fabricants de charbon animal; les râpures seules employées en agriculture, servent à fumer les riches vignobles et les oliviers: cet excellent engrais analogue au précédent ne persiste que pendant deux années, vu son extrême division.

Les os qui après avoir été coupés en fragments et débouillis, pour en extraire le suif, ont encore servi à préparer la gélatine dans la *marmite de Papin*, peuvent donner un engrais qui se fait sentir une année, mais ces résidus des fabriques de gélatine fermentent rapidement quand on les met en tas, ce qui leur fait perdre une grande partie de leur matière animale. Pour les conserver sans danger, M. Payen conseille de les dessécher au sortir de la marmite et de les réduire en poudre.

Râpures de corne. Les râpures de corne agissent énergiquement et conviennent à tous les sols; en Angleterre on en donne 36 hectolitres par hectare.

Tendons, rognures de peau, crins, plumes, résidus de colle d'os. Toutes ces matières peuvent s'employer de la même manière et dans les mêmes circonstances que les râpures de corne. La dose que doit en recevoir un terrain se calcule facilement par leur équivalent en azote.

Poissons. Les poissons qui commencent à se putréfier sont employés comme engrais dans les pays de pêche; on peut, avant de s'en servir, les dessécher et les réduire en poudre. Le hareng contient à l'état sec 40,54 pour 100 d'azote; humide il en renferme 0,09 seulement. La morue complètement desséchée en possède 40,86.

Marc de colle. Le résidu des fabricants de colle-forte renferme des substances tendineuses et cutanées, des poils, des débris d'os, de corne, de muscles, un savon calcaire et des matières terreuses; ce mélange une fois desséché peut se conserver longtemps, il renferme alors 4 pour 100 d'azote et par conséquent constitue un assez bon engrais.

Pain de creton. Le marc des graisses de bœufs, de moutons, de veaux, traitées par les fondeurs, est appelé

pain de creton : il est formé en grande partie des membranes du tissu adipeux encore imprégnées d'un peu de graisse, de sang, de muscles et d'os. Jusqu'à présent il a servi à la nourriture des chiens; on a essayé de l'utiliser comme engrais, on en a obtenu de bons résultats; il contient 41 à 42 pour 100 d'azote. Avant de se servir du pain de creton qui est très dur on le concasse et au besoin on le trempe dans l'eau.

Suint. Le suint provenant du lavage des laines s'emploie aussi comme engrais; pour le recueillir et pouvoir l'employer, on fait arriver les eaux de lavage dans des fossés pleins de paille qui s'en imbibe.

Chiffons de laine. Les chiffons de laine offrent un des plus riches engrais qui soient employés; la décomposition lente de la laine la fait agir pendant six à huit ans; et comme la quantité d'azote qu'elle renferme est assez considérable, il s'ensuit qu'elle présente un engrais favorable aux transports. 3000 kil. de chiffons de laine suffisent pour fumer un hectare; malheureusement cette richesse agricole ne peut se recueillir en quantité un peu considérable que dans les grandes villes, ce qui en restreint l'emploi.

L'Angleterre en importe de Sicile pour la culture du houblon; en Provence on en fait usage pour toutes les cultures; les chiffons doivent être divisés le plus possible pour être répandus facilement sur la terre.

D'après MM. Boussingault et Payen les chiffons de laine renferment 42,28 pour 100 d'eau, et la matière sèche donne 20,26 d'azote : à Paris ces chiffons coûtent 6 fr. les 100 kil. et en Angleterre 47 fr. 65 c (1).

Noir animal des raffineries. Dans le raffinage du sucre on mêle cette matière fondue avec du charbon animal, et on clarifie avec du sang battu. Le mélange filtré laisse sur les filtres un dépôt qui, lavé, contient tout le charbon employé, le sang coagulé, un peu de sucre et quelques substances végétales contenues dans le sucre brut; desséchée, ce produit contient à peu près 21 centièmes de sang auquel il doit son action fertilisante. En 1824, M. Payen fit connaître le parti que l'on pouvait tirer de cette matière employée comme engrais, et depuis lors plus de 40 millions de kil. de noir animal des raffineries sont utilisés annuellement à l'amélioration du sol. Le noir des raffineries étrangères est même venu concourir à ce nouveau débouché, surtout dans les départements de l'ouest de la France. Le sucre contenu dans ce résidu produit, par la fermentation, de l'alcool et ensuite des acides acétique et lactique défavorables au développement des plantes; c'est ce qui explique les résultats désavantageux donnés par ce résidu employé peu de temps après sa sortie des fabriques: si, au contraire, on le laisse en tas un mois ou deux avant de s'en servir, l'action prolongée de l'air cause l'altération de la matière animale, et l'ammoniaque qui se produit, non seulement sature les acides provenant de la fermentation du sucre, mais encore donne une réaction alcaline au produit, réaction toujours favorable à la végétation.

M. Payen a trouvé dans une quantité de noir représentant 42 kil. de sang, 2,04 pour 100 d'azote, mais les résultats donnés par cet engrais sont de beaucoup supérieurs à ceux qu'on devrait en attendre d'après ce dosage. Le noir animal se paye à Paris de 7 à 7 fr. 50 c. les 100 kil.

Substances minérales azotées.

Quelques substances minérales mélangées de matières azotées sont employées comme engrais, telles sont : les coquilles, les vases de mer ou de rivière, et les terres salpêtrées de toutes provenances.

Les sables de mer employés en Bretagne sont appelés *merl* et *tréz* ou *tangué*.

(1) La laine bleue n'est point employée comme engrais, on en retire l'indigo; elle coûte 1 fr. le kilogramme.

Le *merl*, qu'on désigne aussi sous le nom de sable de mer, fond de corail, etc., est une vase mêlée de coquillages et de matières animales, desquelles elle tire ses principales propriétés. On le trouve abondamment à l'embouchure de la rivière de Morlaix, où il s'exploite à la drague. La rade de Brest et la rivière de Quimper en produisent aussi des quantités considérables. L'extraction du merl se fait du 15 mai au 15 octobre; une gabarre peut en contenir 7000 kil., qui se vendent 8 à 10 fr. Cet engrais doit s'employer peu de temps après sa sortie de l'eau, car il se désagrège rapidement à l'air et perd une partie de ses qualités. Le merl agit particulièrement sur les sols argileux par sa matière calcaire. D'après MM. Payen et Boussingault, le merl de Morlaix renferme, à l'état sec, 0,42 p. 100 d'azote. En sortant de la mer il renferme la moitié de son poids d'eau, et s'emploie à la dose de 1400 à 2800 kil. par hectare; c'est un engrais à décomposition rapide, et par conséquent de peu de durée.

Le *tréz* ou *tangué* est un sable de mer constituant le sol des plages marines dans plusieurs localités des environs de Morlaix; cette matière doit être lavée afin de la dépouiller de la plus grande partie du sel qu'elle contient.

Le peu de substance animale qu'elle renferme se dissipe par la putréfaction, si elle reste exposée trop longtemps à l'air; de là la distinction établie entre la tangué vive et la tangué morte, la seconde étant évidemment moins azotée que la première.

La tangué de Roscoff, desséchée, renferme 0,14 p. 100 d'azote, et on en emploie 4,000 kil. par hectare de terrain.

Produits de la combustion des végétaux.

Suies. La suie est employée en quantités considérables par les agriculteurs; elle constitue un bon engrais. D'après M. Braconnot, la suie d'une cheminée dans laquelle on avait brûlé du bois renfermait :

Acide ulmique	30,0
Matière azotée soluble dans l'eau	20,0
Matière carbonatée insoluble	3,9
Silice	1,0
Carbonate de chaux	14,7
Carbonate de magnésie	trace.
Sulfate de chaux	5,0
Phosphate de chaux ferrugineux	4,5
Chlorure de potassium	0,4
Acétate de chaux	5,7
Acétate de potasse	4,1
Acétate de magnésie	0,5
Acétate de fer	trace.
Acétate d'ammoniaque	0,2
Principe âcre et amer	0,5
Eau	12,5
	400,0

MM. Payen et Boussingault ont trouvé que la suie de houille contient plus de matière azotée que celle de bois. La suie se répand en couverture sur les trèfles et les jeunes froments; on en emploie 18 hectolitres par hectare. Elle doit s'appliquer seule, par un temps calme et pluvieux, comme l'a recommandé Mathieu de Dombasle.

La suie s'emploie en Flandre pour les semis de colza destinés au repiquage. On croit qu'elle préserve les jeunes plantes des attaques des insectes; on en donne alors 50 hectolitres par hectare. Son prix varie de 4 fr. 50 c. à 4 fr. 70 c. les 100 kil., suivant les localités.

Cendres de Picardie. Les cendres de Picardie proviennent de la combustion lente et imparfaite des tourbes pyriteuses, exploitées dans le département de l'Aisne pour la fabrication de l'alun et du sulfate de fer.

Quand la tourbe est entassée, elle est humide. En

présence de l'eau, le sulfure qu'elle renferme se transforme en sulfate. La chaleur développée par l'oxydation du fer et du soufre gagne de proche en proche, active la réaction, et bientôt est assez élevée pour enflammer la tourbe et la faire brûler lentement; on obtient par cette combustion spontanée une cendre grise qui sert à amender les prairies; ce n'est pas seulement au sulfate de chaux qu'elle renferme qu'est due son action sur la végétation, la plus grande partie de son activité provient des matières azotées qu'elle possède. L'analyse y a indiqué 4/2 p. 100 d'azote. M. Boussingault pense que pendant l'incinération des tourbes pyriteuses, il se produit du sulfate d'ammoniaque. Les cendres de Picardie se vendent sur les lieux 50 cent. l'hectolitre; ou en donne aux prairies de quatre à six hectolitres par hectare.

Cendres vitrioliques. Les résidus de la fabrication de la couperose, appelés cendres vitrioliques, sont analogues aux précédentes; à Forges-les-Eaux, les terres pyriteuses lessivées sont mêlées avec le quart de leur poids de cendres de tourbe; l'engrais qui en résulte convient aux prairies, aux herbage humides, et aux terres à sables. Ces cendres sont plus azotées que celles de Picardie, elles contiennent 2,72 p. 100 d'azote. Voici, du reste, leur composition donnée par MM. Girardin et Bidard :

Matière organique soluble	2,7
Humus insoluble	49,8
Sulfates de protoxyde et de peroxyde de fer.	4,8
Sable fin	39,0
Sulfure et peroxyde de fer.	6,7
	400,0

Écobuage. L'écobuage consiste à brûler sur place les matières organiques d'un terrain, surtout quand elles sont pauvres en principes azotés. Cette opération transforme la superficie du sol en une terre poreuse et charbonneuse qui retient, en les condensant, les vapeurs ammoniacales dégagées pendant la combustion; il se produit, en outre, des sels alcalins et terreux dont l'action est indispensable à la végétation. Une combustion trop complète amènerait, comme dans la préparation des cendres pyriteuses, la disparition des principes organiques, et on n'aurait plus un engrais azoté.

En Amérique, pour pratiquer l'écobuage, on se contente de mettre le feu aux pâturages quand l'état de dessiccation de l'herbe est suffisant; quelques jours après le passage du feu, on voit poindre sur le sol une végétation nouvelle et vigoureuse. On procède aussi à l'écobuage d'une autre manière; on commence par enlever la couche supérieure superficielle du terrain qui renferme les matières organiques à brûler; on forme ensuite avec ce mélange de terre, de racines et de tiges, des espèces de fourneaux auxquels on met le feu; à mesure que la flamme se fait jour à travers la masse, on ajoute du gazon afin de fermer les issues qui se sont formées. On obtient ainsi une combustion lente, et tous les gaz dégagés pendant cette opération, sont absorbés par l'enveloppe de terre charbonneuse.

Comme on le voit, le but de l'écobuage est de mettre en liberté, par une combustion lente, les principes contenus dans les matières végétales pour les rendre au sol et les tenir de cette manière à la disposition d'une nouvelle récolte; ou à l'avantage de hâter ainsi la circulation des éléments contenus dans les plantes, d'en jouir sur-le-champ; tandis que ces mêmes végétaux abandonnés aux effets lents de la putréfaction ne se fussent décomposés que peu à peu, et les résultats qu'ils auraient produits comme engrais, dispersés sur plusieurs récoltes, eussent été inappréciables.

Substances végétales.

Engrais verts. Sous le nom d'engrais verts, on comprend les parties vertes des plantes qui entrent dans les

récoltes des racines ou des tubercules, telles sont les fanes de carottes et des pommes de terre, les feuilles de betteraves et de navets; comme ces matières peuvent servir à la fois d'engrais et de fourrage, c'est au cultivateur à voir lequel de ces deux emplois peut lui être le plus avantageux.

D'après M. Boussingault, les matières dont nous venons de parler sont des aliments médiocres et des engrais excellents; il a trouvé que les fanes des pommes de terre provenant de la culture d'un hectare, représentaient 800 kil. de fumier de ferme supposé sec, et que les feuilles des betteraves fournies par une même surface valaient plus de 2600 kil. du même engrais au même état de siccité.

Parmi les engrais verts, se trouvent les plantes marines, qui servent à l'amélioration du sol près des côtes de la mer; ces plantes, fortement azotées, peuvent s'employer, soit immédiatement après leur sortie de la mer, soit à demi-desséchées, macérées ou même incinérées en partie. Elles agissent aussi bien par leurs substances salines et leurs propriétés hygroscopiques que par l'azote qu'elles renferment.

Séchées au soleil et réduites en poudre, elles ont été utilisées par M. Salmon pour la désinfection des matières fécales; elles constituent alors un excellent engrais qui, desséché, renferme 2, 4 p. 100 d'azote.

Goémon. La Bretagne, l'Écosse et l'Irlande, emploient sous le nom de *goémions* les différentes plantes de la famille des algues. La récolte du goémon se fait en labourant la surface des roches et le fond de la mer au moyen de grands râteaux; des réglemens fixent ordinairement, pour chaque localité, l'époque et le mode de la récolte.

Cet engrais, riche en sels de soude et de potasse, a le grand avantage d'être entièrement exempt de graines nuisibles; les différents fucus sortant de l'eau et égouttés retiennent 0,75 d'azote; desséchés à l'air ils en renferment encore 0,40; à cet état le *fucus saccharinus* possède 4,38 p. 100 d'azote, et le *fucus digitatus* 0,86 seulement; complètement sec, le premier en renferme 2,29, et le second 4,41. Le goémon brûlé contient 0,40 p. 100 d'azote.

Les plantes aquatiques qui croissent dans les eaux douces peuvent aussi offrir des ressources comme engrais.

Roseau. Le roseau est la plante d'eau douce la plus employée; fauché au vert il se décompose facilement; coupé au moment de sa floraison, et séché sur place, tel qu'on le livre au commerce, le roseau contient encore 0,20 d'eau et 0,75 d'azote; desséché complètement, il donne 4,40 de son poids de cendres et 4,0678 p. 100 d'azote. Réduit par la macération au même degré d'humidité que le fumier, sans y rien ajouter, il contient 0,267 d'azote. On fume souvent les oliviers, en Provence, en plaçant à leurs pieds des gerbes de roseaux dont l'effet se sent pendant deux années entières.

Fougères. Parmi les autres végétaux transportés pour servir à engraisser les terres, se trouvent les fougères dont l'azote n'a pas été dosé, mais qui renferment de la potasse en notable quantité, et qui, sous ce rapport, sont avantageuses pour les terrains manquant de cet alcali.

Bruyères. Comme les précédents, les bruyères peuvent aussi être d'une grande utilité; les feuilles renferment 4,74 d'azote, mais les tiges sont beaucoup plus pauvres, et on aurait plus d'avantage à les brûler qu'à les employer comme engrais.

Buis. Le buis est un engrais d'une grande ressource dans les pays environnés de montagnes calcaires, qui en sont quelquefois couvertes; les rameaux feuillés de buis, après avoir été foulés et écrasés sous les pieds des chevaux et les roues des voitures, peuvent fermenter facilement. À l'état vert ils renferment 4,47 p. 100 d'a-

zote, et 4,60 d'eau; à l'état sec ils offrent 2,89 p. 400 d'azote.

Dans quelques pays de montagnes, on emploie aussi au même usage les tiges-feuillées des pins.

Sarments. On n'a pas d'analyse des sarments, seulement on sait qu'on peut les employer avec avantage dans l'agriculture, si toutefois leur emploi, comme combustible, n'est pas d'un plus grand rapport.

Les récoltes enfouies en vert, pour améliorer le sol, rentrent également dans les engrais qui nous occupent. Cette méthode, qui date d'une haute antiquité, est encore suivie de nos jours, surtout en Italie; on cultive dans ce but les plantes qui prélèvent le plus de principes sur l'atmosphère; c'est aux légumineuses qu'on donne généralement la préférence.

Prairies. Les prairies demandent à être défrichées de temps en temps, car la nature du sol empêche quelquefois de les conserver indéfiniment en bon état.

Dans les prés qui rapportent 4500^k de foin par hectare, le gazon fournit un engrais qui équivaut à 668^k d'azote pour une même surface, et donne trois récoltes de froment, produisant ensemble 72 hectolitres.

Lupin. Le lupin employé comme engrais vert ne se sème en France qu'au mois de mars, et s'enterre aussitôt qu'il est en fleurs. Si l'on en juge par ses effets énergiques, cette plante, dont on n'a pas l'analyse, doit être très riche en azote.

La semence du lupin, analysée par M. Payen, renferme 3,49 d'azote à l'état normal, et 4,35 à l'état sec; ce serait donc un engrais fort riche.

Fèves. L'herbe de la fève en fleur compte comme une demi-fumure; elle s'emploie surtout pour engraisser les terrains qui doivent porter le chanvre.

Vesces. Les vesces sont un engrais vert très coûteux.

Seigle. Le seigle enterré en vert augmente un peu la richesse des récoltes; mais cette augmentation est si faible qu'elle ne compense pas les frais.

Spergule. La spergule que M. de Woght a beaucoup employée paraît donner d'assez bons résultats; d'après cet agronome, si l'on sème consécutivement un champ de spergule, pour être enterré en vert en mars, juin et août, l'effet de ces trois herbages équivaldra à 2,900^k de fumier par hectare. Cette plante ne réussit bien que dans les terrains sablonneux et les climats humides.

Sarrasin. D'après Schwerz, le sarrasin cultivé en Allemagne n'est enterré que quand la récolte de la graine ne laisse plus d'espoir. La paille de sarrasin renferme 0,34 p. 400 d'azote à l'état sec, et 0,48 après sa dessiccation à l'air.

Madia sativa. Le madia sativa a été employé comme engrais vert par plusieurs agriculteurs; en raison des exsudations résineuses qui couvrent cette plante, MM. Boussingault et Payen pensent qu'il faudrait lui faire subir une macération avant de l'enterrer. Les fèves de madia sativa renferment 0,66 p. 400 d'azote à l'état sec, et 0,53 après dessiccation à l'air.

Navette. De toutes ces plantes, la navette est depuis plus longtemps et beaucoup plus souvent employée au même usage, sa graine a le grand avantage de coûter peu; et 40 à 42^k de cette graine suffisent pour ensemer un hectare.

On considère encore comme engrais verts les débris de plantes, les chaumes des différentes céréales et les feuilles des arbres des forêts; quant à ces dernières, il est bon de les laisser fermenter avant de s'en servir.

De tous les engrais verts, ceux fournis par les prairies sont les moins coûteux et les plus abondants; l'emploi des autres plantes est subordonné à leur réussite sur les terrains qu'on leur destine, et surtout à leur équivalent en azote. Dans le plus grand nombre de cas il est préférable de cultiver des plantes pouvant servir à la nourriture des animaux, ceux-ci restituant à la terre une grande partie des éléments qu'ils en reçoivent,

l'autre partie donnant naissance à un produit animal d'une valeur plus considérable.

Débris végétaux.

Terreau. Le terreau qui se trouve en amas dans le fond des étangs et des marais situés dans un terrain calcaire est usité comme engrais; cette matière pauvre en azote et riche en carbone est utile aux terrains qui manquent de ce dernier corps. Les terreaux les plus riches sont ceux qui n'ont pas été formés sous l'eau, aussi ce sont les plus avantageusement employés dans l'agriculture.

Tourbe. La tourbe a une grande analogie avec le terreau; elle en diffère cependant par l'absence des matières solubles dans l'eau, ce qui se conçoit en effet d'après son origine aqueuse; cependant exposée à l'air et à l'humidité elle donne naissance à une certaine quantité de principes solubles dont les alcalis hâtent le développement; c'est ce qui explique son emploi comme engrais dans certaines localités. La tourbe chargée de tannin, d'acides végétaux et minéraux, de matières hydrogénées, demande quelques préparations avant son emploi. A l'état sec, employée pour litière, elle remplace économiquement la paille, et les matières qu'elle est destinée à absorber neutralisent sans manipulations les acides qu'elle renferme, et augmentent sa valeur comme engrais. La tourbe a aussi été employée mélangée avec du fumier; dans tous les cas elle ne s'emploie pour améliorer le sol que lorsqu'elle ne peut être utilisée plus avantageusement comme combustible.

Nous parlerons maintenant des résidus des différents végétaux dont les fruits, les racines ou les tiges ont subi un traitement destiné à en extraire les sucres.

Orge germée. L'orge germée qui a servi à la production de la bière est utilisée avec succès pour fumer les terres, desséchée sur les tourailles elle équivaut à deux fois et demie son poids de fumier; on la connaît sous le nom de *touraillois*. En Angleterre on en emploie de 35 à 52 hectolitres par hectare, pour la culture de l'orge et celle du froment.

Marc de raisin. Le marc de raisin contient une assez forte proportion d'azote, et comme la décomposition des pépins est lente c'est un engrais de longue durée qui convient à la fumure des vignes. Séché à l'air il contient 4,74 à 4,83 d'azote, et desséché complètement 3,34 à 3,56.

Marc des pommes à cidre. Le résidu de la fabrication du cidre étant acide doit être neutralisé par la chaux avant son emploi comme engrais, si le terrain qui doit le recevoir n'est pas lui-même calcaire. Mêlé avec du fumier il se neutraliserait sans manipulation.

Pulpes, résidus des féculeries. Les pulpes provenant de la fabrication de la fécule diffèrent peu en valeur de celle de la pomme de terre; elles pourraient donc servir avantageusement pour la nourriture des bestiaux; mais quand leur production dépasse les besoins de cette consommation, elles peuvent servir et servent effectivement d'engrais, car leur conservation ne peut s'opérer facilement. La pulpe des féculeries renferme les 7/10 de son poids d'eau et 0,526 pour 400 d'azote; complètement sèche, elle en contient 4,95.

Les écumes et dépôts des défécations qui proviennent de la même fabrication renferment 0,005 d'azote; c'est à peu près ce qu'on trouve dans le fumier de ferme humide. M. Dailly, propriétaire d'une féculerie située à Trapes, près de Versailles, emploie très avantageusement les eaux de cet établissement. Après les avoir fait déposer il les dirige dans de vastes champs qui sont autour de la féculerie; quant aux dépôts qu'elles ont formés, on les laisse se dessécher à l'air, et ils donnent une poudre qui a la moitié de la valeur de la poudre ordinaire.

Pulpe de betteraves. Le résidu de la fabrication du sucre de betterave sert généralement pour la nourriture

ENGRAIS.

des bestiaux; il contient en sortant des presses 0,378 pour 100 d'azote, séché à l'air 1,44, et desséché dans le vide 1,26.

Tranches de betteraves. Les tranches de betteraves qu'on obtenait par le procédé de macération dû à Mathieu de Dombasle pour l'extraction du sucre, ne renfermaient que 0,0004 d'azote; un pareil engrais ne peut évidemment pas payer les frais de transport.

Tan. Le tan épuisé qui a servi à la préparation des cuirs peut être employé comme engrais après une dessiccation préalable; on devra aussi avant de l'employer neutraliser par la chaux le tannin qu'il renferme encore.

Tourteaux. Les graines oléagineuses, après l'extraction de l'huile, laissent un résidu connu sous le nom de tourteau; ces résidus renferment à peu près toute la matière azotée qui était contenue dans la plante, aussi fournissent-ils d'excellents engrais, d'autant plus propres à être transportés qu'ils renferment peu d'humidité.

Les plus employés sont : le marc d'olive, les tourteaux de colza, de lin, de madia, d'arachide, tous très riches en azote. On emploie aussi les tourteaux de grai-

ENGRAIS.

nes de coton, de chénevis, de cameline, de fèves, de pavots, etc. Quant aux tourteaux de noix ils sont réservés exclusivement pour la nourriture des animaux.

Pour employer ces résidus comme engrais, on les pulvérise et on les répand ensuite sur les plantes déjà sorties de terre, ou sur les champs, en ayant soin de les enterrer par un labour. Comme l'humidité est indispensable à la poudre des tourteaux, pour que la réussite soit complète, on doit les humecter avant de s'en servir. En Angleterre on donne 4000 kilogr. de tourteau par hectare, du reste les doses varient avec les cultures; c'est surtout pour les terrains légers et sablonneux qu'on doit en faire usage.

Nous terminons ce que nous avions à dire sur les engrais azotés par le tableau de leur valeur comparative; ce tableau est dû, comme nous l'avons déjà dit, aux travaux de deux savants distingués, MM. Payen et Boussingault. Dans ce tableau la 5^e colonne est la plus utile, elle donne la quantité d'azote contenue dans l'engrais à l'état sec, et c'est seulement dans cet état, comme il est facile de le comprendre, que les engrais peuvent être comparés entre eux.

TABLEAU, DE LA VALEUR COMPARATIVE DES ENGRAIS,

déduite des analyses faites par MM. Boussingault et Payen.

DÉSIGNATION.	EAU normale.	AZOTE dans 100 de matière		TITRE à l'état		ÉQUIVALENT à l'état	
		sèche.	humide.	sec.	humide.	sec.	humide.
Fumier de ferme, moyenne de Bechelbronn.	79,3	1,95	0,44	400	400	400	400
Fumier d'aubergiste du midi de la France.	60,6	2,08	0,79	407	497	94	51
Eau de fumier.	99,6	4,54	0,06	78	2	427	68
Paille fraîche de froment d'Alsace, 1838.	49,3	0,30	0,24	15	60	650	167
Paille de froment ancienne des environs de Paris.	5,3	0,53	0,49	27	422,5	367	82
— — — partie supérieure.	5,3	0,43	0,41	22	402,5	453	98
— — — parties voisines de l'épi, l'épi compris.	9,4	4,42	4,33	73	332,5	437	30
Paille de seigle d'Alsace.	42,2	0,20	0,17	10	42,5	975	235
— — — des environs de Paris, 1844.	42,6	0,50	0,42	26	405	390	95
Paille d'avoine d'Alsace.	24,0	0,36	0,28	18	70	542	143
— d'orge —	44,0	0,26	0,23	13	57,5	750	174
Balles de froment —	7,6	0,94	0,85	48	212,5	207	47
Paille de pois —	8,5	4,95	4,79	400	447,5	400	22
— de millet —	49,0	0,96	0,78	49	495	203	54
— de sarrasin.	44,6	0,54	0,48	27	420	364	83
— de lentilles.	9,2	4,42	4,04	57	250	474	40
Tiges de topinambours.	42,9	0,43	0,37	22	92,5	453	108
Fanes de madia ayant donné graines.	14,3	0,66	0,57	33	442,5	295	70
Fanes, engrais vert avant la graine.	70,6	4,53	0,45	79	413	426	89
Genêt sec, tige et feuilles.	40,4	4,37	4,22	70	305	142	33
Fanes de betteraves champêtres.	88,9	4,50	0,50	230	425	43	80
— de pommes de terre.	76,0	2,30	0,55	147	437,5	85	73
— de carottes.	70,9	2,94	0,85	450	242,5	66	47
Feuilles de bruyère séchées à l'air.	7,0	4,90	4,74	97	435	403	23
— de poirier tombées en automne.	14,5	4,59	4,36	81,5	340	427	29
— de chêne —	25,0	4,57	4,18	80	293	425	34
— de peuplier —	54,4	4,47	0,54	66	434	167	74
— de hêtre —	39,3	4,94	4,18	78	294	402	34
— d'acacia —	53,6	4,56	0,72	80	480	425	56
Buis, rameaux et feuilles.	59,3	2,89	4,47	147	293	68	34
Racines de trèfle enfouies, desséchées à l'air.	9,7	4,77	4,61	90	402,5	410	25
Fucus digitatus, séché à l'air.	39,2	4,44	0,86	72	245	439	46
— — —	40,0	4,58	0,95	84	237,5	423	42
Fucus saccharinus, —	40,0	2,29	4,38	117	345	85	29
— — — sortant de la mer.	75,5	»	0,54	»	435	»	74
Goémon, dit brûlé.	3,8	0,40	0,32	20	95	488	105
Coquilles d'huîtres.	47,9	0,40	0,32	20	80	488	125
Coquillages de mer desséchés, de Dunkerque.	»	0,05	0,05	3	43	3750	769
Vase de la rivière de Morlaix.	3,7	0,42	0,40	21	100	464	400

ENGRAIS.

ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU nor- male.	AZOTE dans 100 de matière		TITRE à l'état		ÉQUIVALENT à l'état	
		sec.	humide	sec.	humide.	sec.	humide.
Tréz de la rade de Roscoff.	0,5	0,14	0,13	7	32,5	1393	308
Merl, sable de mer.	4,0	0,52	0,54	26,5	128	377	78
Morue salée.	38,0	10,86	6,70	557	1675	48	6
— lavée, pressée et séchée à l'air.	10,0	18,74	16,86	961	4215	40	2,5
Sciure de bois de sapin, —	24,0	0,22	0,16	11	40	886	250
— — — — —	24,0	0,34	0,23	15	57,5	629	174
Sciure de bois de chêne, —	26,0	0,72	0,54	36	135	256	74
Graines de lupin blanc de Toscane, bouillies et séchées.	10,5	4,35	3,49	223	872,5	45	11,5
Touraillons d'orge.	6,0	4,90	4,54	251	1127,5	40	9
Marc de raisin.	48,2	3,34	4,74	169	427,5	57	23
Tourteau de lin.	13,4	6,00	5,20	307	300	33	8
— de colza.	10,5	5,50	4,92	282	1230	35	8
— d'arachis.	6,6	8,89	8,33	455	2082,5	21	4,5
— de mada.	11,2	5,70	5,06	292	1265	34	8
— de cameline.	6,5	5,93	5,52	304	1378	33	7,25
— de chénevis.	5,0	4,78	4,24	245	1052	41	9,5
— de pavot.	6,0	5,70	5,36	292	1340	34	7,5
— de faines.	6,2	3,53	3,34	181	828	55	12
— de noix.	6,0	5,59	5,24	287	1310	35	7,5
— de graines de coton.	11,0	4,52	4,02	232	1000	32	10
— d'épuration des graines vertes par la sciure de peuplier.	40,0	3,92	3,54	204	885	50	11,25
— d'épuration de l'huile de poisson par la sciure de peuplier.	7,7	0,58	0,54	30	135	332	75
Marc de pommes à cidre, séché à l'air.	6,4	0,63	0,59	32	447	309	68
— de houblon.	73,0	2,23	0,56	114	440	88	67
Pulpe de betteraves, séchée à l'air.	9,3	4,26	4,14	64	285	155	35
— — — — — sortant de la presse.	70,0	"	0,58	64	85	"	406
Tranches de betteraves épuisées, procédé de Dom- basle.	94,5	1,76	0,01	90	2	114	4137
Pulpe de pommes de terre.	73,0	1,95	0,53	100	431,5	100	76
Suc de pommes de terre reposé et décanté.	95,4	8,28	0,38	425	94	23	106
Eaux de lavage des féculeries, à 4 volumes d'eau.	99,2	8,28	0,07	425	47,5	"	571
Dépôts des eaux des féculeries, égouttés en tas.	80,0	1,81	0,36	92	90	108	144
— — — — — séchés à l'air.	15,0	4,81	4,54	92	384,5	"	24
Excréments solides de vaches.	85,9	2,30	0,32	147	80	84	425
Urine de vache.	88,3	3,80	0,44	194	110	51	91
Excréments mixtes de vaches.	84,3	2,59	0,44	132	102,5	75	98
— solides de cheval.	75,3	2,24	0,55	143	137,5	88	73
Urine de cheval (le cheval buvait peu).	79,1	12,50	2,61	641	632,5	15,5	45,33
Excréments mixtes de cheval.	75,4	3,02	0,74	154	185	64	54
— de porcs.	81,4	3,37	0,63	172	157,5	58	63
— de moutons.	63,0	2,99	1,11	153	277,5	63	36
— de chèvres.	46,0	3,93	2,16	201	540	50	18,5
Engrais flamand liquide à l'état normal.	"	"	0,19	"	47,5	"	210
— — — — — — — — — — — — — — — —	"	"	0,22	"	55	"	182
Poudrette de Belloni, séchée à l'air.	12,5	4,40	3,85	225	962	44	40,33
— de Montfaucon.	44,4	2,67	1,56	137	390	73	25,5
Urine, séchée à l'étuve.	9,6	17,56	16,85	900	4213	44	2,3
— liquide, ammoniacale.	96,9	23,11	0,72	1133	479	8,5	56
Noir animalisé, préparé depuis 11 mois.	44,6	4,96	4,09	100,5	272	98	37
— récent, des camps près Paris.	42,0	2,96	1,24	151,6	310,5	66	32
— engrais dit hollandais, fabriqué à Lyon.	44,1	2,48	1,36	127	340	79	29,5
Herbes marines animalisées de Marseille, séchées à l'étuve.	12,1	2,73	2,40	140	600	7	16,5
Colombine de Bechelbronn.	9,6	9,02	8,30	462	2075	21,5	5
Guano importé en Angleterre à l'état ordinaire.	19,6	6,20	5,00	323	1247	34,5	80
— passé au tamis.	23,4	7,05	5,40	364	1349	28	74
— importé en France.	11,3	15,73	13,95	807	3487	12,5	28,5
Litière de vers à soie, 5 ^e âge.	14,3	3,48	3,29	178,7	827	56	12
— — — — — 6 ^e âge.	11,4	3,71	3,29	190	822	53	12
Chrysalide de vers à soie.	78,5	8,99	4,94	464	485	21,5	20,5
Hannetons.	77,0	13,93	3,20	744	804	14	13
Chair musculaire séchée à l'air.	8,5	14,25	13,04	730	3260	13,5	3
Sang sec (soluble), tel qu'on l'expédie.	24,4	15,50	12,48	795	3045	12,5	3,25

ENGRAIS.

ENGRAIS.

DÉSIGNATION.	EAU nor- male	AZOTE dans 100 de matière		TITRE à l'état		ÉQUIVALENT à l'état	
		sèche.	humide	sec.	humide.	sec.	humide.
		Sang liquide des abattoirs.	81,0	»	7,95	795	736	»	13,33
— des chevaux époués.	82,5	»	2,74	795	580	»	15
Sang coagulé sortant de la presse. — séché en fabrique (insoluble).	73,5	17,00	4,54	874	1128	11,5	9
Résidu de bleu de Prusse animalisé de sang.	12,5	17,00	14,88	874	3749	11,5	2,75
Os fondus séchés à l'air.	53,4	2,80	4,34	444	326	7	30,5
— — humides livrés par les fondeurs. — non fondus, renfermant 0,40 de graisse.	7,5	7,58	7,02	388	1754	26	6
Résidus de colle d'os.	30,0	»	5,34	»	1326	»	7,5
Mars de colle livrés par les fabricants.	8,0	»	6,22	»	1554	»	6,5
Pain de créton.	42,0	0,94	0,53	47	133	214	76
Noir animal des raffineries, tel qu'on l'expédie. — des raffineries, expédié de Paris.	33,6	5,63	3,73	288,4	933,5	35	44
Ecume de défécations de la sucrerie de Vigneux.	8,2	12,93	14,88	663	2969	15	3,33
Noir anglais, sang, chaux et suie.	47,7	2,04	4,06	404	265	96	38
Plumes.	27,7	19,04	13,75	974	3437	103	28
Bourres de poils de bœufs.	67,0	4,58	0,54	81	134	127	75
Chiffons de laine.	13,5	8,02	6,95	414,4	1738	24	6
Râpures de cornes.	12,9	17,61	15,34	903	3835	11	2,5
Suie de houille.	8,9	15,12	13,78	775	3445	13	3
— de bois.	44,3	20,26	17,98	1039	4495	9,5	2,25
Cendres de Picardie.	9,0	15,78	14,36	809	3590	12,83	3
Terreau de crottin, desséché à l'étuve.	15,6	4,59	4,35	81	337,5	122	30
	5,6	4,31	4,15	67	287,5	149	35
	9,2	0,74	0,65	36	162,5	275	52
	»	4,03	»	53	»	189	33

L'usage de ce tableau sera suffisamment expliqué par un exemple pratique que nous empruntons à M. Boussingault (4).

« Les tourteaux d'huile sont à bon marché cette année (1842); il s'agit de savoir s'il y aurait avantage à les répandre sur le sol pour augmenter la production du blé. La supposition que l'on doit faire, et c'est d'ailleurs la moins favorable, est que le froment puise la totalité de son azote dans le sol, qu'il n'en prélève pas sur l'atmosphère; en second lieu, nous admettons que tout l'azote du tourteau sera utilisé pendant la culture. Dans des conditions convenables de chaleur et d'humidité, cette supposition pourrait se réaliser. Dans tous les cas, la matière active qui resterait dans le sol réagirait les années suivantes.

« Voici maintenant quels sont les éléments de la question :

« 1° En moyenne, il y a 0,025 d'azote dans le froment cultivé à Bechelbronn;

« 2° Dans la paille de 1844, il y a 0,003 d'azote;

« 3° Le tourteau de caméline qu'on se propose d'employer en contient 0,053. Son prix actuel, mouture comprise, est de 8 fr. les 400 kil.;

« 4° Le rapport du poids du grain à celui de la paille est :: 47 : 400.

« L'hectolitre de grain pèse 77 kil. Son prix moyen est de 18 fr.

« Les 400 kil. de paille valent 3 fr.

« Une gerbe de 100 kil. est composée :

Grain, 32^k, contenant en azote 0^k,800, valent 5^f,76

Paille, 68^k, — 0^k,489, — 2^f,04

Total de l'azote. 0^k,989. — 7^f,80

0^k,989 d'azote se trouvent dans 48^k de tourteau de caméline, valant. 1^f,44

Différence. 6^f,36

« Ainsi 18 kil. de tourteau, devenant une gerbe de froment, augmenteraient leur valeur propre de 6 fr. 36 c. En supposant encore qu'on ne réalise que la moitié, que le tiers de ce qui est indiqué par la théorie, on voit que l'addition du tourteau doit être tentée, et qu'on ne doit rien négliger pour faire réussir son application comme engrais. »

ENGRAIS MINÉRAUX OU AMENDEMENTS.

La pratique a devancé la science dans l'application des engrais ou amendements minéraux; comme on ne comprend pas encore bien nettement leur manière d'agir, c'est une raison de plus pour les étudier avec soin.

Chaux. La chaux s'emploie comme engrais, soit à l'état de chaux carbonatée, soit à l'état de chaux caustique; la chaux magnésienne est nuisible à la végétation, on doit en éviter l'emploi; la chaux caustique ou chaux calcinée employée dans l'agriculture, produit au contraire de grandes améliorations, surtout dans la culture des céréales. Le chaulage, comme on le comprend facilement, est inutile dans les terrains suffisamment calcaires. La chaux vive paraît agir, d'après Liebig, en rendant les substances terreuses assimilables aux plantes.

Dans les environs de Dunkerque, on emploie 40 hectolitres de chaux par hectare de terrain, l'effet de cette dose s'y fait sentir de 40 à 42 ans. D'après M. Puvis, le sol doit recevoir annuellement 3 hectolitres de chaux par hectare, quantité plus que suffisante.

Quoique la chaux donnée au sol à l'état caustique se carbonate assez rapidement sous l'influence de l'acide carbonique contenu dans l'air et l'eau du sol, il est bon pour activer cette saturation et par conséquent préserver les plantes de l'action de la chaux caustique, de la distribuer sur les terres aussi également que possible.

Marne. Employée comme engrais, la marne agit par son principe calcaire; le marnage, sous ce rapport, revient donc à l'application de la chaux. La marne argileuse agit et par son calcaire et par son argile, elle

(1) Boussingault, *Economie rurale, etc.*, tome II, p. 149.

doit s'employer dans les terrains sablonneux où l'argile qu'elle contient agit mécaniquement, tandis que son calcaire, par son action chimique, remplace un chaulage.

Il est probable que la marne agit aussi comme engrais azoté, MM. Payen et Boussingault ayant trouvé dans plusieurs substances marneuses des matières organiques.

Comme les plantes enlèvent de la chaux au sol, il est évident que l'action d'un marnage n'est pas illimitée; on emploie ordinairement 3 hectolitres de marne par hectare, il serait facile de voir, en comparant la composition de la marne et celle des cendres des végétaux, que cette dose est très suffisante.

Cendres de bois. Malgré les améliorations que les cendres introduisent dans l'agriculture, elles sont peu employées comme engrais, leur prix de revient est généralement trop élevé: on préfère en extraire le carbonate de potasse. En Angleterre, les cendres de bois sont employées de préférence pour les sols graveleux, et chaque printemps on en donne 35 hectolitres par hectare.

Cendres lessivées. Les cendres de bois provenant des savonneries contiennent encore, outre les sels solubles échappés à la lexiviation, du carbonate de chaux provenant de la caustification du carbonate de potasse qu'elles renfermaient, et les sels insolubles tels que des phosphates, sulfates et carbonates avec un peu de silice. Les cendres lessivées, employées à la dose de 40 à 60 hectolitres par hectare, agissent pendant une dizaine d'années.

Cendres de tourbe. Elles sont d'un emploi avantageux et très recherchées des agriculteurs; elles renferment de la chaux, du sulfate de chaux, des carbonates, chlorures et sulfates alcalins, de la silice gélatineuse et de l'argile calcinée. Toutefois, la composition de ces cendres varie suivant la provenance des tourbes, et par conséquent leur effet n'est pas toujours le même.

Généralement les cendres de tourbe suppléent avantageusement au plâtrage; celles qui proviennent de tourbes pyriteuses renferment du sulfure de fer qui, par l'action de l'air, donne des efflorescences de sulfate qui sont nuisibles aux développements de la végétation: une bonne cendre doit être blanche et légère, son poids à l'état sec est de 50 kilogr. l'hectolitre. On donne par hectare de terrain de 50 à 400 hectolitres de cendres de tourbe.

Cendres de houille. Les cendres de houille renferment à peu de chose près les mêmes matières minérales que celles de tourbe, seulement les sels alcalins y sont en beaucoup moindre quantité; ces cendres agissent sur le sol en diminuant la ténacité, par cela même elles conviennent aux terres argileuses.

Les sels alcalins sont favorables à la végétation comme tout tend à le prouver; certaines cultures exigent même pour prospérer un alcali spécial.

Nitrate de potasse. Le nitrate de potasse employé en petite dose agit très énergiquement sur la végétation, et favorise surtout celle des céréales, des légumineuses et du sarrasin; la cherté de ce sel en limite l'emploi. On le remplace en Angleterre par le nitrate de soude venant du Pérou.

Nitrate de soude. Le nitrate de soude, dont le prix est beaucoup moins élevé que celui du nitrate de potasse, a donné de bons résultats employé à la dose de 425 kilogr. par hectare; cependant il faut que le sol soit en même temps pourvu d'engrais organiques pour que la réussite soit complète.

Sel marin. Le sel marin favorise la culture de l'orge, du froment, de la luzerne et du lin, on doit en employer 450 à 300 kilogr. par hectare. Le chlorure de calcium et le sulfate de soude agissent de même, employés en petite quantité.

Plâtre. Le sulfate de chaux est un des engrais minéraux les plus utilisés dans l'agriculture; il convient surtout aux prairies artificielles formées par le trèfle, la luzerne et le sainfoin; son action est nulle sur les céréales, peu sensible sur les récoltes sarclées et les prairies naturelles.

Le plâtre doit se répandre en poudre au printemps et lorsque les plantes qui le reçoivent ont acquis un certain développement; on l'applique le matin pour qu'il puisse adhérer aux feuilles encore mouillées par la rosée.

Le plâtre cru est aussi bon que celui qui a subi la cuisson; ce dernier cependant a l'avantage de se réduire plus facilement en poudre. On donne par hectare depuis 200 jusqu'à 2000 kilogr. de cette matière.

Le plâtre est absorbé par les plantes, surtout par celles dont la croissance est rapide; il est à présumer que le plâtre agit utilement sur les prairies artificielles en fournissant au sol la chaux qui lui est nécessaire.

DES SELS AMMONIACAUX.

Les sels à base d'ammoniaque ont été essayés comme engrais. M. Schatteumann a trouvé que des dissolutions de ces sels à 4 degré de force et à la quantité de 2 litres par mètre carré de surface donnaient les résultats les plus satisfaisants, répandues sur les prés, les champs de froment, d'orge et d'avoine; ces dissolutions n'ont produit aucun effet sur la luzerne et sur le trèfle, mais elles ont donné des résultats avantageux sur les prés naturels, quand elles ont été répandues dès que la végétation devenait active. Ainsi, par exemple, M. Schatteumann a récolté, sur la partie d'une prairie haute et sèche, arrosée avec 2 litres de sulfate d'ammoniaque de 4 degré (à l'aréomètre de Baumé) par mètre carré, 89 kilogr. de foin par are, tandis qu'à côté l'are n'a donné que 54 kilogr.

M. Ed. Solly a reconnu que l'hydro-sulfate d'ammoniaque étendu d'eau agissait très favorablement sur la végétation des plantes potagères.

Malgré les expériences si positives de ces savants, M. Bouchardat prétend que les sels ammoniacaux, même à des doses très faibles, sont contraires à la végétation.

Des expériences de M. Boussingault, il paraît résulter que les sels ammoniacaux portent de l'azote dans les plantes, mais qu'ils n'y pénètrent qu'à l'état de carbonate; le sulfate, l'hydro-chlorate et les autres sels à base d'ammoniaque étant décomposés par le carbonate de chaux qui se trouve dans le sol, car on sait que toutes les fois qu'on met en présence deux sels à l'état pulvérulent avec la quantité d'eau strictement nécessaire à la réaction sans en dissoudre les produits, s'il peut se former un composé volatil, ce composé se forme et se dégage; c'est ce qui arrive dans la terre. La réaction contraire aurait lieu si l'on mettait en présence deux dissolutions, l'une de sulfate de chaux et l'autre de carbonate d'ammoniaque, le carbonate de chaux insoluble se formerait et se précipiterait.

De l'eau. L'eau agit aussi sur la végétation, elle est même indispensable à l'existence des plantes. En même temps qu'elle facilite les réactions qui se passent dans le sol, elle agit et comme engrais organique et comme engrais minéral: la pluie qui tombe pendant les temps d'orage contient, comme l'a prouvé M. Liebig, des nitrates de chaux et d'ammoniaque; la pluie ordinaire ne renferme guère que des traces de sel marin; dans tous les cas elle entraîne avec elle des matières organiques qui se trouvaient à l'état de poussière en suspension dans l'air.

L'eau de rivière et celle de source, qui toutes deux sont employées dans l'agriculture, renferment une bien plus grande quantité de matières salines que l'eau de

ENRAYURE.

pluie; ces sels proviennent des terrains où ces eaux ont passé, aussi leur nature est-elle très variable.

Quand un agriculteur aura le choix entre plusieurs eaux, pour abreuver ses animaux ou irriguer ses terres, il devra donner la préférence à la plus riche en sels alcalins, sans cesser d'être potable.

M. Boussingault a trouvé qu'à Bechelbronn, les eaux qui servent à abreuver le bétail introduisent annuellement dans le fumier plus de 400 kilogr. de sels alcalins. F***.

ENGRENAGE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

ENRAYURE. Pour diminuer la rapidité de la course d'une voiture, lorsqu'elle descend une pente, on place un sabot en fer sous une ou plusieurs des roues; ce sabot retenu aux brancards ou à l'essieu par une chaîne, empêche la roue de tourner et augmente la résistance, en convertissant le frottement de roulement de la roue en frottement de glissement. On produit un effet analogue dans les diligences, au moyen d'une espèce de frein en bois, qui vient presser plus ou moins les jantes des roues de derrière et que le conducteur serre ou desserre à volonté de sa place, à l'aide d'un système de leviers coulés, dont le dernier est lié à une tige verticale terminée par une vis qui mord dans un écrou fixé au haut de la caisse, et que le conducteur fait monter ou descendre en tournant, dans un sens ou dans l'autre, une manivelle placée à la tête de la vis.

ENVELOPPE. Nous avons déjà expliqué à l'article DÉTENTE l'avantage que présentent les enveloppes dans les MACHINES À VAPEUR.

ENVELOPPE POUR LETTRES. Nous décrirons la machine qui sert à les fabriquer à l'article SACS, produit analogue à la fabrication duquel elle s'applique.

ÉPICYCLOÏDE. C'est la courbe tracée par un point d'un cercle roulant sur une courbe quelconque; lorsque cette dernière courbe est une ligne droite, la courbe décrite est une CYCLOÏDE. L'épicycloïde est une courbe très employée dans le tracé des dents des roues d'engrenages et des cames.

ÉPINGLE (*angl.* pin, *all.* stecknadel). La confection des épingles comprend environ 14 opérations que nous allons successivement décrire.

1° *Drassement du fil.* L'ouvrier prend l'écheveau de fil de laiton venant de la filière, et pour lui faire perdre sa courbure, il le place sur un dévidoir, et en faisant passer le bout, après l'avoir saisi avec des tenailles, entre les clous d'un instrument qu'on nomme *engin*, il le tire en courant sur une longueur d'environ 40 mètres; quittant ce bout, il revient à l'engin, où il coupe le fil; après quoi il recommence la même opération, et cela jusqu'à la fin de la botte de fil. Lorsque l'ouvrier en a dressé une botte de 10 à 15 kilogr., ce qui s'appelle une *dressée*, il en prend le bout du côté de l'engin, sur lequel il frappe de petits coups avec une spatule, pour les mettre tous dans le même plan vertical; il lie ensuite la botte avec du fil de laiton, et la découpe par longueurs de 3 ou 4 épingles ou *tronçons*, à l'aide d'une cisaille de forme particulière, qu'il fait agir, étant assis par terre, au moyen de ses jambes et de ses bras.

2° *Empointage.* Cette opération s'exécute sur des *meules de fer* ou d'acier, taillées en lime et trempées en paquet à toute leur force. Les épingliers en ont de deux tailles différentes, l'une pour dégrossir, dont la taille est forte, et une d'un diamètre moins grand, dont la taille est plus fine, et qui sert à terminer la pointe. Le *dégrossissage* et le *finissage* sont exécutés par deux ouvriers différents.

3° *Découpage des tronçons par longueur d'épingle.* Tant que les tronçons conservent assez de longueur pour être saisis à la main, le coupeur en prend une poignée qu'il présente à une cisaille disposée à cet effet.

EPINGLE.

Avant de la faire agir, il a soin que toutes les pointes se trouvent dans un même plan vertical parallèle au tranchant de la branche fixe; ce qui s'obtient au moyen d'une feuille de tôle placée à la distance convenable, qui détermine la longueur des épingles. Il rend à l'empointeur les tronçons qui n'ont plus de pointes, et lorsqu'enfin ces tronçons ne contiennent plus que deux épingles, et qu'il faut les couper par le milieu, il les assujettit avec un coin dans une espèce de boîte en fer, ce qui permet de les présenter à la cisaille. Les tronçons ainsi empointés s'appellent *hanses*; ils portent une petite rebarbe occasionnée par la cisaille, qui sert à arrêter et à fixer les têtes.

4° *Tortillement du fil pour faire les têtes.* Le fil de laiton qu'on destine à faire les têtes est plus mince que celui des épingles. On le tortille en hélice sur une broche, comme les élastiques de bretelles, sur une longueur de 1 mètre et 1/2 à 2 mètres, à l'aide d'un petit touret.

5° *Couper les têtes.* Un ouvrier assis par terre prend dans une de ses mains une douzaine de ces petits tronçons, qu'il présente par un de leurs bouts bien égalisés, à une cisaille dont il fait agir la branche supérieure, l'inférieure étant fixée avec l'autre main, observant de ne jamais couper ni plus ni moins de deux révolutions de fil.

6° *Recuire les têtes.* On prend une grande cuillère en fer, qu'on remplit de têtes, on la fait rougir sur un brasier, et on la trempe immédiatement dans l'eau froide; la trempe produisant sur le cuivre un effet inverse de celui qu'elle produit sur l'acier, on ramollit ainsi les têtes, et on en rend le *frappage* plus facile.

7° *Fraper ou façonner les têtes.* Cette opération, qui n'a rien de pénible, s'exécute par des femmes ou des enfants, au moyen de petits montants fixés sur les côtés d'une table. Chaque ouvrière ou *télière*, assise sur un banc en face de son mouton, les deux avant-bras placés sur des appuis fixés au niveau de la table, fait jouer le mouton avec un de ses pieds, à l'aide d'une pédale et d'un levier correspondant placé dans le haut, sur les traverses supérieures. La masse du mouton, qui ne pèse que 1 kilogr. à 1 kilogr. et 1/2, porte de chaque côté deux petites oreilles percées de trous verticaux, dans lesquels passent deux petites tringles en fer solidement fixées en haut et en bas, qui servent de *guide* au mouton, conjointement avec une tige qui, partant du milieu de ce mouton, va passer dans un trou correspondant, percé dans la traverse supérieure qui assemble les poteaux verticaux qui s'élèvent à chaque angle de la table. Sur le haut de cette tige est une masse de plomb de forme sphérique ou cylindrique, pesant environ 5 kilogr. La tête du mouton se termine par une pièce en fer dans laquelle est enchâssée une petite matrice en acier percée d'une *anche* ou *tétoir*, cavité hémisphérique destinée à former la moitié de la tête de l'épingle; au-dessous est une petite enclume portant également une matrice percée d'une anche toute semblable qui communique avec une petite rigole creusée dans l'outil et servant à recevoir le corps de l'épingle, qui serait aplatie sans cette précaution. Chaque ouvrière est munie de trois écuelles en bois, dont l'une est pleine de *hanses empointées*, une autre de *têtes*, et la dernière sert à mettre les épingles terminées. D'une main, elle enfle, sans y regarder, les épingles dans les têtes, ce qui s'appelle *brocher*, de l'autre elle les place dans les anches, et elle fait jouer le mouton avec le pied, en ayant soin de faire tourner en même temps l'épingle pour bien frapper la tête de tous les côtés. Il faut 5 ou 6 coups de mouton pour chaque tête.

8° *Jaunir ou décapier les épingles.* Les épingles sortant des mains des *télières* sont noires, surtout la tête; on les décape en les faisant bouillir pendant 1/2 heure

dans de la lie de vin ou une dissolution de crème de tartre; on les lave ensuite à l'eau avec soin.

9° *Blanchir ou étamer les épingles.* Cette opération, dont nous avons déjà donné la théorie aux articles *ALLIAGES* et *DORURE*, s'exécute ainsi qu'il suit; on a des bassins d'étain de 0^m,45 de diamètre, à rebords très peu élevés; on en couvre le fond d'une couche très mince d'épingles de la même espèce; puis, posant ces bassins l'un sur l'autre, en forme de pile, au nombre de 18 ou 20, et cette pile sur une grille de fer où sont attachées 4 cordes, deux ouvriers les portent dans une chaudière de cuivre, ayant 0^m,50 de diamètre et de 0^m,75 à 0^m,80 de profondeur, établie sur un fourneau; ils continuent à y ajouter autant de piles semblables que la chaudière peut en contenir, en ayant soin de faire sortir en dehors le bout des cordes attachées aux grilles. On remplit ensuite cette chaudière d'eau bien limpide, dans laquelle on jette 2 kilogr. de crème de tartre; on laisse bouillir le tout ensemble pendant 4 heures; après quoi on retire séparément chaque pile, qu'on plonge dans de l'eau fraîche et claire.

10° *Éteindre les épingles.* On donne ce nom au lavage à l'eau froide qu'on fait subir aux épingles.

11° *Séchage et polissage.* On sèche les épingles et on les polit en les mettant avec du son, dans un tonneau que l'on fait tourner sur son axe.

12° *Vannage.* On sépare les épingles du son, au sortir du tonneau, au moyen d'un van à blé ordinaire ou ventilateur.

13° *Piquer les papiers.* Les épingles se vendent ordinairement *boutées* dans du papier, par rangées de 25, 50 ou 100. Ce papier est disposé de manière à présenter autant de fois deux plis qu'on veut mettre de rangées d'épingles; et puis, au moyen d'un peigne à manche, dont les dents, au nombre de vingt-cinq, sont très effilées, on perce à l'endroit du pli, en frappant avec un marteau sur le manche du peigne.

14° *Boutage.* Opération qui consiste à placer les épingles dans les trous du papier.

ÉPISSURE. Épisser, c'est réunir deux cordes bout à bout en un seul brin, sans les nouer. Le procédé le plus usité est l'*épissure longue*, qui conserve à la corde son diamètre. Pour le faire, on commence par détordre 45 à 20 centim. d'un toron de chacun des bouts des cordages qu'on veut joindre. Rapprochant les deux bouts l'un de l'autre, on fait entrer le toron détordu de l'un d'eux dans le vide qu'a laissé le toron détordu de l'autre, et on les enlace ensemble, de manière à les bien arrêter. Cela fait, on procède à l'entortillement des deux autres torons de la même manière, en remplaçant le toron qu'on défait, au fur et à mesure, d'un des bouts du cordage, par le toron correspondant de l'autre, et les arrêtant tous trois à de certaines distances les uns des autres. Pour éviter qu'une épissure se défasse, on passe avec un pinceau une légère couche de colle-forte sur chaque nœud des torons, après en avoir coupé les bouts excédants, et quelquefois même après avoir entouré d'une ficelle serrée l'épissure sur toute son étendue.

ÉPONGE (*angl.* sponge, *all.* schwamm). L'éponge est un tissu fibreux plus ou moins dense, plus ou moins flexible, qui est produit par de petits animaux presque imperceptibles, appartenant au genre *polytes*, et qui vivent dans la mer. Ce tissu est enduit, dans son état naturel, d'une sorte de gelée animale, à demi-fluide et très mince, susceptible, dit-on, d'éprouver une légère contraction ou frémissement lorsqu'on la touche, et c'est le seul signe de vie qu'on y ait remarqué. Après la mort, cette gelée disparaît, et il ne reste que le tissu ou éponge qui lui sert de base; elle est formée de la réunion d'une multitude de petits tubes capillaires, susceptibles de recevoir l'eau dans leurs interstices et de se distendre considérablement. Les éponges se trouvent au fond de la mer, attachées à des pierres; c'est parti-

culièrement dans les parages des îles de l'archipel qu'on les rencontre en plus grande abondance.

L'éponge, quoique d'une origine analogue à celle du corail, est cependant d'une nature tout à fait différente. Le corail est presque entièrement composé de carbonate de chaux, tandis que l'éponge est formée des mêmes éléments que les matières animales, et elle fournit à la distillation une assez grande quantité d'ammoniaque.

Les usages des éponges sont assez nombreux: les plus fines sont employées pour la toilette ou pour le pansement de certaines plaies; celles qui sont grossières servent pour nettoyer les chevaux, les harnais, les voitures et pour laver les parquets.

Les éponges renferment beaucoup de matières étrangères, telles que des fragments de rocailles, des cailloux, du sable, des débris de madrépores et des têts de mollusques. Leurs fibres sont souvent recouvertes d'un enduit variable par sa consistance, sa couleur et sa nature; et ce n'est qu'après les avoir débarrassées de toutes ces substances qu'elles deviennent propres au service.

Pour les débarrasser du sable, de l'argile desséchée, et de la matière qui enduit leurs fibres, on les bat et on les lave à grande eau sans trop les froisser; mais pour enlever les autres parties, on est obligé de les faire sortir à la main, ce qui exige une assez grande dépense, et détruit quelquefois le tissu des éponges, à cause des déchirements que l'on est obligé de leur faire subir pour en retirer ces corps étrangers. Les cailloux siliceux ne peuvent être extraits que de cette manière; mais on parvient très bien et à peu de frais à enlever les parties calcaires, en traitant les éponges par de l'acide hydro-chlorique très affaibli, marquant 8 à 40° au plus, puis les lavant à grande eau.

Dans ces derniers temps, on a employé l'acide sulfureux et surtout le chlore, pour blanchir les éponges, et ce dernier moyen surtout a parfaitement réussi. Il n'est en usage que pour les éponges très fines destinées à la toilette; il en affaiblit peu le tissu, et leur donne plus de valeur.

Les chirurgiens font quelquefois usage de l'éponge pour empêcher des plaies de se cicatriser en les tenant constamment ouvertes, ou pour les dilater. Pour cela, les éponges sont préparées de deux manières: 1° à la cire; 2° ficelées. Pour préparer les éponges à la cire on les coupe par tranches, on les plonge dans de la cire fondue, puis on les comprime assez fortement jusqu'à ce que la cire soit solidifiée. Pour avoir des éponges ficelées, on les mouille et on enroule autour, en la serrant fortement, une ficelle que l'on a fixée par une de ses extrémités, puis on les conserve en cet état. Préparées par l'un ou l'autre moyen, les éponges occupent un très petit volume. Si l'on en coupe un fragment, et si on l'introduit dans une plaie, il s'y gonfle et en dilate l'ouverture. Les éponges ficelées sont préférées aux éponges préparées à la cire, parce qu'elles agissent plus efficacement.

Enfin, on emploie aussi l'éponge pour le traitement des gôtres; mais dans ce cas, ce n'est qu'après lui avoir fait subir une calcination en vase clos. On met le résidu charbonneux, réduit en poudre, dans une espèce de sachet qu'on applique sur la tumeur. C'est sans doute à la présence d'une petite quantité d'iode que l'on doit rapporter l'efficacité des éponges dans le traitement des maladies scrofuleuses.

EPSOM (*sel d'*). Voyez **SULFATE de magnésie**.

ÉPUISEMENT DES EAUX. Voyez **HYDRAULIQUE**, **MINES**, **POMPES**, etc.

ESCARBILLES. On nomme, en fabrique, escarbilles, les parties de houille, incomplètement brûlées, qui tombent sous la grille. C'est une espèce de coke d'une densité variable, mélangé avec les cendres. La production des escarbilles est une perte pour le fabricant, elle est

considérable, avec un chauffeur négligent, avec un foyer d'une construction vicieuse. Elle sera moindre tant que toutes les proportions du foyer seront bien calculées, que la température en quelque endroit n'y sera pas abaissée brusquement, que le chauffeur chargera sa grille régulièrement, en rejetant la houille d'avant en arrière, pour la brûler complètement, et qu'il aura soin de ramasser à la pelle les parties de houille qui tomberont du foyer, quand il est forcé d'extraire le mâchefer, pour les recharger avec de la houille neuve. On a cru qu'un appareil distributeur de charbon assurerait un chargement uniforme, une combustion complète.

Différents systèmes ont été essayés; ils paraissent abandonnés; on compte fort peu d'établissements qui aient adopté un moyen mécanique d'alimentation pour les foyers.

Laisser les escarbilles avec les cendres serait une perte pour le manufacturier: ces escarbilles pouvant servir dans des foyers où la température n'est pas très haute, dans les appareils de chauffage, par exemple, pour les ateliers, bureaux, etc. Les escarbilles sont séparées des cendres par le tamisage au moyen d'un crible, ou en jetant le mélange contre une claie. Les plus gros morceaux de coke sont triés à la main par des enfants, des femmes, etc., qui en rejettent le mâchefer.

Sur les chemins de fer, les cantonniers ramassent sur la voie les escarbilles qui tombent des locomotives, pour le chauffage des stations. Comme le crible laisse toujours passer les fragments les plus petits, toutes les escarbilles ne sont pas recueillies par ce moyen. Nous en indiquerons un autre qui donne de bons résultats dans les fabriques où il est employé. Les cendres provenant du crible sont agitées à la pelle dans un baquet à moitié rempli d'eau. Les escarbilles viennent nager à la surface, le coke en petits fragments étant spongieux et rendu plus léger d'ailleurs par l'air contenu dans ses interstices. On enlève successivement les couches qui se forment à la surface de l'eau. Quand elle devient trop bourbeuse, on la change, et l'opération recommence. Nous appellerons aussi escarbilles les résidus de la combustion du bois, bien que ce nom soit réservé particulièrement aux résidus de la combustion de la houille.

Dans les fabriques où l'on brûle du bois il tombe des grilles une assez grande quantité de braise. Ce charbon léger brûlant très facilement se consume en pure perte dans les cendriers. Il faut toujours laisser 5 à 6 centimètres d'eau dans le fond des cendriers. On y trouve le double avantage de ménager la grille et de ne pas perdre les escarbilles. En outre, la braise mal éteinte, mise en tas, se rallume facilement, peut brûler à l'extérieur fort longtemps sans qu'on s'en aperçoive, et finir par causer de graves accidents. Nous en avons eu malheureusement un exemple récent dans une fabrique de sucre chauffée au bois. Suivant nous, il vaut mieux jamais ne laisser les escarbilles en grands tas et autant que possible les utiliser au fur et à mesure de leur production; que les escarbilles proviennent de la houille, du bois ou de la tourbe, on peut en faire des **BRIQUETTES** en les agglomérant à l'aide d'argile délayée en bouillie. On utilise ainsi divers combustibles de peu de valeur qui, sans cette préparation, seraient d'une combustion difficile et passeraient entre les barreaux des grilles.

ESSAIS (*angl.* assays, *all.* probiren). Nous ne parlerons dans cet article que des essais des matières d'or et d'argent, en renvoyant pour les autres métaux à l'article de chacun d'eux en particulier.

ESSAI DES MATIÈRES ARGENTIFÈRES. Les matières argentifères sont de deux sortes: 1^o celles qui peuvent être immédiatement soumises à la coupellation; ce sont les alliages avec le plomb et le cuivre, les sulfures de plomb et de cuivre et le chlorure d'argent; 2^o celles

qui doivent d'abord subir un traitement préalable. Nous parlerons d'abord de ce traitement, qui consiste à faire passer l'argent dans un alliage plombifère susceptible d'être coupé, et qui s'exécute, soit par fusion avec un flux réductif, soit par fusion avec un flux oxydant, soit par scorification.

Fusion avec un flux réductif. On fond immédiatement avec un flux réductif, du flux noir par exemple, toutes les matières plombeuses en agissant comme s'il s'agissait de faire un essai pour **PLOMB**, et on coupe ensuite le culot de plomb obtenu. On essaie comme pour **CUIVRE**, tous les minerais de cuivre argentifères, parce que le cuivre allié d'argent que l'on obtient peut passer immédiatement à la coupellation, si l'on a soin d'y ajouter 46 à 47 parties de plomb. On fond encore avec un flux réductif toutes les matières argentifères non plombeuses, en y ajoutant une certaine quantité de litharge qui puisse produire le plomb métallique avec lequel l'argent doit se trouver allié; lorsque ces matières renferment de l'arsenic ou de l'antimoine, il faut d'abord les griller aussi complètement que possible.

Fusion avec des réactifs oxydants. Les réactifs oxydants dont on fait usage dans l'essai des minerais d'argent, sont la litharge et le nitre. On sait que la litharge attaque tous les sulfures, arsénio-sulfures, etc., et qu'elle en oxyde à peu près tous les éléments, excepté l'argent, lorsqu'elle est employée en quantité suffisante. Il se réduit une quantité de plomb proportionnelle à la quantité des matières oxydables; en sorte qu'il résulte de l'essai une scorie dans laquelle l'oxyde de plomb domine, et un alliage de plomb et d'argent qui ne contient ordinairement que très peu de métaux étrangers, si ce n'est du cuivre, et qui peut être soumise immédiatement à la coupellation. Ce mode d'essai est très commode et très expéditif. On mêle exactement le minerai, pulvérisé et laminé, on place le mélange dans un creuset, on met par dessus une couche mince de litharge pure, on chauffe rapidement, et l'on retire le creuset du fourneau aussitôt que la matière est devenue parfaitement liquide. Il est nécessaire d'employer une grande quantité de litharge, parce qu'on a reconnu que, pour que les scories ne retiennent pas d'argent, il est indispensable qu'il n'y reste pas la moindre trace de matières sulfurées. Les pyrites en exigent jusqu'à 50 parties; le mispickel, la blende, le sulfure d'antimoine, le cuivre pyriteux, et les cuivres gris en exigent vingt-cinq à trente fois leur poids; on n'en emploie que 4 à 5 parties pour la galène et le sulfure d'argent. Cette proportion diminue lorsque le minerai est mélangé de gangues pierreuses, et l'expérience a appris qu'il suffit généralement de 40 à 20 p. de litharge pour les minerais tels qu'ils sont livrés aux usines de fonte ou d'amalgamation. Ce mode d'essai a l'inconvénient de produire une quantité de plomb trop considérable. On évite cet inconvénient en effectuant en partie cette oxydation par le nitre. A cet effet, on fond 4 p. du minerai avec 30 p. de litharge au moins, et l'on pèse le culot de plomb; ayant apprécié approximativement le poids minimum que doit avoir ce culot pour que d'un côté le *plomb-d'œuvre* obtenu ne soit pas trop riche et que de l'autre la coupellation ne soit pas trop longue, on a, par différence, la quantité de plomb qu'il faudrait laisser dans les scories à l'état d'oxyde; l'expérience ayant montré que l'oxydation de 4 p. de plomb exige 0,25 à 0,30 p. de nitre, il est facile de déterminer la quantité qu'il faut employer pour atteindre le but qu'on se propose.

Scorification. La scorification produit, de même que la fusion avec la litharge, un alliage d'argent et de plomb susceptible d'être coupé, et une scorie très fusible qui se compose d'oxyde de plomb et de toutes les substances étrangères à l'argent, ramenées à l'état d'oxyde; mais, dans la fusion, l'oxydation de ces ma-

tières a lieu par l'action de la litharge qui fournit en même temps, en se réduisant, le plomb qui doit entrer dans l'alliage; tandis que dans la scorification, toutes ces matières sont oxydées par voie de grillage, au moyen de l'oxygène de l'air, et que la litharge elle-même est produite par l'oxydation d'une partie du plomb métallique qu'on mélange avec la matière à essayer. Le plomb que l'on ajoute est du plomb granulé, qui se prépare en versant du plomb fondu dans une boîte en bois, l'agitait vivement jusqu'à solidification complète, puis le passant à travers un tamis de crin assez gros. Il faut tenir compte de la quantité d'argent que renferme le plomb que l'on ajoute; il convient donc d'employer du plomb extrêmement pauvre. Le meilleur que l'on puisse se procurer s'obtient en réduisant par un peu de charbon, le carbonate de plomb de Clichy, préparé au moyen de l'acétate. Lorsqu'on opère par fusion avec la litharge, il faut également tenir compte de sa teneur en argent, et il faut la prendre aussi pauvre que possible. Le minium fabriqué avec le carbonate de plomb de Clichy est très convenable, seulement il faut faire attention que le minium renferme plus d'oxygène que la litharge, et agit par conséquent comme un mélange de litharge et de nitre.

La scorification se fait dans des vases ronds et peu profonds, en terre réfractaire, auxquels on donne le nom de *scorificatoires*, et que l'on fritte préalablement à l'intérieur avec de la sanguine (oxyde rouge de fer), afin de diminuer l'action corrosive de la litharge; on les chauffe sous la mouffle d'un fourneau de coupelle. Avant d'introduire les scorificatoires dans la mouffle, on met dans chacun d'eux un poids déterminé de minerai réduit en poudre, qu'on mélange intimement avec une quantité convenable de plomb granulé et un peu de borax. On ferme la porte de la mouffle et on donne un coup de feu pour faire fondre le plomb; on diminue alors le feu et l'on donne accès à l'air en ouvrant la porte. Le courant d'air qui s'établit dans la mouffle commence aussitôt le grillage, qui continue de lui-même sans qu'il soit nécessaire d'agiter. Par l'effet de l'oxydation, il se forme sur le bain métallique des scories qui sont rejetées sur les bords, et qui, augmentant successivement, finissent par le recouvrir complètement. Quand la scorification a été poussée assez loin, on donne un fort coup de feu pour liquéfier les scories aussi complètement que possible. Celles-ci sont suffisamment fluides, lorsqu'en y plongeant un crochet de fer rougi au feu, ce crochet ne se recouvre que d'un léger enduit qui en s'écoulant ne forme pas une goutte solide à l'extrémité. Cette condition de liquidité est indispensable pour que les globules métalliques puissent se réunir tous en un seul culot. Lorsqu'on ne parvient pas à l'atteindre, c'est un signe qu'on n'a pas poussé assez loin la scorification, et il faut alors la continuer, ou qu'on n'a pas employé une assez forte proportion de plomb, et dans cas il faut en ajouter une nouvelle dose. Quand l'opération est terminée et les scories bien fluides, on retire le scorificatoire avec une pince à croissant, et l'on coule immédiatement les matières qu'il contient dans une lingotière hémisphérique en fer: les parties métalliques gagnent le fond, et comme le refroidissement est subit elles n'adhèrent pas à la lingotière et forment un culot que recouvrent les scories. Celles-ci s'en détachent aisément au marteau; elles doivent être vitreuses et bien homogènes, d'une couleur variant du brun au jaune verdâtre. Le culot métallique doit être aussi ductile que du plomb pur, sans quoi il ne pourrait passer à la coupellation et il faudrait le scorifier de nouveau. En général, il est avantageux de pousser la scorification très loin, parce que l'expérience a prouvé qu'il se perd moins d'argent dans cette opération, qu'il ne s'en perd dans la coupellation qui la suit, si le culot est considérable. Cependant il y

a une limite à cet égard, car, d'une part, il ne faut pas que le culot soit trop riche, auquel cas les moindres pertes en grenailles en causeraient une notable sur l'argent, et de l'autre, la litharge pourrait corroder le scorificatoire au point de le percer, et l'on manquerait l'essai. La durée d'une scorification varie de $\frac{1}{2}$ à 1 heure au plus.

La scorification s'applique à toutes les matières argentifères sans exception, et c'est en même temps le moyen le plus commode et le plus exact. Quand la gangue du minerai est terreuse, l'oxyde de plomb, qui se forme par le grillage, se combine avec elle et en détermine la fusion; quand elle est métallique, les métaux oxydables absorbent l'oxygène de l'air, et leurs oxydes forment, avec la litharge qui se produit en même temps, une combinaison qui devient bien fusible quand la proportion de la litharge s'est accrue jusqu'à un certain point; et si la scorification a été poussée assez loin, le culot de plomb ne peut contenir, outre l'argent, qu'une certaine quantité de cuivre, qui ne l'empêche pas de passer à la coupellation.

Nous avons vu que, dans la fusion, il faut employer une grande quantité de litharge, pour qu'il ne se forme pas des oxy-sulfures qui retiendraient dans les scories une quantité notable d'argent. Dans la scorification, au contraire, les scories ne contiennent jamais d'oxy-sulfures, quelque petite que soit la proportion de plomb que l'on emploie; car, quand même il s'en produirait dans le courant de l'opération, ils seraient complètement détruits par le grillage. Ces scories ne renferment donc jamais une quantité notable d'argent en combinaison, et il suffit d'ajouter assez de plomb pour qu'elles deviennent bien liquides, et que l'on ait un culot convenable.

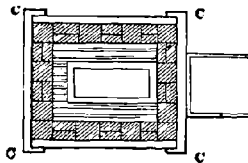
On ajoute ordinairement 2 à 8 parties de plomb à la galène et au sulfate de cuivre, selon qu'il y a moins ou plus de gangue, et $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ p. de plomb pour les autres minerais d'argent. On met habituellement $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ p. de borax; on augmente la proportion pour les matières qui contiennent beaucoup de chaux, d'oxyde de zinc ou d'oxyde d'étain. L'addition du borax a pour but de rendre les scories très fluides dès le commencement de la scorification, et en diminue de beaucoup la durée; on l'emploie récemment fondu, et on le pulvérise au moment de s'en servir.

Coupellation. La coupellation est une opération extrêmement ingénieuse, qui a beaucoup de rapports avec la scorification, et qui s'effectue à peu près de la même manière. Comme celle-ci, elle a pour but de séparer l'argent et l'or de diverses matières étrangères par le moyen du plomb; mais elle en diffère en ce que les scories sont absorbées par la matière de la *coupelle*, dans laquelle on opère, au lieu de rester à la surface du bain; de sorte que celui-ci étant toujours à découvert et exposé au contact de l'air, on parvient à oxyder non seulement les métaux étrangers, mais encore tout le plomb, et qu'il ne reste à la fin que de l'argent ou de l'or, purs ou alliés entre eux. La condition indispensable de toute coupellation étant que les scories puissent s'imbiber dans la coupelle, on conçoit pourquoi elle ne peut s'appliquer qu'à un certain nombre de substances, et non pas à toutes, comme la scorification. Le plomb et le bismuth sont les seuls métaux dont les oxydes aient la faculté de s'imbiber dans les coupelles, mais à la faveur de l'un ou de l'autre, divers oxydes, qui isolément formeraient sur la coupelle des scories infusibles, acquièrent la propriété de la traverser. Lors donc qu'on a une coupellation à faire, il faut commencer par combiner la substance avec une proportion de plomb ou de bismuth suffisante, pour que les oxydes de ces métaux puissent entraîner dans la coupelle toutes les substances étrangères oxydées elles-mêmes pendant l'opération. On n'emploie jamais le

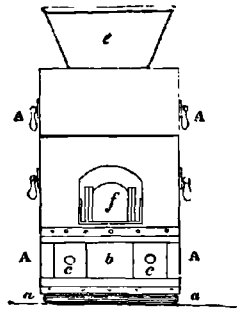
bismuth à cause de son prix élevé, et parce qu'il donne lieu à une perte notable sur l'argent.

Les coupelles, ou vases poreux dans lesquels s'exécute la coupellation, doivent présenter une texture assez lâche pour que les oxydes y pénètrent facilement, et en même temps une solidité suffisante pour qu'on puisse les manier sans les briser; de plus elles doivent être d'une nature telle qu'elles ne puissent pas être fondues par l'oxyde de plomb. Il y aurait un grand nombre de substances qui pourraient servir pour faire des coupelles, et qui rempliraient toutes ces conditions; mais on ne fait usage que des trois suivantes, parce qu'elles sont très communes, savoir: la poudre d'os calcinés, les cendres de bois et les marnes très calcaires. Ces deux dernières n'étant employées que pour les coupellations en grand, dans les traitements métallurgiques, nous ne nous occuperons que des coupelles d'os qui sont exclusivement employées dans les essais.

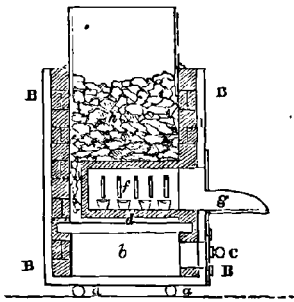
Pour les préparer, on calcine des os de bœuf ou de mouton, jusqu'à ce que toute la matière animale soit brûlée, et qu'ils soient devenus parfaitement blancs; on les pile, on les tamise et on les lave à grande eau, afin d'enlever toutes les substances solubles. La poudre lavée est du phosphate de chaux en partie réduit. On en fait une pâte avec de l'eau; puis on façonne cette pâte en coupelles, en la comprimant dans un moule en bronze analogue à celui dont on se sert pour faire les creusets à fon-



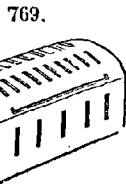
766.



767



768.



769.

dre l'ACIER. Elles sont d'autant moins sujettes à se fendiller qu'elles sont plus petites, et que leur dessiccation à l'air sec a été plus prolongée.

On sait par expérience qu'une coupelle peut absorber un poids de litharge égal au sien. C'est de ce fait qu'on part pour choisir une coupelle d'une grandeur convenable, lorsqu'on sait d'avance quelle quantité de plomb on emploiera dans un essai. On peut néanmoins

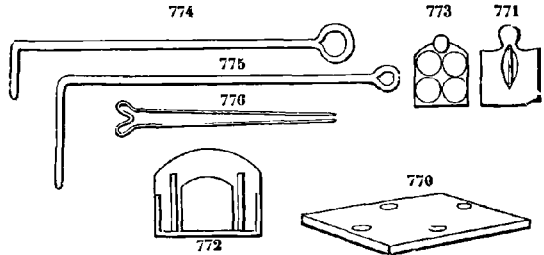
faire passer dans une coupelle beaucoup plus que son poids de litharge, en la plaçant sur un petit tas de cendres d'os; mais on doit rarement avoir recours à ce moyen, parce qu'il expose à faire noyer l'essai, lors même qu'on a l'attention de chauffer plus fort qu'à l'ordinaire et de donner moins d'air.

On fait les coupellations dans des fourneaux à mouffles dits *fourneaux de coupelle*; ce sont des espèces de fourneaux à réverbère portatifs, au milieu desquels on place un petit four demi-cylindrique dit *mouffle*, percé de fentes pour y déterminer un courant d'air. Cette mouffle se trouvant entourée de toutes parts de combustible embrasé, s'échauffe très fortement, et l'on peut alors y exécuter des grillages, des scorifications et des coupellations.

On fait les fourneaux de coupelle de diverses grandeurs: les plus grands sont carrés et ont 0^m,40 de côté, les plus petits sont elliptiques, et leur plus grand diamètre n'a que 0^m,48 de côté; cette dernière dimension est un peu faible, et il vaut mieux leur donner 0^m,25 de large sur 0^m,20 de profondeur. Le plus souvent ces fourneaux sont en terre cuite et cerclés en fer; quelquefois on les fait en tôle forte garnie intérieurement d'argile pour leur donner plus de durée.

Les fig. 766, 768 et 767 donnent le plan, la coupe et l'élevation d'un fourneau de coupelle carré employé à la Monnaie de Londres. Il est porté sur des rouleaux *a, a*, qui servent à le changer à volonté de place; *b*, est le cendrier; *c, c*, les portes du cendrier, servant à régler le tirage; *d*, la grille; *f*, la mouffle en avant de laquelle est la plaque de travail *g*; *e*, une trémie en tôle qui sert à charger le combustible. La fig. 769 est une vue perspective de la mouffle; elle repose sur une plaque d'argile ou de tôle, fig. 770, qui lui sert de support, et peut être fermée plus ou moins au moyen d'une porte, fig. 771, mobile dans le châssis, fig. 772. On la ferme souvent seulement avec des charbons superposés, comme l'indique la fig. 773. Les fig. 774 et 775 représentent deux tisonniers; la fig. 776, les pinces qui servent à introduire et retirer les coupelles; et la fig. 777, un tableau qui sert à inscrire le rang des essais dans la mouffle et prévenir toute confusion.

Le fourneau le plus employé est celui d'*Anfrye* et *D'Arce*, représenté en coupe et en élévation fig. 778 et



41	43	45	44	45
56	37	38	39	40
31	32	33	34	35
26	27	28	29	30
21	22	23	24	25
16	17	18	19	20
11	12	13	14	15
6	7	8	9	10
1	2	3	4	5

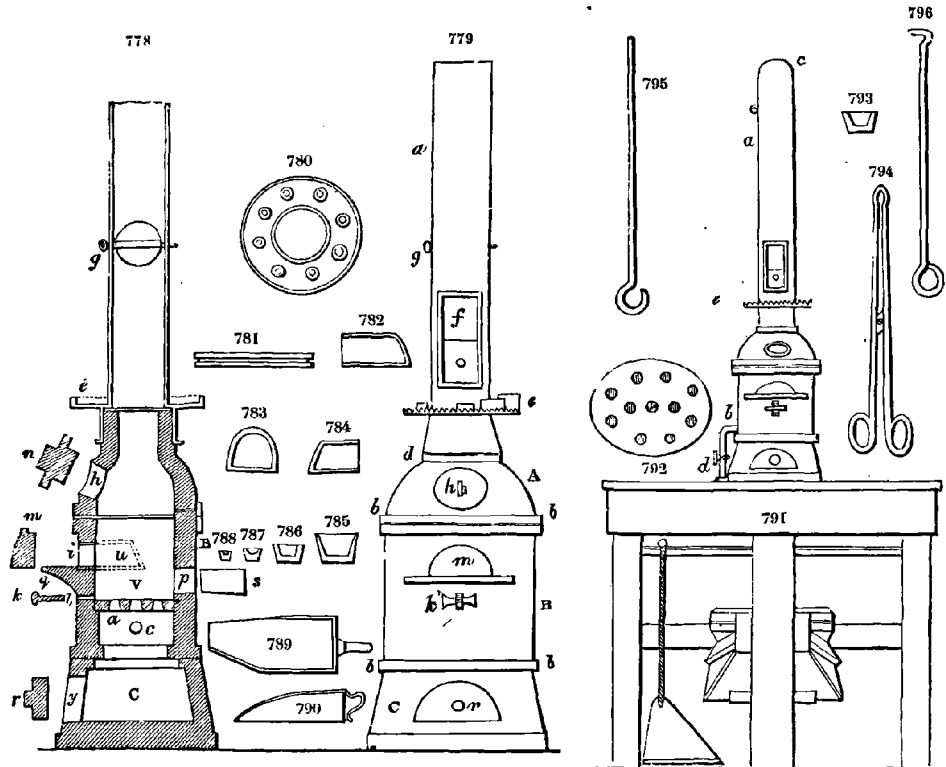
777.

779. Ce fourneau, en terre réfractaire et relié par des arnatures en fer *b, b*, se compose de trois parties: le cendrier *C*, le laboratoire *B*, et le dôme *A*. Ce dernier est surmonté d'une cheminée en tôle, *a*, destinée à déterminer dans le fourneau un tirage actif que l'on règle au moyen de la valve ou registre *g*. On peut également le faire varier en fermant plus ou moins la porte *y* du cendrier, au moyen du tasseau *m*; *p*, est une ouverture pratiquée sur le derrière du laboratoire et qui sert à introduire

une brique réfractaire *s*, destinée à soutenir l'extrémité postérieure de la mouffle; *g*, saillie servant à faciliter la manœuvre des coupelles; *l*, ouverture que l'on ferme à volonté au moyen du tasseau *k*, et qui sert à introduire un tisonnier pour dégager la grille; *h*, ouverture pratiquée dans le dôme et habituellement fermée par le tasseau *n*, servant à charger le combustible dans le fourneau; on peut aussi se servir à cet effet de la porte à coulisse *f*, pratiquée à la base de la cheminée en tôle *a*; le dôme se termine par une plate-forme annulaire en tôle à rebords *e*, qui sert à dessécher complètement les coupelles avant de les introduire sous la mouffle, et qui est figurée en plan fig. 780; la fig. 781 est une coupe de la grille, formée d'une plaque de terre cuite percée de trous coniques et cerclée en fer; les fig. 782, 783 et 784 sont trois coupes de la mouffle; la fig. 784 est une petite mouffle pour recuire les essais d'or; les fig. 785, 786, 787 et 788, des coupelles de grandeurs différentes; et enfin, les fig. 789 et 790, sont des pelles à charger le charbon.

est portée au rouge, on continue d'alimenter les grands fourneaux avec du coke pur, et les fourneaux moyens avec un mélange de coke et de charbon de bois; pour les plus petits fourneaux, il ne faut employer que du charbon de bois pendant tout le travail.

Passons maintenant à la pratique de la coupellation: le fourneau étant chauffé, on place les coupelles près de la porte de la mouffle et on les y fait avancer graduellement, en ayant soin de mettre les plus grandes au fond. S'il arrive qu'en s'échauffant elles se fendillent, ce qui a lieu quelquefois pour des coupelles de dimensions considérables, et qui n'ont pas été convenablement desséchées par une exposition de quelques semaines dans un lieu bien sec, on les retire et on les remplace par de nouvelles coupelles. Dès qu'elles sont chaudes, et que l'intérieur de la mouffle paraît d'un rouge légèrement blanc, on y introduit la matière à coupeller, avec ou sans addition de plomb, en l'enveloppant, si elle est en très petits morceaux, en grenailles ou en poudre, dans une feuille très mince de plomb laminé. Quand les



Lorsque l'on n'a que peu d'essais à faire, on peut employer un fourneau de même forme et de plus petites dimensions, fig. 794, placé sur une table et alimenté par un soufflet dont le vent arrive, par le tuyau *d*, sous la grille en *b*. La fig. 792 est la grille en terre cuite vue en plan; la fig. 794, les pinces qui servent à introduire et retirer la coupelle, fig. 793; et enfin, les fig. 795 et 796, sont deux tisonniers de forme un peu différente.

On augmente la durée des mouffles en y étendant une couche mince d'os calcinés en poudre, qui sert à absorber la litharge fondue qui s'y répand en cas d'accident.

On emploie toujours du charbon de bois pour allumer les fourneaux de coupelle; mais une fois que la chaleur

couppelles ont été remplies, on ferme les fourneaux pendant quelques instants, soit avec la porte, soit avec quelques gros charbons allumés, pour que les métaux fondus prennent la température de la mouffle, puis on la débouche pour donner accès à l'air; le bain métallique est alors découvert, c'est-à-dire qu'il présente une surface convexe bien lisse et sans scories. Lorsque le bain a de la peine à se découvrir, on met dessus un morceau de papier Joseph, qui en brûlant réduit la surface du bain et le découvre. Dès que le bain reçoit le contact de l'air il devient très éclatant, et on le voit se recouvrir de taches lumineuses et irisées qui se promènent à la surface et se précipitent vers les bords; ces taches sont produites par l'oxyde de plomb fondu qui se forme sans cesse, et qui, recouvrant le bain en forme

de pellicule très mince, mais d'épaisseur variable, offre le phénomène des anneaux colorés. La litharge fondue est rapidement absorbée par la coupelle, de sorte que l'alliage métallique se découvre à chaque instant pour s'oxyder aussitôt, et qu'il s'établit à sa surface un mouvement continu du centre à la circonférence. Il s'élève en même temps des coupelles une fumée visible, qui se répand dans la moufle, et est due à des vapeurs de plomb qui brûlent au milieu de l'air. A mesure que l'opération avance, le bain métallique diminue et s'arrondit de plus en plus, les points brillants dont il est couvert deviennent plus grands et se meuvent plus vivement; enfin, lorsque les dernières portions du plomb se séparent, le bouton semble agité d'un mouvement rapide qui le fait tourner sur lui-même; il jette un grand éclat, et il présente sur toute sa surface des rubans colorés de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel; puis, tout à coup, l'agitation cesse, toutes les couleurs disparaissent, et le bouton, devenu mat et immobile, s'aperçoit à peine; après quelques instants il reparait avec l'aspect de l'argent pur. On dit alors que l'éclair a eu lieu.

Si l'on retirait le bouton de retour de la moufle aussitôt après l'éclair, il serait sujet à rocher (voyez ARGENT), et, d'autant plus, qu'il serait plus gros, ce qui pourrait amener des pertes. On prévient cet accident en laissant quelques instants les coupelles dans le feu et les approchant peu à peu de la porte avant de les retirer, afin d'obtenir un refroidissement lent et d'autant plus gradué que les boutons sont plus gros.

La chaleur est trop forte, lorsque les coupelles sont d'un rouge-blanc presque aussi intense que celui du bain dont il ne s'élève qu'une fumée peu visible; elle est trop faible, lorsque la litharge trop peu liquide pour être absorbée forme des bourrelets, et que la fumée est très épaisse et lourde. Il faut que la coupelle soit rouge et que le bain soit beaucoup plus lumineux et très net.

Un courant d'air trop fort oxyde trop rapidement le plomb, et dans ce cas comme dans celui d'une chaleur trop basse, la litharge peut finir par recouvrir complètement l'essai : on dit alors qu'il est noyé. On peut ordinairement prévenir cet accident, lorsqu'il tend à se produire, en bouchant on partie l'ouverture de la moufle par des charbons allumés, ce qui élève la température dans son intérieur et diminue l'affluence de l'air.

En général, il convient de donner chaud dans le commencement pour découvrir, puis de refroidir, et de donner encore à la fin un coup de feu pendant quelques instants pour séparer les dernières traces de plomb et faire passer l'éclair; il vaut mieux que la température soit un peu trop élevée que trop basse, surtout dans les essais de matières argentifères très pauvres, comme la plupart des minerais d'argent.

On reconnaît qu'un essai a bien passé, à l'aspect du bouton : celui-ci doit être bien arrondi, blanc et clair, cristallin en dessous, et il doit se détacher aisément de la coupelle; quand il retient du plomb, le bouton est brillant en dessous, livide à sa partie supérieure, et il n'adhère pas du tout à la coupelle.

On saisit le bouton avec une brucelle, on le brosse par dessous et on le pèse à l'aide d'une balance sensible à 1/2 milligramme. Il va sans dire qu'on doit retrancher du poids obtenu le poids du grain d'argent que le plomb et la litharge ajoutés dans la coupellation et les opérations préliminaires auraient produits seuls : il faut donc connaître d'avance la richesse de ces matières. Quelquefois, surtout lorsqu'il s'agit d'alliages argentifères, on passe dans une coupelle, placée à côté de celle dans laquelle on fait l'essai, une quantité de plomb précisément égale à celle qu'on a ajoutée à l'alliage, et l'on met, dans le plateau de la balance avec les poids, le petit grain d'argent que l'on obtient : on appelle ce petit grain le témoin.

La quantité de matière qu'on allie avec le plomb pour le coupeller se nomme prise d'essai, et le bouton d'argent qu'on obtient, bouton de retour. La prise d'essai est ordinairement de 1/2 gramme pour les matières qui contiennent plus de 0,8 d'argent, et de 4 gramme pour celles qui, quoique riches, en contiennent moins de 0,8; elle doit être de 5 à 10 grammes pour les matières pauvres, telles que les minerais, etc.

Ayant considéré la coupellation sous le point de vue général, nous passerons à quelques détails relatifs aux cas principaux qui se présentent habituellement.

Argent et plomb. Ces alliages passent avec la plus grande facilité à la coupellation.

Argent et cuivre. La coupellation n'offre aucune difficulté, pourvu qu'on ajoute une quantité de plomb suffisante pour entraîner tout le cuivre. Cette quantité a été déterminée par des expériences précises de M. D'Arcet, qui se résument dans les nombres suivants :

TITRE DE L'ARGENT en millièmes.	PLOMB A AJOUTER pour 1 partie d'alliage.
4000.	3/10
950.	3
900.	7
800.	40
700.	42
600.	44
500.	46 à 47.
400.	Id.
300.	Id.
200.	Id.
100.	Id.
Cuivre pur.	Id.

Il est remarquable qu'au-dessous du titre de 500 il faille toujours la même proportion de plomb, quelle que soit celle du cuivre.

Dans l'essai des alliages de cuivre et d'argent il y a toujours une perte en argent, variable avec le titre de l'alliage et la température à laquelle on opère. A la Monnaie de Paris on tient compte de cette perte, au moyen de la table de correction qui suit, résultat d'expériences très soignées :

TITRES réels.	TITRES donnés par la coupellation.	TITRES réels.	TITRES donnés par la coupellation.
4000	998,97	500	495,32
975	973,24	475	470,50
950	947,50	450	445,69
925	921,75	425	420,87
900	896,00	400	396,05
875	870,93	375	371,39
850	845,85	350	346,73
825	820,78	325	322,06
800	795,70	300	297,40
775	770,59	275	272,42
750	745,48	250	247,44
725	720,36	225	222,45
700	695,25	200	197,47
675	670,27	175	173,88
650	645,29	150	148,30
625	620,30	125	123,71
600	595,32	100	99,42
575	570,32	75	74,34
550	545,32	50	49,56
525	520,32	25	24,78

Ces nombres au reste ne sont pas constants, comme l'indique le tableau suivant contenant les résultats des

essais simultanés faits, sur 3 alliages déterminés, par les principaux essayeurs de l'Europe, sur la demande de M. D'Arcoet.

ESSAYEURS.		TITRES trouvés par l'expérience.		
Nom.	Résidence.	250 mil- lièmes.	300 mil- lièmes.	350 mil- lièmes.
F. de Castenhole, essayeur de la monnaie. . .	Vienne.	946,20	898,40	795,40
Vervaëz, dito. . .	Madrid.	944,40	893,70	789,20
Cabrera, dito. . .	ditto.	944,40	893,70	788,60
Essayeur. . . .	Amster- dam.	947,00	895,00	795,00
Bingley, maître essayeur. . .	Londres.	946,25	896,25	794,25
Johnson, es- sayeur. . . .	ditto.	933,33	883,50	783,33
Inspecteur de la monnaie. . .	Utrecht.	945,00	896,50	799,00
Essayeur de la monnaie. . .	Naples.	945,00	894,00	787,00
Essayeur du commerce. . .	ditto.	945,00	894,00	787,00
Essayeur de la monnaie. . .	Hambourg.	946,20	897,55	798,60
ditto ditto. . .	Altona.	942,25	894,00	790,00

Sulfure d'argent. — Sulfure de plomb (galène) et sulfure de cuivre argentifères. — *Chlorure d'argent.* Ces divers minerais, lorsqu'ils sont presque purs, sont coupelés directement avec addition de 2 à 5 parties de plomb pauvre granulé.

Essai des alliages de cuivre et d'argent par la voie humide. Les imperfections du mode d'essai des alliages d'argent par la coupellation, que nous avons signalées, déterminèrent, en 1829, le gouvernement français, à nommer une commission chargée d'examiner le procédé en usage au laboratoire des monnaies, pour l'essai des espèces d'or et d'argent, et d'indiquer les changements dont ce procédé était susceptible. M. Gay-Lussac, qui faisait partie de cette commission, proposa une méthode qu'il employait déjà depuis plusieurs années, et que ses nouvelles recherches l'ont mis à même d'approprier aux besoins du commerce. Cette méthode a été immédiatement adoptée dans les laboratoires du bureau de garantie et de la Monnaie de Paris; elle a l'avantage de donner une exactitude presque mathématique et elle est en même temps presque aussi rapide que la coupellation. M. Gay-Lussac l'a fait connaître avec détail, dans une instruction qu'il a publiée au nom de la commission des monnaies. C'est de cet écrit que nous avons extrait ce qui suit :

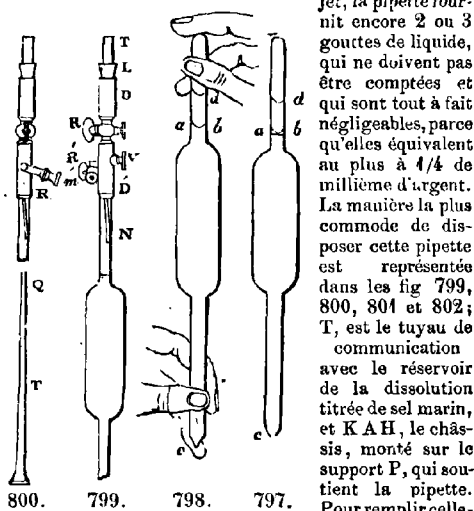
Le nouveau procédé consiste à déterminer le titre des matières d'argent par la quantité d'une dissolution de sel marin titrée, nécessaire pour précipiter exactement l'argent contenu dans un poids donné d'alliage. Ce procédé est basé sur les principes suivants : L'alliage, préalablement dissous dans l'acide nitrique, est mélangé avec une dissolution titrée de sel marin, qui précipite l'argent à l'état de chlorure, composé tout à fait insoluble dans l'eau et même dans les acides. La quantité du chlorure d'argent précipité est déterminée non par son poids, ce qui serait peu sûr et beaucoup trop long, mais par le poids ou le volume de la dissolution titrée de sel marin nécessaire pour précipiter exactement l'argent dissous dans l'acide nitrique. On reconnaît facilement le terme de la précipitation complète de l'argent, à la

cessation de toute nébulosité, lorsqu'on verse graduellement la dissolution titrée de sel marin dans la dissolution nitrique d'argent. 4 milligr. d'argent est rendu très sensible dans 100 gram. de liquide, et on en distingue même encore très bien 1/2 et même 1/4 de milligramme, pourvu qu'avant l'addition du sel marin la liqueur soit parfaitement limpide. En agitant vivement pendant 1 ou 2 minutes au plus le liquide rendu laiteux, on le clarifie suffisamment, pour qu'on puisse facilement apprécier, après quelques instants de repos, le trouble que pourrait y produire l'addition de 4 milligr. d'argent. La filtration est beaucoup plus efficace que l'agitation, mais celle-ci est beaucoup plus prompte, et suffit généralement.

En supposant qu'on opère sur 1 gramme d'argent pur, la dissolution de sel marin doit être telle, qu'il en faille 400 grammes si l'on mesure en poids, et 400 centilitres cubes si l'on mesure au volume, pour précipiter exactement tout l'argent. Cette quantité de dissolution est divisée en 4000 parties appelées *millièmes*; il s'en suit que le titre d'un alliage est donné par le nombre de millièmes de la dissolution titrée de sel marin qu'il faut employer pour précipiter l'argent contenu dans 1 gramme de cet alliage.

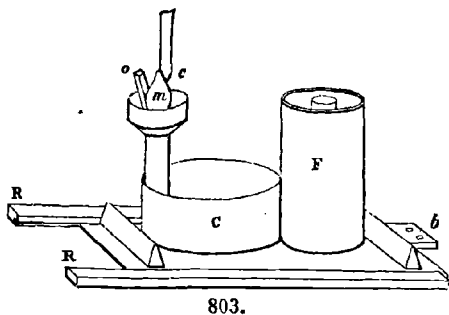
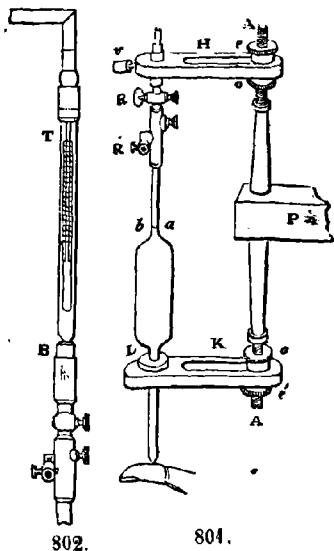
On désigne la dissolution titrée de sel marin sous le nom de *dissolution normale*. On peut la mesurer au poids ou au volume. La mesure au poids offre peut-être un peu plus de précision; elle a l'avantage d'être indépendante de la température; mais elle demande trop de temps pour des essais nombreux, et comme la mesure au volume donne une exactitude suffisante et exige beaucoup moins de temps, elle est exclusivement employée. Elle est, à la vérité, soumise à l'influence de la température, mais il est facile d'éviter cette cause d'erreur. Ce sera la seule que nous décrirons ici.

La dissolution normale de sel marin, mesurée au volume, est préparée de telle manière, qu'il en faut 400 centilitres à 15 degrés pour précipiter exactement 1 gramme d'argent. A cette température, elle contient 569^r,83 de sel marin pur pour 105 litres d'eau pure. On obtient facilement ce volume de dissolution, au moyen d'une pipette de verre fig. 797 et 798, jaugeée de manière à ce que, remplie d'eau jusqu'au trait *ab*, elle laisse écouler d'un jet continu 100 grammes d'eau à 15 degrés. Quelques instants après la cessation du



jet, la pipette fournit encore 2 ou 3 gouttes de liquide, qui ne doivent pas être comptées et qui sont tout à fait négligeables, parce qu'elles équivalent au plus à 1/4 de millième d'argent. La manière la plus commode de disposer cette pipette est représentée dans les fig 799, 800, 801 et 802; T, est le tuyau de communication avec le réservoir de la dissolution titrée de sel marin, et K A H, le châssis, monté sur le support P, qui soutient la pipette. Pour remplir celle-ci, on commence par appliquer l'index de la main gauche sur l'orifice inférieur de la pipette, comme l'indique la

fig. 801, puis on ouvre les deux robinets R et R'. Lorsque le liquide arrive près du col de la pipette, on en modère l'accès, et aussitôt qu'il s'est élevé en *d* à quelques millimètres au-dessus du trait *a b*, on ferme les deux robinets R et R', et l'on ôte l'index. Il ne s'agit plus



maintenant que de régler la pipette. Pour y parvenir, il faut que le liquide touche le trait *ab*, et qu'il n'en reste pas d'adhérent extérieurement au bec. Cette dernière condition est facile à remplir. Après avoir ôté le doigt qui fermait l'orifice inférieur *c* (fig. 803) de la pipette, on applique contre cet orifice une éponge humide *m*, appelée mouchoir, enveloppée d'un linge qui absorbe, à mesure qu'il s'écoule, le liquide excédant. Pour la commodité de l'opération, le mouchoir est placé à frottement dans un tube de fer-blanc terminé par un godet, et ouvert par le bas pour laisser écouler, dans la cuvette *C*, sur laquelle le tube est soudé, le liquide que le mouchoir ne peut conserver. Il ne reste plus, pour achever de régler la pipette, qu'à faire descendre le liquide jusqu'au niveau *ab* (fig. 804). Pour cela, et pendant que le mouchoir est appliqué contre le bec de la pipette, on y laisse entrer l'air très lentement en desserrant la vis *V*, et, à l'instant de la tangence, on enlève le mouchoir et l'on place sous l'orifice de la pipette le flacon destiné à recevoir la dissolution. Le mouvement devant être fait rapidement et sans hésitation, le flacon est logé dans un cylindre en fer-blanc *F* (fig. 803) d'un diamètre tant soit peu plus grand et faisant corps avec la cuvette et le mouchoir. Tout cet

appareil a pour base une plaque en fer-blanc, mobile entre deux règles en bois *R, R'*, dont l'une porte une rainure sous laquelle s'engage le bord de la plaque. Les excursions sont fixées par deux buttoirs *b, b'*, dont un seul est visible sur la figure, placés de telle sorte que lorsque l'appareil est arrêté par l'un d'eux, le bec de la pipette correspond au centre du col du flacon, ou bien est tangent au mouchoir. On comprendra sans peine qu'il est avantageux, une fois qu'on aura réglé la rentrée de l'air dans la pipette par la vis *V*, de la laisser constamment libre, parce que le mouvement du mouchoir au flacon s'exécute assez rapidement, pour qu'une goutte de dissolution n'ait pas le temps de se former et de se détacher.

Le volume de la dissolution normale, mesuré à l'aide de cet appareil, ne variant pas, il faut faire varier le poids de la prise d'essai des alliages, et le prendre tel qu'il contienne approximativement 4 grammes d'argent fin. Le titre des monnaies étant en France de 900 avec une tolérance en plus ou en moins de 3 millièmes, on doit en prendre 4^r,444 pour l'essai. Quant aux objets d'orfèvrerie, il y en a en France à 2 titres, savoir à 950 et à 800, avec 5 millièmes de tolérance : les prises d'essai pour chacun de ces titres sont de 4^r,0582 et 4^r,2578.

Pour exécuter l'essai, on commence par mettre l'alliage dans un des flacons de la fig. 806, d'une capacité de 2 décilitres, puis on verse dessus 40 grammes environ d'acide nitrique pur à 32 degrés, ou ayant une densité de 4,29. On chauffe au bain-marie pour favoriser la dissolution qui se fait très rapidement, et lorsque tout est dissous, on expulse la vapeur nitreuse qui reste dans le flacon, au moyen d'un soufflet à douille courbe. On y introduit alors une mesure de la dissolution normale



de sel marin, on agite pour éclaircir; puis on ajoute avec la burette graduée *B* (fig. 804), 4 centilitre d'une dissolution décime de sel marin, contenant dix fois moins de sel que la dissolution normale; on agite, on ajoute de nouveau 4 centilitre de dissolution décime, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il ne se forme plus de précipité. Pour avoir le titre, on ajoute au gramme d'argent fin autant de milligrammes qu'on a employé de centilitres de dissolution décime, moins 1/2; ce qui donne le nombre de milligrammes d'argent contenus dans la quantité d'alliage soumis à l'essai, et d'après cela on calcule le titre par une proportion. On peut éviter ce calcul, en se servant des tables qui se trouvent dans l'instruction publiée par la commission.

Si la prise d'essai se trouvait contenir un peu moins de 4 grammes d'argent fin, la liqueur, après l'addition de la mesure normale de sel marin, ne se troublerait plus par la dissolution décime de ce sel. Alors on ajouterait un centilitre d'une dissolution décime de sel marin, et l'on achèverait l'essai au moyen de la dissolution décime d'argent. Dans ce cas, on retranche de 4 grammes d'argent fin, autant de milligrammes moins 1/2, qu'on a employé de centilitres de dissolution décime; ce qui donne le nombre de milligrammes d'argent contenus dans la quantité d'alliage soumise à l'essai; et d'après cela, on calcule le titre par une simple proportion.

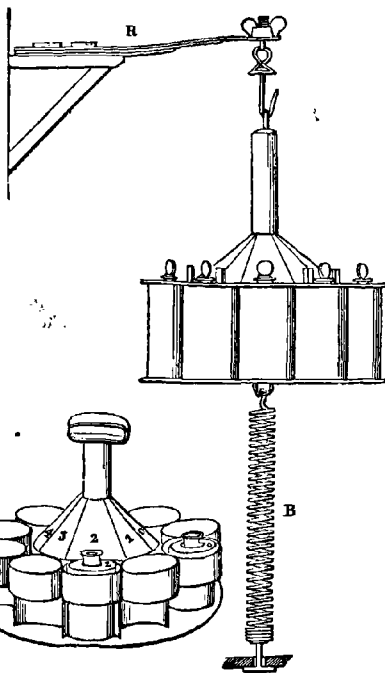
Pour faire l'essai de l'argent à peu près fin, on en prend un gramme que l'on dissout dans l'acide nitrique, on ajoute une mesure de dissolution normale de sel marin, et l'on procède ensuite immédiatement, au moyen de la dissolution décime d'argent, comme il est dit ci-dessus.

Nous avons admis jusqu'ici que pour tous les essais

la température restait constante; mais comme elle change continuellement, la même mesure de dissolution ne contient jamais la même quantité de sel marin, et il y a par conséquent une correction à faire à cet égard. M. Gay-Lussac a déterminé par expérience les variations de poids de la mesure, et il a, d'après cela, dressé une table qui donne, de degré en degré, les corrections à faire au titre obtenu. On ne se sert cependant pas de cette table dans le laboratoire de la Monnaie, ce qui nous dispense de la rapporter ici, parce qu'on a reconnu que la salure de la dissolution normale, renfermée dans un vase de cuivre, varie journellement, non seulement en raison des changements de température, mais encore par d'autres causes qui n'ont pas été étudiées, probablement par l'action du cuivre sur le sel marin, etc., et l'on préfère faire un essai préalable chaque jour, en commençant toutes les opérations par l'épreuve sur 4 grammes d'argent fin, au moyen des dissolutions décimes soit de sel marin, soit d'argent. On sait par là combien de milligrammes d'argent la dissolution normale précipite, soit en plus, soit en moins du gramme, et l'on corrige tous les résultats subséquents en conséquence.

Pour opérer promptement et facilement la dissolution des prises d'essai, on a un bain-marie en fer-blanc, qui peut recevoir à la fois 40 flacons.

L'agitateur (fig. 805), destiné à éclaircir les liqueurs,



806.

porte aussi 40 compartiments numérotés dans lesquels on loge autant de flacons. On ferme ceux-ci avec leurs bouchons de verre préalablement plongés dans l'eau pure, et on les assujettit avec des coins en bois. L'agitateur est alors suspendu à un ressort R, et on lui imprime, en le prenant avec les deux mains, un mouvement alternatif rapide qui agit la dissolution et la rend, en moins d'une minute, aussi limpide que de l'eau. Ce mouvement est favorisé par un ressort à boudin B, fixé d'une part à l'agitateur et de l'autre au

sol. L'agitation terminée, on ôte les coins et on les loge dans l'espace vide que laissent entre eux les compartiments. On enlève l'agitateur, et on place les flacons sur une console à cases numérotées (fig. 806), destinées à les recevoir.

On remarque que lorsqu'on précipite les dissolutions d'argent par le sel marin, elles se clarifient par l'agitation beaucoup plus vite et beaucoup plus complètement, que lorsqu'on précipite du sel marin par une dissolution d'argent, ce qui tient à ce que le chlorure d'argent est légèrement soluble dans le sel marin.

On a constaté par expérience que la présence d'une faible quantité de métaux quelconques, dans les alliages de cuivre et d'argent, n'influe pas sur la proportion de sel marin nécessaire pour précipiter l'argent. Mais il paraît que ce procédé ne pourrait pas être appliqué aux alliages d'argent qui contiendraient une proportion considérable d'autres métaux que le cuivre. M. D'Arcet a reconnu, par exemple, qu'il ne donnerait pas de résultats exacts avec les alliages de plomb et d'argent; ce qui tient à ce que les chlorures solubles exercent, en général, une action dissolvante notable sur le chlorure d'argent.

Lorsque l'argent contient une certaine proportion de mercure, 4 à 5 millièmes seulement, le mercure se précipite à l'état de protochlorure avec le chlorure d'argent, et se reconnaît en ce qu'il empêche ce dernier de prendre une couleur bleu-violetée par l'action des rayons solaires. Lorsque la quantité de mercure est plus faible, on ne précipite, par exemple, à l'aide du sel marin, qu'un cinquième de l'argent en dissolution; le protochlorure de mercure étant encore plus insoluble que le chlorure d'argent, le mercure se trouvera concentré dans ce précipité et l'empêchera de bleuir à la lumière solaire.

Le mercure étant précipité avec l'argent, l'essai par voie humide ne peut être employé que pour reconnaître la présence du mercure, comme nous venons de le faire remarquer, et on doit employer la coupellation.

Quand les essais sont terminés, on verse le contenu de chaque flacon dans une grande cuvette, renfermant un peu de sel marin; on laisse déposer, on lave le chlorure d'argent par décantation et on le réduit au creuset brasqué ou au creuset nu, en le mélangeant avec de la craie et du charbon, dans les proportions de 70,5 de craie et 4,5 de charbon p. 100 de chlorure.

ESSAI DES MATIÈRES D'OR. L'essai des matières d'or se fait par voie sèche, absolument de la même manière que l'essai des matières d'argent, en leur faisant subir d'abord, s'il est nécessaire, une fusion ou une scorification, pour obtenir un alliage d'or et de plomb qui puisse passer à la coupellation. Celle-ci présente moins de difficulté que pour l'argent, et exige moins de précautions, parce que l'or n'est point volatil et qu'il a beaucoup moins de tendance que l'argent à pénétrer dans les coupelles. D'ailleurs, les boutons de retour ne sont jamais sujets à *rocher*. Ces coupellations se font, en général, à une température plus élevée que celle de l'argent, et l'on donne un coup de feu un peu fort au moment de l'*éclair*.

Lorsqu'il s'agit d'un alliage de cuivre et d'or, ou de cuivre, d'or et de platine, on ne peut séparer les dernières traces de cuivre, à moins d'introduire dans l'alliage une quantité d'argent telle, qu'il y en ait à peu près 3 parties pour 1 partie d'or ou d'or et de platine. On détermine approximativement à cet effet le titre des alliages d'or et de cuivre par l'épreuve à la *Pierre de touche*. Voici comment on opère: on fait sur une pierre de touche (quartz lydien, variété de quartz jaspe noir et compacte) une trace de 4 millimètres de long et de 3 millimètres de large avec l'alliage; puis on mouille cette trace avec une barbe de plume trempée dans une liqueur acide composée comme il est dit plus loin. Cet

acide dissout le cuivre; on en examine l'effet; puis on essuie légèrement pour enlever la liqueur, et l'on examine de nouveau ce qui reste de la trace métallique. Quand on a de l'habitude, on aperçoit très approximativement le titre de l'alliage, d'après la teinte verte plus ou moins foncée que prend la liqueur acide, et d'après l'épaisseur de la trace d'or pur qui reste sur la pierre. Quand on n'a pas acquis l'habitude suffisante, on fait des épreuves comparatives avec différents alliages connus, moulés en forme de fortes aiguilles et qu'on nomme *touchaux*, et l'on voit avec lequel de ces touchaux l'alliage est identique.

La liqueur acide dont on fait usage pour attaquer la trace métallique se compose de 98 parties d'acide nitrique pur d'une densité de 1,340, de 2 p. d'acide hydro-chlorique pur d'une densité de 1,173, et de 23 p. d'eau distillée. La composition de cette liqueur a été déterminée par tâtonnement, de telle sorte qu'à la température de 40 à 42 degrés, à laquelle on devrait rigoureusement opérer, elle soit sans action sur les alliages au titre de 750 millièmes et au-dessus, parce que ce titre est le plus bas des alliages qu'il est permis légalement d'employer dans la bijouterie. Les alliages à un titre inférieur sont attaqués par la liqueur acide; ils brunissent, et la liqueur devient verte; et quand on a enlevé cette liqueur, il reste sur la pierre une trace d'autant moins apparente que l'alliage contenait plus de cuivre. Si l'on opérât à une température inférieure à 40 degrés, l'acide n'attaquerait pas tous les alliages à un titre plus bas que 750, tandis qu'au-delà de 42 à 45 degrés, il attaquerait l'alliage à 750 et même un peu au-dessus; aussi est-il convenable avant de commencer une série d'épreuves de s'assurer de l'effet de l'acide sur les traces de touchaux connus.

La séparation de l'or et de l'argent porte le nom de *départ*. Le départ se fait par *voie humide*. Ce départ se fait ordinairement dans les essais, au moyen de l'acide nitrique. Il faut alors ajouter assez d'argent pour qu'il y en ait à peu près 3 parties pour 1 p. d'or; s'il y en avait moins, le départ ne serait pas complet, tandis que s'il y en avait davantage on obtiendrait l'or en poudre, ce qui serait très incommode et exposerait à des pertes. L'opération par laquelle on amène l'alliage à ce titre s'appelle *inquarteration*. Elle consiste à fondre cet alliage, dans une coupelle, avec 2 p. de plomb et la quantité d'argent fin ou d'or fin nécessaire. On évalue cette quantité d'après une détermination approximative du titre de l'alliage, au moyen de la pierre de touche. A cet effet on a des *touchaux* à différents titres bien déterminés, et, lorsqu'on a un alliage à essayer, on le frotte sur la pierre de touche, et l'on cherche quel est le touchau qui laisse une trace de la même couleur.

On aplatit sur l'enclume le bouton inquarteré et coupé; on le fait recuire au rouge pour l'adoucir, on le lamine de manière à lui donner une certaine épaisseur, on le recuit de nouveau, et on le roule en cornet ou en spirale autour d'un tuyau de plume. Il est nécessaire que l'alliage soit amené à une épaisseur convenable, d'une part, pour que l'argent puisse complètement se dissoudre, et de l'autre, pour que le cornet d'or fin conserve une certaine cohérence après l'action de l'acide. La prise d'essai est de 1/2 gramme, et l'on donne à la feuille inquarterée 8 centimètres de long: ces feuilles ne doivent pas avoir plus de 1/3 de millimètre d'épaisseur.

On met le cornet d'essai dans un matras en verre de 1/10^e de litre environ, on verse dessus de l'acide nitrique pur à diverses reprises, on fait chauffer, et, lorsque tout l'argent est dissous, on lave par décantation, puis on renverse le matras dans un petit creuset, pour y faire tomber le cornet, et l'on en fait sortir l'eau. Dans cet état, le cornet est très fragile et d'un rouge de protoxyde de cuivre mat; on le fait recuire sous la

moufle d'un fourneau de coupelle en le chauffant graduellement sans le fondre: il prend par là beaucoup de retrait, un éclat jaune d'or métallique, et assez de solidité pour qu'on puisse le peser sans craindre de le briser.

Il y a plusieurs manières d'employer l'acide nitrique. Vauquelin prescrit dans son *Manuel de l'essayeur* (et c'est la méthode légale), de verser sur le cornet inquarteré (la prise d'essai étant de 1/2 gram.) 36 à 50 gram. d'acide nitrique à 22°, ce qui doit remplir le matras à la moitié ou aux 2/3), de faire bouillir doucement pendant 20 à 22 minutes au plus, de décanter, de remplacer la liqueur par une quantité égale d'acide nitrique à 32°, et de faire bouillir pendant 8 à 10 minutes. On remarque qu'en suivant cette méthode le *cornet de retour* contient toujours une petite quantité d'argent, ce qui donne lieu à une surcharge de 1 à 2 millièmes. M. Chaudet, essayeur de la Monnaie, a trouvé moyen de l'éviter. Pour cela, il verse sur le cornet inquarteré de l'acide nitrique à 22°, qu'il fait chauffer pendant 3 à 4 minutes seulement; il remplace cet acide par de l'acide à 32° qu'il fait bouillir pendant 40 minutes; il décaute, et il fait une seconde reprise avec de l'acide à 32°, qu'il tient en ébullition pendant 8 à 10 minutes.

Dans les essais de minerais aurifères, le bouton qui provient de la coupellation contient ordinairement de l'argent. Lorsque la proportion de ce dernier métal dépasse celle de l'inquarteration, ce qui a le plus souvent lieu, on aplatit le bouton entre deux feuilles de papier, et on le traite par l'acide nitrique pur. L'or reste sous la forme d'une poudre d'un jaune-brun que l'on pèse immédiatement, ou que l'on fait fondre à la coupelle en l'enveloppant d'une feuille de plomb. Quand la quantité en est extrêmement faible et impondérable, on s'assure du moins de sa présence en traitant, par l'eau régale, le résidu que laisse l'acide nitrique; s'il y a de l'or il se dissout et donne une liqueur jaune dans laquelle une goutte de dissolution de chlorure d'étain suffit pour former un dépôt de pourpre de Cassius de couleur violacée; ce caractère fait reconnaître la présence des moindres traces d'or. Quand l'or domine dans le bouton, il faut d'abord soumettre ce dernier à l'inquarteration.

On peut, selon M. Gay-Lussac, faire l'essai des alliages d'or, d'argent et de cuivre, avec une grande exactitude, au moyen de la dissolution titrée de sel marin (pag. 4394). Si l'alliage ne renferme pas au moins cinq à six fois plus d'argent et de cuivre que d'or, il faut d'abord le ramener à cette proportion en y ajoutant une quantité connue d'argent fin qu'on retrancherait après l'essai. On prend alors un poids connu d'alliage contenant approximativement 1 gram. d'argent, on le fait bouillir pendant huit à dix minutes avec 30 gram. d'acide nitrique à 32°, qui dissout l'argent et le cuivre et laisse l'or à l'état de poudre, puis on termine l'essai comme à l'ordinaire; mais pour avoir l'or et le séparer du chlorure d'argent, on sursature la dissolution d'ammoniaque qui dissout le chlorure d'argent, on lave le résidu deux fois de suite avec de l'eau ammoniacale, puis on le fait passer dans un creuset pour le recuire.

Lorsque l'or domine dans un alliage, et qu'on a des raisons pour ne pas y ajouter de l'argent, on peut faire le départ par l'eau régale; dans ce cas l'or se dissout et l'argent est transformé en chlorure; on lave ce chlorure, on le dessèche fortement et on le pèse. Quant à l'or, on le précipite par le sulfate de protoxyde de fer, on le lave avec de l'acide hydro-chlorique pur et on le recuit fortement avant de le peser. Si l'on traitait par ce procédé un alliage qui contient beaucoup d'argent, il pourrait arriver que l'abondance du chlorure d'argent empêchât la dissolution complète de l'or; dans ce cas

il faudrait avoir l'attention de réduire l'alliage en lame excessivement mince, dissoudre le chlorure d'argent dans l'ammoniaque, et traiter de nouveau le résidu, s'il y en avait un, par l'eau régale.

Le départ par l'acide sulfurique concentré a l'avantage de donner de l'or pur sans surcharge; mais il est difficile à exécuter, et il exige de grandes précautions, à cause de la haute température à laquelle bout l'acide sulfurique concentré et des soubresauts qui en résultent. Il est d'ailleurs nécessaire d'employer un assez grand excès d'acide pour tenir en dissolution le sulfate d'argent qui se forme, et qui est très peu soluble dans l'eau. L'alliage doit être in quarté, s'il est trop riche en or, comme pour le traitement par l'acide nitrique. On se sert rarement de ce procédé comme moyen d'essai; mais il est presque exclusivement employé en grand pour extraire de l'argent l'or qui y est renfermé, surtout en France, où l'acide sulfurique est à bas prix, tandis que l'acide nitrique est fort cher. (Voir l'article AFFINAGE DES MATIÈRES D'OR ET D'ARGENT.)

Nous terminerons cet article en disant quelques mots sur les alliages d'or et d'argent qui renferment du platine ou des métaux analogues.

Or, argent, platine et cuivre. S'il n'y avait pas d'argent, il faudrait en ajouter une quantité double environ de celle de l'or et du platine réunis; puis on coupe à la plus forte chaleur possible dans une bonne moufle. Les alliages d'or et d'argent qui contiennent du platine présentent à la coupellation et au départ des caractères particuliers qui décèlent la présence de ce métal. Si l'on ne chauffe pas très fortement, l'essai ne passe pas, et le bouton de retour s'aplatit; cet effet est déjà sensible, quand le platine est à l'or ou à l'argent dans le rapport de 2 à 100. Dans le même cas, la dissolution nitrique provenant du départ est colorée en jaune paille, parce qu'elle contient du platine. Au moment où l'essai d'un alliage contenant du platine se termine, le mouvement est plus lent, les bandes colorées sont moins nombreuses, plus obscures, et subsistent moins longtemps que lorsqu'il n'y a pas de platine; le bouton ne se découvre pas, et sa surface reste mate et terne. Quand l'essai a bien passé, l'on remarque que les bords du bouton sont plus épais et moins arrondis que ceux des essais ordinaires, et que la surface est en totalité ou en partie cristalline.

Pour faire l'essai des alliages d'argent et de platine, on les ramène à renfermer au moins 2 parties d'argent pour 1 partie de platine, et on fait le départ par l'acide sulfurique concentré, qui ne dissout que l'argent. On ne peut pas faire le départ des alliages d'argent et de platine, comme celui des alliages d'argent et d'or, par l'acide nitrique, puisque la présence de l'argent rend le platine soluble dans cet acide. On pourrait encore traiter par l'eau régale, qui annèrerait l'argent à l'état de chlorure insoluble, puis on précipiterait le platine de la dissolution, en y ajoutant de l'alcool et du sel ammoniac, et lavant à l'alcool faible; le platine resterait à l'état de chlorure ammoniacal qui, calciné, donne pour résidu du platine métallique en éponge.

Pour analyser les alliages d'or et de platine, on dissout dans l'eau régale; on sépare d'abord, comme il vient d'être dit, le platine à l'état de chlorure ammoniacal; puis on précipite l'or par le sulfate de protoxyde de fer.

Pour les alliages de platine, d'or et d'argent, on traite par l'eau régale qui sépare l'argent à l'état de chlorure; puis on sépare, dans la dissolution, l'or et le platine comme il vient d'être dit. Si l'alliage contient en outre du cuivre, on le précipite en dernier lieu de la dissolution, à l'état métallique, par une lame de fer, après avoir évaporé à sec avec de l'acide hydrochlorique ou sulfurique, pour chasser l'acide nitrique, et repris par l'eau, ou bien, à l'état de deutoxyde, par

la potasse caustique; enfin, on peut d'abord le séparer par coupellation, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Or et palladium. On purifie l'alliage en le coupellant avec 4 à 5 parties d'argent fin et 8 à 10 parties de plomb; puis on fait le départ par l'acide nitrique; l'argent et le palladium se dissolvent: on peut les séparer en précipitant d'abord l'argent par l'acide hydrochlorique, puis le palladium par le cyanure de mercure.

Or et rhodium. Ces alliages sont complètement solubles dans l'eau régale, lorsque l'or y domine. On précipite l'or de la dissolution par le sulfate de protoxyde de fer, puis le rhodium, à l'état métallique, par une lame de fer.

F. DEBETTE.

ESSENCE D'ORIENT (*fr. et angl., all. perlessenz*). Cette matière, qui sert à la fabrication des perles artificielles, se prépare en malaxant avec les mains une grande quantité d'écailles d'ablettes, dans un baquet rempli d'eau, laissant déposer, décantant, ajoutant de l'eau fraîche et malaxant de nouveau les écailles, laissant déposer, décantant une seconde fois et passant ce qui reste dans le baquet au travers d'un tamis de crin très serré qui retient les écailles. Enfin, on mélange avec un peu d'ammoniaque la matière pâteuse, brillante, et d'un blanc-bleuâtre nacré qui a passé à travers le tamis. L'addition de l'ammoniaque, suivant plusieurs fabricants, n'est pas absolument nécessaire, et a principalement pour objet de prévenir la décomposition de l'essence.

ESSENCES. Voyez HUILES VOLATILES.

ESSIEUX. Voyez LOCOMOTIVE, VOITURE.

ESSORER. On expose généralement les étoffes mouillées à l'air pour les faire égoutter et sécher; mais il est utile, auparavant, d'en extraire le plus d'eau possible, afin de hâter le séchage.

Les moyens dont on se sert aujourd'hui pour retirer l'eau des tissus sont: l'égouttage proprement dit; le tordage à force de bras; la compression entre deux cylindres; l'hydro-extracteur de Penzoldt, et le ventilateur de Laubereau, etc.

L'égouttage est le moyen le plus simple, mais aussi le plus long; il exige un grand emplacement et ne peut s'appliquer qu'aux matières qui ne risquent point de s'altérer en restant humides.

Le tordage à force de bras est encore le plus généralement employé. Dans les grands établissements on emploie pour cette opération un baquet sur lequel on place, à l'extrémité d'un même diamètre, deux montants en bois qui dépassent les bords supérieurs de 25 à 30 centim. L'un de ces montants porte un crochet fixe, l'autre un crochet attaché à l'extrémité de l'axe d'une manivelle. La pièce que l'on veut tordre est pliée entre les deux crochets de manière que les deux extrémités rentrent dans le milieu, alors on tourne la manivelle jusqu'à ce que la pression soit assez forte. On se sert aussi d'un filet en corde dans lequel on place les étoffes, et on le tord de la même manière.

Mais le tordage tend évidemment à déplacer, à allonger par places et à rompre même les filaments d'un tissu ou les fils d'un écheveau; l'eau n'est jamais régulièrement extraite et il reste toujours des parties qui contiennent plus d'eau les unes que les autres; d'ailleurs l'opération exige beaucoup de temps et devient, par conséquent, très coûteuse.

L'extraction de l'eau par la compression entre deux cylindres est encore pronée aujourd'hui comme le moyen par excellence; mais ce moyen présente divers inconvénients: il écrase le tissu et fait décharger les couleurs sur les étoffes; il extrait l'eau irrégulièrement, et le teinturier de fils en écheveaux n'a jamais pu s'en servir avec avantage.

La presse à compression se compose de deux cylindres dont les axes sont parallèles et dont les surfaces cour-

bes sont plus ou moins rapprochées l'une de l'autre. On imprime à ces cylindres, au moyen d'un engrenage, des mouvements de rotation en sens contraires, et l'on présente à leur surface le corps à comprimer. Le frottement fait adhérer la substance aux surfaces des cylindres, qui, en tournant, obligent les toiles à passer d'un côté à l'autre de l'espace qui les sépare. Il faut que cet intervalle puisse varier à volonté pour graduer la pression ; en conséquence, les tourillons qui portent les axes doivent être mobiles, sans que le parallélisme de ceux-ci soit altéré. Cette partie de l'appareil exige beaucoup de précision ; il faut d'ailleurs, que les axes soient solidement retenus, parce que tout l'effort de la presse se porte sur les tourillons. Les rouleaux sont faits le plus souvent en bois d'orme, posés horizontalement l'un sur l'autre ; lorsqu'on veut que l'appareil soit doué d'une grande résistance, on fait l'un des cylindres ou tous les deux en cuivre, et l'axe en fer forgé. Cet axe tourne sur des coussinets de cuivre fixés au bâti de la machine. On recouvre ordinairement les deux cylindres de métal d'une étoffe de linon de coton, roulée en plusieurs doubles, afin d'éviter les taches d'oxydation.

La machine inventée par Pentzoldt, et nommée *hydro-extracteur*, ne présente point les inconvénients que nous venons de signaler. A l'aide de cette machine on peut enlever, en quelques minutes, à toutes les étoffes, l'eau qu'elles retiennent sans les soumettre à la pression ; on peut ensuite les faire sécher très promptement à l'air sans les exposer au feu, qui altère souvent les couleurs. C'est une machine nouvelle qui est fondée sur le principe de la force centrifuge, qu'on n'avait pas appliqué avant lui.

L'appareil consistait primitivement dans un double tambour en cuivre tournant rapidement sur un axe vertical, (voir la description des brevets non expirés,) au moyen d'une manivelle et d'une corde enveloppée autour d'une poulie. Depuis, M. Caron, mécanicien, l'un des concessionnaires du brevet de Pentzoldt, a imprimé un mouvement progressif à l'aide d'une manivelle et d'engrenages, moyen qui exige moins de force. L'inventeur lui-même a apporté aussi à son appareil plusieurs modifications importantes.

Ainsi, le double tambour entre lequel on introduit les étoffes à sécher, est monté sur un axe reposant par sa partie inférieure sur une crapaudine, et maintenu vers le haut par une enveloppe élastique ou un ressort annulaire, lequel lui permet de dévier suivant l'impulsion donnée par la charge inégale des tissus contenus dans le tambour ; celui-ci est en cuivre, fermé à sa partie supérieure par un couvercle, et réuni par son fond à un cylindre inférieur ouvert à son sommet et percé d'un grand trou sur tout son pourtour. Le tambour est entièrement renfermé dans une enveloppe fixe, en cuivre, qui reçoit toute l'eau dégagée des tissus pendant l'opération.

La vitesse imprimée au tambour est de 4500 à 4800 révolutions par minute ; mais on conçoit qu'on ne pourrait, sans danger de rupture, passer de l'état de repos à une vitesse aussi considérable ; on commence donc par une rotation faible de 3 à 400 tours par minute, puis on augmente successivement, au moyen de la combinaison de mouvements due à M. Caron.

Dans les machines à essorer les étoffes de laine, on donne au tambour une vitesse de 4500 tours par minute, et on obtient, en sept ou huit minutes au plus, un séchage suffisamment complet, c'est-à-dire que les étoffes se trouvent dans un état de moiteur convenable pour opérer promptement le séchage à l'air.

La machine doit être assez solidement construite pour résister à la pression énorme du dedans au dehors que le tambour mobile éprouve après quelques instants de rotation ; en effet les tissus tendent à s'appliquer avec

force contre la paroi intérieure, et, lorsque ce sont des pièces de coton, elles laissent peu de liberté à l'air pour sortir ; celui-ci pénétrant toujours par l'ouverture centrale, s'y accumule de plus en plus, et sa pression s'ajoute continuellement à celle des tissus.

Cette machine est non seulement applicable dans les teintures pour laines, cotons, soies et autres matières filamenteuses, mais encore dans les blanchisseries, dans les fabriques d'indiennes, de soieries, etc.

On a remarqué que les laines séchées par ce moyen sont plus douces que celles qui sont exposées dans les séchoirs ordinaires ; elles ne sont pas écrasées comme cela a lieu en les soumettant à l'action des cylindres, ni fatiguées, comme quand on est obligé de les tordre fortement pour les égoutter avant de les essorer (*Pub. ind. de M. Armengaud, 3^{me} vol. 4^{re} liv.*).

Au résumé, pour mieux faire comprendre l'importance des machines, soit pour extraire l'eau que retiennent les étoffes, soit pour les faire sécher plus promptement et plus économiquement, il suffit de rappeler ici les expériences faites par M. Payen sur le mode de séchage mécanique, c'est-à-dire par la compression entre deux cylindres (voir le *Manuel de blanchiment*, par Julia de Fontenelle).

Une pièce de calicot simplement égouttée retient 7 kilog. $1/2$ d'eau ; tordue, elle en contient 5 kil. ; soumise à la presse-cylindre, cette eau se réduit à 2 kil. $1/2$, et peut même descendre à 4 $1/2$ kil. en l'y passant avec toutes les précautions convenables. Ces presses-cylindres sont donc de véritables séchoirs très économiques, qui abrègent bien plus le séchage que les autres et économisent beaucoup le combustible. Voici le tableau comparatif des frais, établi par M. Payen :

Prix de la presse à cylindre, 4,000 fr., intérêt par jour.	2 fr.
Puissance mécanique d'un cheval de vapeur à 50 centimes par heure, pendant 40 heures.	5 fr.
Eau enlevée, 5 kil. par pièce, soit 3,000 kil. par jour, au prix de.	7 fr.
Séchage à l'air chaud, 3,000 kil. d'eau, à raison de 2 fr. par 400 kil., ci.	60 fr.
Économie par le séchage mécanique.	53 fr.

La machine de Pentzoldt opère l'extraction de l'eau encore plus promptement et mieux que la machine à essorer avec cylindre, sans exiger plus de force motrice et avec une bien plus grande économie de combustible dans les séchoirs (voir le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 4843, n° 65). Nous devons dire cependant qu'elle a occasionné plusieurs accidents graves, dus principalement à la négligence des ouvriers qui n'avaient pas distribué également les étoffes dans le tambour extérieur, ou qui n'avaient pas bien fermé les cercles d'arrêt, ou qui avaient imprimé en commençant un mouvement trop rapide et trop précipité.

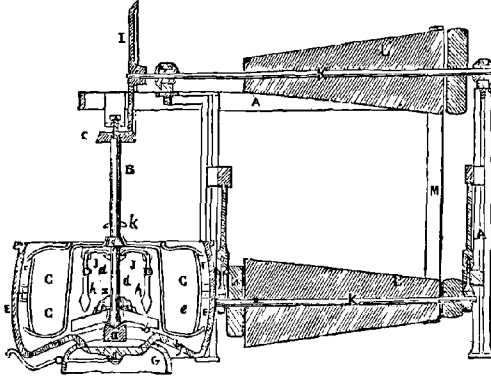
M. Laubereau, ingénieur civil, a pris aussi un brevet d'invention pour une machine propre à ventiler et sécher les étoffes. Cet appareil repose également sur le principe de l'extraction de l'eau que retiennent les étoffes, par l'effet de la force centrifuge. On introduit les étoffes dans des espèces de coffres ou paniers à claires-voies en fer, disposés à chaque extrémité d'un levier qui traverse l'axe de rotation. Ce dernier est horizontal et mis en mouvement par un pignon qui engrène avec une roue d'un plus grand diamètre, laquelle est mue à l'aide d'une manivelle ou d'un moteur quelconque. Tout l'appareil est enveloppé dans un coffre en bois de 3 à 4 centimètres d'épaisseur.

Cette machine offre sans doute moins de danger que l'*hydro-extracteur de Pentzoldt*, mais elle opère peut-être plus lentement.

En Angleterre, MM. Keely, teinturier, et Alliott, blanchisseur, ont pris une patente d'importation pour

la machine de Pentzoldt, qu'ils ont perfectionnée avec succès.

La fig. 807 représente la coupe partielle de la ma-



807.

chine; A, A, est le bâti; B, l'arbre vertical tournant sur une crapaudine *a* fixée sur le pont *b*. Cet arbre porte à sa partie supérieure un cône de friction *c* dont il reçoit son mouvement de rotation, comme on le dira plus loin. C est un tambour contenant deux compartiments concentriques, *d*, *e*, de la forme représentée par le dessin : ce tambour est placé librement sur l'arbre B, et repose, quand il n'est pas en mouvement, sur deux saillies coniques, *f*, *g*, qui font partie de l'arbre. Ces deux compartiments ont un même fond en métal, et leurs côtés se composent de fils de fer étamé, roulés circulairement, placés à de très petites distances, et liés transversalement par de petites bandes en métal qui y sont soudées. Le plateau qui recouvre le compartiment intérieur *d*, est assujéti par des boulons et des écrous à un cercle de fer qui retient les côtés en fil de même métal, mais celui qui sert de couvercle au compartiment *e*, dans lequel seul on place les marchandises, est disposé de manière à pouvoir être soulevé lorsque l'on veut les y introduire ou les en retirer, et porte deux rebords, l'un extérieur et l'autre intérieur. Ces rebords sont disposés de telle sorte que, quand le plateau est placé, l'intérieur presse la circonférence convexe du compartiment central, et l'extérieur tombe en dehors des côtés de l'autre compartiment. Pendant que la machine fonctionne, ce second plateau est maintenu à sa place par des goupilles ou des boulons, qui ne sont pas représentés dans le dessin.

Les côtés du compartiment extérieur *d*, sont assemblés avec le fond, au moyen d'un prolongement des bandes transversales de métal qui relie les fils, et qui sont rivées et soudées sur les deux plateaux extrêmes. Les fils du compartiment intérieur sont attachés à la partie supérieure par un cercle de fer, sur lequel ils sont rivés et soudés, et sont assemblés avec le plateau du fond par le moyen d'un rebord qui porte ce plateau, rebord un peu rabattu sur ces côtés qui sont rivés et soudés.

D, est un régulateur suspendu dans le compartiment intérieur *d*, et dont les deux branches *h*, *h*, sont chargées. Ces deux branches ayant du jeu autour des goupilles qui leur servent de points d'attache, et qui sont fixées au plateau supérieur, se terminent par des branches coudées dont les extrémités s'appuient sur un cordon J qui fait saillie sur l'arbre. E, est une enveloppe extérieure qui est assujétiée sur le bâti A, A; elle renferme tout le tambour, excepté par dessus, et sert à retenir l'eau chassée des étoffes. En *y* se trouve un robinet pour l'écoulement de cette eau, et le fond con-

tient en outre l'extrémité d'un tuyau par lequel arrive de l'air chaud.

L'arbre vertical B reçoit un mouvement de rotation; il emporte avec lui le tambour; et plus ce mouvement est rapide, plus la force centrifuge tend à expulser l'eau contenue dans les étoffes ou dans les fils à dessécher; mais comme cette force pourrait aussi déplacer l'arbre central, si le poids n'était pas exactement réparti dans le tambour, et causer la dislocation de la machine, lorsque l'on imprime la grande vitesse nécessaire pour la dessiccation prompte, le régulateur D a été destiné à prévenir cet inconvénient. Les branches de ce régulateur s'écartent d'autant plus que la vitesse augmente davantage, et soulèvent par conséquent le tambour C de dessus les renflements coniques *f*, *g*; ce qui permet au tambour de se déplacer un peu, et de rectifier sa position conformément aux inégalités de son chargement, en sorte que son centre de gravité puisse toujours coïncider avec son centre de rotation. Le tambour est assemblé avec l'arbre de la manière que l'on voit en *z*; ce qui le laisse libre de prendre le mouvement nécessaire. Pour l'empêcher de se soulever trop subitement, on fixe un ressort spiral *k* sur l'arbre immédiatement au-dessus du renflement conique *g*. Afin de le maintenir plus sûrement en équilibre, on l'entoure aussi d'une couronne creuse F à moitié remplie d'eau ou de tout autre fluide; si, pendant la révolution de la machine, le poids des étoffes est prédominant de quelque côté, celui de l'eau qui s'accumule sur le côté opposé sert plus ou moins à le contrebalancer. On peut augmenter l'effet de cette couronne en la partageant en deux compartiments et plus. G, est un large tuyau par lequel on introduit la vapeur ou de l'air chaud au ventre du tambour, qui est percé en cet endroit d'un grand nombre de petits trous pour le recevoir.

Le mouvement de rotation est transmis au tambour de la manière suivante :

Il est un disque conique monté sur l'extrémité d'un arbre qui commande à frottement le cône *c* et l'arbre B.

L' est un cône fixé sur l'extrémité de l'arbre K', et L' un autre cône de même dimension, mais dont la base fait face au sommet de l'autre, et qui est établi sur l'arbre K'' commandé par le moteur. M est la courroie qui embrasse les deux cônes, et dont le déplacement latéral, opéré par le moyen d'une fourchette, permet de régler à volonté la vitesse de la machine. N est la poulie qui reçoit directement le mouvement. Au lieu d'un seul disque I à frottement, on peut aussi en employer un de plus, si on le juge nécessaire, et placer entre eux deux un cône additionnel de friction, afin de mieux égaliser le frottement; mais alors le disque et le cône additionnel doivent tourner librement sur leurs propres axes. On peut aussi adopter une autre disposition pour le bas de l'arbre vertical. L'arbre immédiatement au-dessus de la crapaudine est entouré d'un anneau lâche autour duquel une certaine quantité de petit plomb ou de quelque autre matière grenue qui se trouve contenue avec l'anneau dans la boîte, dont le fond sert de crapaudine. Le dessus de cette boîte est percé d'une ouverture dans laquelle descend, lorsque la machine est au repos, un cordon ménagé sur l'arbre; et lorsque le tambour C est soulevé par l'action du régulateur D, ce cordon quitte également sa place; ce qui permet à l'arbre de déplacer un peu le plomb, et de prendre la position que réclame le point où se trouve amené le centre de gravité. (*Journal des Usines*, février 1845.)

M. Violet, rédacteur en chef de cette publication, fait remarquer que ces moyens ne doivent pas em-

pêcher l'inégalité de la tension produite par la force centrifuge; pour atteindre ce but, on doit distribuer le poids le plus uniformément possible.

ESTAMPAGE. L'estampage est un procédé général qui trouve dans les arts une foule infinie d'applications. C'est, en général, par l'action de moutons ou de balanciers agissant sur des coins et matrices d'acier qu'on parvient à donner à des métaux malléables des formes voulues. L'estampage ne s'applique qu'aux pièces de petite dimension qui doivent avoir une grande netteté, lorsque ces pièces ont une épaisseur notable. Pour les pièces de dimensions un peu grandes, l'estampage exige que le métal ait une épaisseur assez faible, soit réduit en feuilles. Nous ne traiterons ici ni de la fabrication des **MONNAIES**, à laquelle nous consacrerons un article spécial, ni de celle des couverts et fourchettes par estampage que nous décrirons à l'article **ORFÈVREURIE**. Nous allons donner ici seulement la description d'une application curieuse et importante des procédés de l'estampage.

CUIVRES ESTAMPÉS. Une nouvelle industrie qui a pris un grand développement dans ces dernières années est celle des cuivres estampés, au moyen desquels on a pu obtenir à des prix extrêmement minimes des ornements d'un grand éclat et d'un prix très peu élevé.

Nous empruntons ce qui suit, pour la majeure partie, à un intéressant rapport fait à la Société d'Encouragement sur cette industrie, par M. Amédée Durand.

« Tout le monde sait que, pour transformer en un objet donné de sculpture une feuille plane de cuivre, on profite de sa malléabilité pour obtenir ce résultat. La malléabilité est la propriété que possède le métal de se tendre et de se raccourcir; mais ces deux effets, même avec l'auxiliaire des recuits, ne peuvent s'obtenir que dans des conditions de progression dont on ne peut franchir les limites sans s'exposer à voir le métal se déchirer dans quelques parties, et dans d'autres se plisser, comme le fait un papier à filtre placé dans un entonnoir. Pour maîtriser ces deux effets, la pensée concevait l'idée d'un moule dont les formes se prononceraient progressivement et proportionnellement, et arriveraient ainsi à ces beaux reliefs de sculpture à fortes saillies que nous avons sous les yeux; mais un tel moule ne saurait être réalisé dans l'état actuel de notre industrie, et c'est à des équivalents que l'estampage a été obligé d'avoir recours. Voici en quoi consistent ceux-ci.

« Un moule de fer est placé sur le tas du mouton; on sait que le poinçon qui entre dans ce moule est un morceau de plomb qu'on y a coulé; rien n'est plus simple que d'atténuer avec un outil les saillies de ce poinçon, qui sont trop fortes pour qu'elles ne déchirent pas la feuille de cuivre; mais, d'un autre côté, les creux du moule correspondant à ces saillies n'offrant plus au glissement sur elles-mêmes des molécules du plomb qui forme le poinçon une résistance suffisante, la feuille de cuivre se trouverait sollicitée à prendre de l'extension dans des proportions qui dépasseraient ses limites de malléabilité. Pour obvier à cet inconvénient, on a encore recours au plomb, et on en verse en fusion dans les creux du moule dont on redoute la trop grande profondeur pour le commencement de l'opération. On voit dès lors que progressivement les creux du moule arriveront à présenter à la feuille en estampage toute la profondeur par la substitution de nouveaux morceaux de plomb graduellement moins épais, et finalement par leur suppression.

« Les moyens qui viennent d'être indiqués, et qui sont fondamentaux dans cette industrie, ne sont pas les seuls employés, et sans parler encore de celui de tous qui mérite au plus haut degré d'être signalé, en raison de son importance et de sa nouveauté, nous dirons qu'un auxiliaire est fourni au plomb par le cuivre lui-même qu'il est destiné à façonner.

« Ces combinaisons de plomb coulé atténué dans sa forme et frappé au mouton ne satisfieraient pas à la condition essentielle d'une fabrication industrielle, la célérité. Il a fallu recourir à un moyen plus économi- que de rendre la résistance du cuivre décroissante, à mesure que deviennent plus petits les détails des surfaces non encore façonnées. Pour cela, on commence par placer sous le mouton plusieurs pièces superposées, puis on en diminue le nombre; puis encore, on a recours à un autre moyen pour augmenter partiellement la résistance du métal dans les places où les ruptures sont le plus à craindre; il réside dans la superposition momentanée de quelques morceaux de feuilles de cuivre. Ces doublures, qui n'ont quelquefois que des dimensions très restreintes, ont reçu le nom de chemises; elles ont, en effet, pour effet d'opposer une résistance efficace aux déchirures, et de former une transition indispensable pour obtenir certains détails de relief auxquels le métal se refuserait de prime- abord.

« Ce que nous avons dit des effets obtenus dans l'industrie de l'estampage, de la plasticité du plomb, serait incomplet, si nous ne parlions pas de l'application fort remarquable qu'on en a faite pour assembler le poinçon de plomb avec le mouton qui est en fonte de fer, et l'y fixer de la manière la plus solide. Ici point de vis de pression, ni de clef, ni aucun de ces moyens qu'on emploie avec les matières résistantes; le plomb s'y refuse, et ce n'est pas trop de le saisir par toute l'étendue de surface que les besoins du travail laissent disponible. Voici ce qui a lieu: le mouton qui, comme nous venons de le dire, est en fonte de fer, a sa partie inférieure terminée par une surface plane; cette surface reçoit, au moyen du tour, des rainures circulaires concentriques plus larges au fond qu'à l'entrée, et présentant ainsi la partie creuse de l'assemblage dit en queue-d'aronde. Pour compléter cet assemblage, il suffit de laisser tomber le mouton sur le plomb coulé dans le moule et refroidi, pour que, par la plasticité de ce métal, la seconde moitié de l'assemblage soit produite, et que les languettes circulaires en queue-d'aronde viennent se mouler dans les rainures indiquées précédemment. Si un seul coup de mouton suffit à produire cet assemblage, on conçoit que tous ceux qui lui succèdent ne font que le consolider. »

Tout ce que nous venons de dire se rapporte aux principes fondamentaux de l'industrie de l'estampage, et ne dépasse pas ce que peut produire une seule matrice, si étendue qu'elle soit; cependant, on obtient aujourd'hui des bandes d'ornements d'une longueur indéfinie et de formes variées dans leur étendue. Il s'agissait de résoudre ce problème, savoir que lorsqu'une partie du cuivre s'estampait, celle qui devait à son tour venir recevoir sa forme dans la même matrice, ou une tout autre différente, reçût en même temps une ébauche qui lui ménageât un rapport, un lien avec celle qui s'incrustait. C'est par un système d'enchevêtrements assez délicates à régler entre les ornements et les matrices, qu'on parvient à obtenir ces bas-reliefs, ces longues frises qui ne présentent de solution de continuité, ni dans le métal, ni dans sa forme. Ces enchevêtrements n'ont pas lieu seulement sur la longueur de la pièce estampée, elles sont quelquefois nécessaires dans sa largeur, et c'est pour les obtenir que M. Fugère a imaginé de dévier les barres de ses moutons en les soudant à leurs bases, afin de donner à la matière la latitude nécessaire pour se déplacer, suivant le travers des pièces qu'il exécute.

Cet aperçu peut donner une idée du système que suit l'estampage, mais ne peut nullement mettre sur la voie du moyen éminemment remarquable, de l'expédient tout à fait imprévu, qui est employé dans cette industrie pour donner à ses produits une netteté qui peut ar-

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES.

river jusqu'à présenter l'aspect que donne aux médailles l'action du balancier. L'expérience avait prouvé que, quel que fût le poids des moutons, quelque répétées que fussent leurs coups, la feuille de cuivre, poussée dans les détails de la matrice par le poinçon en plomb, ne pouvait en reproduire toute la finesse et la fermeté. Il s'agissait donc de découvrir une matière propre à fabriquer un poinçon qu'on retrouvât toujours le même, à tel nombre que pussent s'élever les coups de mouton, et quelque variées que fussent les formes qu'il aurait à produire. C'est ici le lieu de signaler particulièrement cette puissance infinie que révèlent si fréquemment les explorations industrielles, et qui réside dans l'observation des phénomènes de la nature, que certains hommes savent faire avec une sagacité si profonde, et qui non seulement leur tient lieu de science, mais souvent précède les découvertes de celle-ci. Nous regrettons vivement que nos recherches n'aient pu nous permettre de connaître celui qui le premier, voyant le poinçon de plomb en quelque sorte las et manquant du dernier degré de ductilité nécessaire pour imprimer la feuille de cuivre dans les détails les plus délicats de la matrice, eut l'idée de construire une espèce de poinçon d'eau dont la fluidité complétait ce qu'il demandait vainement à la plasticité du plomb. En effet, et cela est devenu un procédé usuel, de verser un peu d'eau sur la feuille de cuivre à bout d'estampage par le plomb, pour qu'aussitôt cette eau, comprimée par le poinçon qui la frappe, pousse le cuivre dans les détails les plus délicats de la matrice, et lui donne presque entièrement l'aspect qu'on ne croyait pouvoir attendre de du balancier.

L'application de moyens aussi efficaces a eu les résultats les plus frappants. On est parvenu à obtenir par ces procédés les ornements de ronde-bosse de l'architecture monumentale; c'est ainsi que le théâtre italien offre dans la construction de sa première galerie une rampe composée de consoles que, malgré leur grande dimension et le relief de leurs formes, l'estampage a pu produire. L'emploi de ces produits pour la décoration des appartements est aujourd'hui extrêmement considérable en France.

Quand les pièces séparées ont été estampées, on les soude à l'étain, et on les fait décaper par les passeurs à l'eau forte qui emploient les procédés de décapage à acides combinés que nous avons indiqués à l'article DORURE. Enfin les pièces sont passées, afin qu'elles conservent l'éclat produit par le décapage, à un vernis particulier qui leur donne l'aspect d'une véritable dorure. (Voir VERNIS.)

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES. Les établissements dangereux ou insalubres sont régis par le décret du 15 octobre 1810 et l'ordonnance du 14 janvier 1815; de même que les CHAUDIÈRES A VAPEUR, qui en font partie, et dont nous avons parlé dans un article à part, les établissements insalubres sont divisés en trois catégories :

La première comprend ceux qui doivent être éloignés des habitations particulières ;

La seconde, les manufactures et ateliers dont l'éloignement des habitations n'est pas rigoureusement nécessaire, mais dont il importe néanmoins de ne permettre la formation, qu'après avoir acquis la certitude que les opérations qu'on y pratique sont exécutées de manière à ne pas incommoder les propriétaires du voisinage, ni leur causer de dommage ;

Enfin, la troisième catégorie renferme les établissements qui peuvent rester sans inconvénients auprès des habitations, mais qui doivent rester soumis à la surveillance de la police

Les demandes en autorisation pour les établissements insalubres de la première catégorie doivent être adressées au préfet du département, et dans le ressort de la préfecture de police (département de la Seine et com-

ÉTABLISSEMENTS INSALUBRES.

munes de Saint-Cloud, Sèvres et Meudon), au préfet de police. Elles donnent alors lieu à des affiches et à une enquête de *commodo* et *incommodo*. Lorsqu'il y a opposition, le conseil de préfecture est appelé à donner son avis. L'instruction terminée, les pièces sont envoyées par le préfet au ministère du commerce, et l'autorisation est définitivement accordée, s'il y a lieu, par une ordonnance royale rendue en conseil d'État.

Pour les établissements de la seconde catégorie, la demande doit être adressée au sous-préfet de l'arrondissement, et après une enquête de *commodo* et *incommodo*, faite par le maire de la commune, les pièces sont renvoyées au préfet, qui statue. Si l'autorisation est refusée, ou si les conditions qui lui sont imposées lui paraissent inutiles ou trop onéreuses, le fabricant peut se pourvoir en conseil d'État contre l'arrêt du préfet ; mais ce pourvoi n'est pas suspensif, et, provisoirement, il doit se soumettre à la décision du préfet. Il en est de même des oppositions.

Pour les établissements de la troisième catégorie, les autorisations sont délivrées par les sous-préfets, sur l'avis des maires et de la police locale. Quoique l'enquête ne soit pas exigée, elle a lieu dans le ressort de la préfecture de police. Les oppositions sont jugées par le conseil de préfecture, et le pourvoi est même admissible devant le conseil d'État.

Nous renvoyons pour plus de détails au *Code administratif des établissements insalubres*, par M. Trébuchet, et nous nous contenterons de donner ici la nomenclature de ces établissements :

1^{re} catégorie. Affinage des matières d'or et d'argent par l'acide sulfurique, quand les gaz dégagés pendant cette opération sont versés dans l'atmosphère. — Affinage des métaux au fourneau de coupelle, ou au fourneau à réverbère. — Allumettes (fabrication d') préparées avec des poudres, ou matières détonnantes ou fulminantes. — Amidonneries. — Ammoniacaux (fabrication des sels) par la distillation des matières animales, ou préparés au moyen des eaux de condensation des usines d'éclairage. — Bleu de Prusse (fabriques de), lorsqu'on n'y brûle pas la fumée et le gaz hydrogène sulfuré, etc. — Bleu de Prusse (dépôts de sang destinés à la fabrication du). — Boues et immondices (dépôts de). — Boyaudiers. — Calcination d'os d'animaux, lorsqu'on n'y brûle pas la fumée. — Cendres d'orfèvres (traitement des) par le plomb. — Cendres gravelées (fabrication des), lorsqu'on laisse répandre la fumée au dehors. — Chairs ou débris d'animaux (dépôts de). — Chanvre (rouissage du) en grand par son séjour dans l'eau. — Charbon animal (fabrication ou revivification du), lorsqu'on ne brûle pas la fumée. — Charbon de terre (épuration du), à vases ouverts. — Chlorures décolorants, eau de Javelle, chlorure de chaux (fabrication en grand des), destinés au commerce. — Colle-forte (fabriques de). — Cordes à instruments (fabriques de). — Cristalleries. — Cuir vernis (fabriques de). — Dégras ou huile épaisse à l'usage des tanneurs (fabriques de). — Écarrissage. — Échaudoirs ou cuisson des débris d'animaux, intestins, etc. — Encaux (fabriques d'). — Encre d'imprimerie (fabriques d'). — Engrais animaux (dépôts et fabriques d'), poudrette, etc. — Étoupilles ou amorces fulminantes (fabriques d'). — Feutres vernis (fabriques de). — Fourneaux (hauts). — Goudron (fabrication et travail du). — Graisses à feu nu (fonte des). — Huiles de lin (cuisson des). — Huile de pied de bœuf (fabriques d'). — Huile de poisson (fabriques d'). — Huiles de térébenthine et d'aspic (distillation en grand des). — Huile rousse (fabriques d'), extraite des crétoms et débris de graisse à une haute température. — Noir d'ivoire et noir d'os (fabriques de), lorsqu'on ne brûle pas la fumée. — Orseille (fabrication d'). — Porcheries. — Poudres fulminantes (fabriques de). — Pyro-ligneux (fabrication de l'acide), lorsque les gaz se répandent

dans l'air sans être brûlés. — Résines et matières résineuses (travail en grand), soit pour la fonte et l'épuration de ces matières, soit pour en extraire la térébenthine. — Rouge d'Angleterre (fabriques de) en vases ouverts. — Sabots (ateliers à enfumer les), dans lesquels il est brûlé de la corne ou autres matières animales, dans les villes. — Soufre (fabrication des fleurs de). — Soufre (distillation du). — Suif (fonderie de) à feu nu. — Sulfate de cuivre (fabrication du) au moyen du soufre et du grillage. — Sulfate de soude (fabrication du) en vases ouverts. — Sulfures métalliques (grillage des). — Sulfurique (fabriques d'acide). — Tabac (combustion des côtes de) en plein air. — Taffetas et toiles, cirés et vernis (fabriques de). — Tourbe (carbonisation) en vases ouverts. — Tripiers. — Tueries, dans les villes dont la population excède 40,000 âmes. — Vernis (fabriques de). — Verreries.

2^e catégorie. Acier (fabriques d'). — Affinage des matières d'or et d'argent, par l'acide sulfurique, quand les gaz dégagés pendant cette opération sont condensés. — Battoirs à écorce, dans les villes. — Bitumes, asphaltes (ateliers pour la fonte et la préparation des). — Blanc de baleine (raffineries de). — Blanc de plomb ou de céruse (fabriques de). — Blanchiment des fils et tissus par le chlore et l'acide sulfureux, gazeux ou liquide. — Bleu de Prusse (fabriques de), lorsqu'elles brûlent leur fumée et le gaz hydrogène sulfuré. — Buanderies des blanchisseurs de profession et les lavoirs qui en dépendent, quand ils n'ont pas un écoulement constant de leurs eaux. — Calcination d'os d'animaux, lorsque la fumée est brûlée. — Carbonisation du bois à l'air libre ou en vases clos, lorsqu'elle se pratique dans des établissements permanents, et ailleurs que dans les bois et forêts, ou en rase campagne. — Carton (fabriques de). — Cendres d'orfevre (traitement des), par le mercure et la distillation des amalgames. — Cendres gravelées (fabriques de), lorsqu'on brûle la fumée, etc. — Chamoiseurs. — Chandelles (fabriques de). — Chapeaux (fabriques de) — Charbon animal (fabrication ou revivification du), lorsque la fumée est brûlée. — Charbon de bois (dépôts de), dans Paris. — Châtaignes (dessiccation des). — Chaux (fours à) permanents. — Chiffonniers. — Chlore (fabriques de). — Chlorures décolorants, *eau de Javelle*, *chlorure de chaux* (fabrication des), quand ces produits sont employés dans l'établissement même, ou que la production ne dépasse pas 300 kil. par jour. — Chromate de potasse (fabriques de). — Chrysalides (dépôts de). — Cire à cacheter (fabriques de). — Colle de peau de lapin (fabriques de). — Corroyeurs. — Couveteurs. — Cuirs verts (dépôts de). — Cuivre (fonte et laminage du). — Cuivre (dérochage du) par l'acide nitrique. — Distilleries d'eaux-de-vie et liqueurs. — Étain (fabriques de sel d'). — Faïence (fabriques de). — Feutre goudronné propre au doublage des navires (fabriques de). — Fonderies au cubilot. — Fondeurs en grand au fourneau à réverbère. — Forges de grosses œuvres, où l'on fait usage de moyens mécaniques pour mouvoir, soit les marteaux, soit les masses soumises au travail. — Fours à cuire les cailloux destinés à la fabrication des émaux. — Galons et tissus d'or et d'argent (brûleries en grand des). — Gaz d'éclairage (ateliers de). — Harengs (saurage des). — Hongroyeurs. — Huiles essentielles (dépôts d'). — Huiles (extraction des huiles et autres corps gras contenus dans les eaux savonneuses des fabriques). — Huiles (épuration en grand des) au moyen de l'acide sulfurique. — Hydro-chlorique (fabrication de l'acide) en vases clos. — Lard (ateliers à enfumer le). — Maroquiniers. — Mégissiers. — Morues (dépôts de). — Moulins à broyer le plâtre, la chaux et les cailloux. — Moulins à farine, dans les villes. — Nitrique (fabrication de l'acide), *eau-forte*, par la décomposition du nitre au moyen de l'acide sulfurique, dans l'appareil de Woolf.

— Noir de fumée (fabriques de). — Noir d'ivoire et noir d'os (fabriques de), lorsqu'on brûle la fumée. — Noir minéral (carbonisation et préparation des schistes bitumineux pour fabriquer le). — Os (blanchiment des) pour les boutonnières. — Papier (fabriques de). — Parcheminiers — Phosphore (fabriques de). — Pipes (fabriques de). — Plâtre (fours à) permanents. — Plomb (fonte et laminage du). — Poêles et fourneaux en faïence et terre cuite (fabriques de). — Porcelaine (fabriques de). — Pyro-ligneux (fabrication de toutes les combinaisons de l'acide) avec le fer, le plomb ou la soude. — Rouge d'Angleterre (fabriques de) en vases clos. — Salaisons (dépôts de), — Secrétage des peaux ou poils de lièvre et de lapin. — Soufre (fusion du), pour l'épurer et le couler en canons. — Sucre (raffineries de). — Suif (fonderies de) au bain-marie ou à la vapeur. — Sulfate de soude (fabrication du) en vases clos. — Sulfates de fer et de zinc (fabrication des) par la dissolution des métaux dans l'acide sulfurique. — Sulfures métalliques (grillage des), dans des appareils propres à recueillir le soufre et à utiliser l'acide sulfureux qui se dégage. — Tabac (fabriques de). — Tabatières en carton (fabriques de). — Tanneries. — Tôle vernie (fabriques de). — Tourbe (carbonisation de la) en vases clos. — Tuileries et briqueteries. — Vernis à l'esprit-de-vin (fabriques de). — Zinc (usines à laminier le).

3^e catégorie. — Acétate de plomb, *sel de Saturne* (fabrication de l'). — Acétique (fabriques d'acide). — Ammoniacque ou alcali volatil (fabrication en grand de l'). — Ardoises artificielles et mastics divers (fabrication des). — Battage en grand et journalier de la laine et de la bourre. — Bateurs d'or et d'argent. — Blanchiment par les chlorures alcalins. — Blanc d'Espagne (fabriques de). — Bois doré (brûleries de). — Borax (raffinage du). — Bougies (fabriques de). — Boutons métalliques (fabrication des). — Briqueteries ne faisant qu'une seule fournée en plein air, méthode flamande. — Briquets phosphoriques et oxygénés (fabriques de). — Buanderies des blanchisseurs de profession et les lavoirs qui en dépendent quand les eaux ont un écoulement constant. — Camphre (raffinage du). — Caractères d'imprimerie (fondries de). — Carbonate de soude (fabrication du). — Cendres (laveurs de). — Cendres bleues et autres précipités du cuivre (fabriques de). — Chantiers et dépôts de bois à brûler et de charbon de bois dans les villes. — Chaux (fours à), ne travaillant pas plus d'un mois par année. — Chicorée café (fabriques de). — Chromate de plomb (fabriques de). — Ciriers. — Colles de parchemin et d'amidon (fabriques de). — Corne (travail de la), pour la réduire en feuilles. — Dégraisseurs. — Doreurs sur métaux. — *Eau seconde* (fabrication de l'), alcali caustique en dissolution des peintres en bâtiments. — Échaudoirs dans lesquels on traite les animaux pour séparer le poil de la peau. — Encre à écrire (fabriques d'). — Engraisage des oies (établissements en grand pour l'). — Essayeurs. — Étain (fabrication des feuilles d'). — Féculeries. — Fer blanc (fabriques de). — Fondeurs au creuset. — Fromages (dépôts de). — Gélatine (fabrication de la). — Glaces (étamage des). — Grillage des tissus de coton par le gaz (ateliers de). — Laques (fabriques de). — Lavoires à laines (établissement des). — Lustrage des peaux. — Moulins à huile. — Nitre ou salpêtre (fabrication et raffinage du). — Ocre jaune (calcination de l') pour le convertir en ocre rouge. — Papiers peints (fabriques de). — Plâtre (fours à), ne travaillant pas plus d'un mois par an. — Plomb de chasse (fabriques de). — Potasse (fabriques de). — Potiers d'étain. — Potiers de terre. — Sabots (ateliers à enfumer les). — Savonneries. — Sel (raffineries de). — Sulfate de cuivre (fabrication du) par voie humide. — Sulfate de potasse (raffinage du). — Sulfate de fer et d'alumine; extraction de ces sels des matériaux qui les contiennent tout fer-

ÉTAIN.

més, et transformation du sulfate d'alumine en alun. — Sirop de fécula (extraction du). — Tartre (raffinage du). — Teinturiers. — Toiles peintes (ateliers de). — Tréfileries. — Tueries dans les communes dont la population est au-dessous de 10,000 habitants. — Vacheries dans les villes dont la population excède 5,000 habitants. — Vert-de-gris et verdet (fabriques de). — Viandes (Salaison et préparation des). — Vinaigre (fabriques de).

ÉTAIN (*angl.* tin, *all.* zinn). L'étain est connu dès la plus haute antiquité; il en est parlé dans les livres de Moïse, et il était fourni au commerce par les Phéniciens qui le tiraient du Cornouailles. C'est un métal d'un blanc presque aussi pur et aussi brillant que celui de l'argent. Il possède une saveur et une odeur très sensibles et très désagréables; il est très malléable, et peut être réduit en feuilles excessivement minces en le battant sous le marteau: sous ce rapport, il tient le quatrième rang parmi les métaux. Il est aussi très ductile; cependant, sous ce rapport, il n'occupe que le septième rang. Dans l'ordre de la ténacité, il occupe le cinquième rang: il exige pour se rompre une charge d'environ 8 kilogrammes par millimètre carré de section. Il est très mou, quoique moins que le plomb. Fondu, sa densité est de 7,29, et elle s'élève par le laminage et le martelage jusqu'à 7,45. Il se dilate de $\frac{1}{162}$. de 0 à 100°, et fond à 242° suivant Newton, et 228° suivant Chrichton; il est peu volatil. Les acides, en agissant sur sa surface, y développent des dessins qui ont été utilisés pour la préparation du *moiré métallique* (voir *fer-blanc*). Lorsque l'on plie une baguette d'étain pur, elle fait entendre un craquement particulier que l'on appelle cri de l'étain: cet effet est dû au brisement des cristaux rudimentaires que renferme la masse; quand on a renouvelé plusieurs fois l'essai sur une même baguette, il cesse de se produire.

Dans le commerce, on apprécie la pureté de l'étain: 1° à l'intensité du cri, qui est d'autant plus grande que l'étain est plus pur; 2° au poids comparatif de deux balles de même grosseur, l'une d'étain fin, l'autre de l'étain à essayer; et 3° en coulant le métal, fondu à une très basse température, dans une cavité de 4 à 2 centimètres de diamètre. L'étain pur, coulé en feuilles ou en lingots, présente au moment où il se solidifie une surface parfaitement lisse, sur laquelle on n'aperçoit aucun indice de cristallisation; mais de très petites quantités de métaux étrangers lui donnent la propriété de se couvrir de ramifications aiguillées ou étoilées d'autant plus étendues que l'étain est plus impur. Les étains de Banca et Malacca (Inde), et celui d'Angleterre connu sous le nom de *grain-tin*, sont très purs; les autres renferment toujours une petite quantité de cuivre, de plomb, de fer ou d'arsenic.

L'étain forme deux oxydes. Il ne s'altère pas sensiblement, même à l'air humide; mais maintenu en fusion au contact de l'air, il se convertit rapidement en protoxyde (surtout lorsqu'il est allié avec du plomb), et même en deutoxyde, si le grillage est suffisamment prolongé. Il ne décompose l'eau qu'au rouge. Il est dissous par les acides sulfurique, hydro-chlorique et nitrique à chaud. Il se combine directement avec le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic et le chlore. Il s'allie avec un grand nombre de métaux, et plusieurs de ces alliages sont d'un grand usage dans les arts; tels sont ceux qu'il forme avec le cuivre, le plomb et le fer. (Voyez ALLIAGES, BRONZE, FER-BLANC, SOUDURE, ETC.)

Nous venons de dire qu'il y avait deux oxydes d'étain. Ces oxydes sont réduits, à l'aide de la chaleur par l'hydrogène, le charbon, le soufre, le fer, etc., à l'état d'hydrate; ils sont solubles dans les sulfures alcalins.

Le protoxyde d'étain est tantôt en petits cristaux d'un

ÉTAIN.

gris métalloïde, tantôt en poudre d'un jaune-olivâtre d'une densité = 6,67; il est fusible, et chauffé au contact de l'air, il brûle comme de l'amadou, en se changeant en deutoxyde. Son hydrate est blanc, et perd son eau à la température de 100°. Le protoxyde d'étain est soluble dans les acides et les alcalis fixes caustiques, mais il est insoluble dans l'ammoniaque. L'acide nitrique et le chlore le font passer à l'état de deutoxyde. On prépare l'hydrate, en précipitant une dissolution de protochlorure par de l'ammoniaque en excès, et lavant à froid avec de l'eau bouillie. En le faisant digérer à 97°, pendant plusieurs heures, avec de l'eau ammoniacale, lavant à l'eau bouillie, ou le chauffant au rouge dans un courant d'acide carbonique, on obtient le protoxyde anhydre, qui est composé de:

Etain. . . .	0,88	}	Sn O.
Oxygène. . .	0,12		

Le deutoxyde d'étain se présente sous deux états distincts, sous lesquels il possède des propriétés différentes. Préparé en oxydant l'étain métallique par l'acide nitrique, il est blanc, à l'état d'hydrate contenant 44 pour 100 d'eau, insoluble dans l'acide nitrique, et se réduit facilement par calcination à l'état anhydre. Préparé en précipitant par l'ammoniaque une dissolution de deuto-chlorure d'étain, il est d'un blanc jaunâtre, hydraté et soluble dans l'acide nitrique. Sous ces deux états, cet oxyde joue le rôle d'un acide faible: aussi le nomme-t-on souvent *acido stannique*; il est soluble dans les alcalis fixes caustiques et dans l'ammoniaque étendue, mais non dans l'ammoniaque concentrée. En fondant le deutoxyde d'étain insoluble dans l'acide nitrique avec un alcali caustique, on le rend soluble dans cet acide. Réciproquement, en faisant digérer à chaud un mélange de deuto-chlorure, d'eau et d'acide nitrique, il s'en précipite un chlorure qui donne avec l'ammoniaque un hydrate insoluble dans l'acide nitrique.

À l'état anhydre, le deutoxyde d'étain est composé de:

Etain. . . .	0,7867	}	Sn O ² .
Oxygène. . .	0,2133		

L'étain est précipité de ses dissolutions salines, à l'état métallique, par le fer et le zinc.

Les *sels de protoxyde* s'altèrent promptement à l'air, en absorbant de l'oxygène. Ils donnent avec les alcalis caustiques des précipités blancs solubles dans un excès de réactif, avec l'ammoniaque et les carbonates alcalins des précipités blancs insolubles dans un excès de réactif, avec l'hydrogène sulfuré des précipités bruns, avec les sulfures alcalins des précipités semblables, solubles dans un grand excès de réactif, avec les prussiates jaune et rouge des précipités blancs, et avec les iodures alcalins des précipités rouges solubles dans un excès de réactif.

Les *dissolutions de deutoxyde*, dans les acides, offrent des caractères analogues, à cette différence près, que l'hydrogène sulfuré les précipite en jaune sale, le prussiate jaune en blanc jaunâtre, et que les iodures alcalins ne les troublent pas.

Les combinaisons de deutoxyde avec les bases, ou *stannates*, sont décomposées par les acides; il se forme alors des dissolutions de deutoxyde, que l'on reconnaît aux caractères que nous venons d'indiquer. Les principaux sels d'étain sont les suivants:

Le *protosulfure*, qui est d'un gris de plomb métallique, demi-ductile, un peu moins fusible que l'étain, et inaltérable par la chaleur. Il se décompose par le grillage, et se transforme en deutoxyde. On l'obtient directement en chauffant au rouge de l'étain et du soufre. Son hydrate est brun, et se prépare en précipitant un sel de protoxyde par l'hydrogène sulfuré.

Le *deutosulfure*, connu sous le nom d'*or musif*, et em-

ployé pour bronzer le bois, etc., se présente sous la forme de lames micacées d'un jaune de laiton tirant sur le jaune de bronze, et se décompose à la chaleur rouge avant de se fondre, en abandonnant la moitié du soufre qu'il renferme et se transformant en protosulfure. On le prépare ordinairement en faisant un amalgame de 2 parties d'étain et de 4 partie de mercure, y ajoutant 4 partie $\frac{1}{4}$ de soufre et 4 partie de sel ammoniac; puis, triturant le tout ensemble, dans un mortier, avec un peu d'eau, on place le mélange dans des creusets couverts ou dans des cornues, et l'on chauffe au bain de sable pendant plusieurs heures à une chaleur qui ne doit pas dépasser le rouge naissant. Le mercure ne sert qu'à rendre l'étain susceptible d'être très divisé. Il se volatilise pendant l'opération.

Le *protochlorure* ou *sel d'étain* est blanc-grisâtre éclatant, à cassure résineuse, fusible au-dessous de la chaleur rouge et volatil peu au-dessus. Il se dissout dans une petite quantité d'eau; mais celle-ci en excès le décompose en oxy-chlorure qui se précipite, et en chlorure acide qui est employé dans la teinture comme mordant. Les dissolutions mêlées de deutochlorure donnent, avec celles d'or, un beau précipité pourpre connu sous le nom de *pourpre de Cassius*. (Voyez OR.) On l'obtient, soit en distillant de l'amalgame d'étain avec du protochlorure de mercure, soit en chauffant en vase clos, jusqu'à fusion, le chlorure acide cristallisé. Ce dernier se prépare en dissolvant l'étain métallique dans de l'acide hydro-chlorique.

Le *deutochlorure* ou *liqueur fumante de Libavius* est liquide à la température ordinaire, incolore, transparent, très fluide, plus lourd que l'eau, d'une ardeur piquante et insupportable, et très volatil; il bout à 420°. Il répand à l'air d'épaisses fumées blanches, par suite de sa grande affinité pour l'eau avec laquelle il se combine en toutes proportions. On le prépare ordinairement en distillant, à une chaleur ménagée, un mélange de 4 parties de sublimé corrosif et de 4 partie d'étain amalgamé avec environ $\frac{1}{3}$ de son poids de mercure.

Le seul minerai d'étain est l'*oxyde* (deutoxyde) que l'on rencontre en filons, en amas, et le plus souvent en veinules très disséminées (stockwerk) dans les terrains anciens. On le trouve souvent aussi en galets dans les alluvions qui proviennent du détritit de ces terrains. Il est presque toujours accompagné de wolfram (voyez TUNGSTÈNE), de molybdène sulfuré et de pyrites arsenicales. Les gîtes d'étain exploités ne sont pas en grand nombre; les principaux se trouvent dans les Indes, le Cornouailles, la Saxe et la Bohême. On a découvert, au commencement de ce siècle, deux gîtes d'étain en France, à Piriac (Loire-Inférieure) et à Vaulry (Haute-Vienne); mais ces gîtes n'ont aucune importance.

L'oxyde d'étain est brun-rougâtre, se fonçant quelquefois jusqu'au noir et d'autres fois incolore, tantôt transparent ou fortement translucide, le plus souvent opaque. Il est assez dur pour rayer le verre. Sa densité varie de 6,5 à 6,9; il cristallise en prismes droits à base carrée, presque toujours maclés, ce qui forme même un de ses caractères saillants, et qui présentent un éclat extrêmement vif. Sans addition, il est infusible au chalumeau; difficilement réductible au feu de réduction, il se réduit aisément par l'addition de la soude. Il est inattaquable par les acides. Rendu soluble par la fusion avec la potasse ou la soude, il donne lieu, par le chlorure d'or, à un précipité pourpre.

L'essai des minerais d'étain est très simple. On commence d'abord par les griller pour décomposer les matières pyriteuses et arsenicales, que l'on enlève ensuite par un lavage par décantation; ou mieux, ce qui est beaucoup plus exact et plus rapide, on fait bouillir pendant quelques instants le minerai réduit en poudre avec un faible excès d'eau régale; on étend d'eau, on jette le résidu sur un filtre, on le lave, on le fait sécher, et on

calcine le tout, le filtre à part, pour chasser la petite quantité de soufre libre qui a pu se former par l'action de l'eau régale. L'essai se fait à la température des essais de plomb ou à celle des essais de fer. Lorsqu'on opère à une basse température, on fond le minerai grillé, soit avec 4 parties de flux noir dans un creuset nu, soit avec $\frac{1}{2}$ partie de carbonate de soude dans un creuset brasqué. Mais en suivant ce procédé, qui est cependant encore presque le seul employé dans les usines, il reste toujours dans les scories une certaine quantité d'étain, et d'autant plus que la matière est plus pauvre et qu'on emploie plus de flux; en sorte qu'il pourrait arriver que des minerais ou des scories qui seraient assez riches en grand, pour être traités avec bénéfice, ne donnassent pas d'étain en petit, si l'on faisait l'essai de cette manière.

Lorsqu'on veut réduire en totalité l'étain, il faut fondre le minerai grillé avec addition d'un fondant convenable, à la température des essais de fer, dans un creuset brasqué. 0,30 à 0,40 de borax ou de carbonate de soude, préalablement pulvérisés, peuvent servir dans tous les cas, mais, étant volatils, on ne peut vérifier l'exactitude des essais, comme lorsqu'on emploie pour flux des fondants terreux (voyez *essais de FER*); l'opération se conduit du reste absolument comme pour les essais de fer. On obtient un alliage qui renferme de l'étain, du fer, et quelquefois du tungstène, qu'il faut analyser par voie humide.

Quand on veut rechercher combien une scorie pourrait produire en grand d'étain pur, ou susceptible d'être purifié par la liqutation, on en fond une certaine quantité avec 40 à 45 p. 400 de son poids de fer métallique en limaille, dans un creuset nu, et l'on analyse le tout. L'étain est du reste à peu près pur lorsqu'il n'est point magnétique, et il est susceptible d'être purifié par liqutation toutes les fois qu'il est malléable. Nous verrons d'ailleurs que l'on emploie également en grand le fer métallique, pour réduire l'oxyde d'étain resté dans les scories provenant de la fonte des minerais, ou dans les carcas de liqutation.

Il n'y a aucun moyen de doser par voie sèche l'étain contenu dans un alliage; il faut nécessairement opérer par voie humide. Dans les essais d'étain à une température élevée, on obtient des alliages d'étain, de fer, et presque toujours de tungstène. On réduit ces alliages au laminier en feuilles aussi minces que possible quand ils sont ductiles, et on les pulvérise quand ils sont cassants, puis on les fait bouillir avec de l'acide hydro-chlorique pur et concentré, qui dissout le fer et l'étain et laisse un résidu de tungstène renfermant quelquefois un peu de fer; on précipite l'étain de la dissolution par l'hydrogène sulfuré, on recueille le précipité sur un filtre, on le lave, on le traite par l'acide nitrique, on évapore à sec et l'on calcine le résidu, qui par là se trouve transformé en deutoxyde d'étain pur. On fait bouillir avec de l'acide nitrique la liqueur qui renferme le fer, pour ramener ce métal à l'état de peroxyde, que l'on précipite par l'ammoniaque et que l'on calcine, le filtre à part, après lavage.

Pour analyser l'étain du commerce, on le traite par l'acide nitrique pur qui le convertit en deutoxyde insoluble: on évapore presque à siccité, on étend d'eau et on filtre pour séparer l'étain; dans la liqueur filtrée, on précipite le plomb à l'état de sulfate par l'acide sulfurique, on filtre et on précipite le fer à l'état de peroxyde par un excès d'ammoniaque qui redissout le cuivre; on filtre et enfin on précipite le cuivre à l'état de deutoxyde en faisant bouillir la dissolution ammoniacale avec de la potasse caustique. Lorsqu'il y a de l'arsenic dans l'étain, au lieu d'opérer comme nous venons de le dire, il faut, après avoir séparé le plomb, saturer la liqueur d'hydro-sulfate d'ammoniaque après l'avoir neutralisée avec de l'ammoniaque, et filtrer. L'ar-

ÉTAIN.

sonic passe dans la liqueur filtrée d'où on le précipite, à l'état de sulfure, en la neutralisant par l'acide hydrochlorique, tandis que le fer et le cuivre restent sur le filtre à l'état de sulfures; on les dissout dans l'acide nitrique et on les sépare comme ci-dessus.

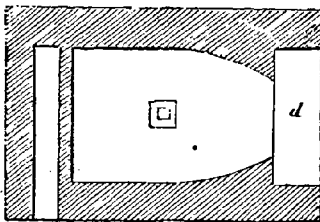
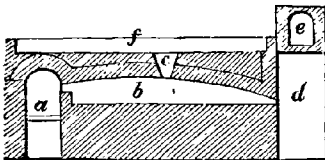
Traitement métallurgique.

Le traitement métallurgique des minerais d'étain comprend : le grillage du minerai, le lavage du minerai grillé, la fonte du minerai grillé, le traitement des résidus et le raffinage de l'étain. La fusion des minerais grillés s'exécute, soit dans des fourneaux à tuyères, soit dans des fourneaux à réverbère, ce qui constitue deux classes de procédés distincts. En Angleterre, pour les minerais d'alluvion seulement, en Bohême et en Saxe, on emploie le premier procédé; le second est usité en Angleterre pour tous les minerais venant des mines de Cornouailles. Nous allons les passer successivement en revue.

SAXE. En Saxe les propriétaires de mines d'étain sont obligés de livrer leur minerai préparé aux usines royales, qui leur en paient immédiatement la valeur d'après celle de l'étain qu'ils donnent à l'essai, déduction faite des frais de traitement; il en résulte, d'une part, que l'exploitation des mines peut se faire avec peu de fonds, puisqu'elle n'exige pour ainsi dire aucuns fonds de roulement, et, d'autre part, que les usines royales peuvent associer les minerais divers qui leur sont livrés de la manière la plus convenable pour leur traitement ultérieur.

Les minerais sont apportés à l'usine, lavés, à l'état de *schlichs crus*. On commence par les griller afin de décomposer les matières pyriteuses et arsenicales qu'ils renferment, et qui, ramenées à l'état d'oxyde, se séparent ensuite aisément par le lavage. Le grillage s'effectue dans des fours à réverbère, représentés en plan et en coupe fig. 808 et 809 : la sole *b*, de forme trapé-

808.



809.

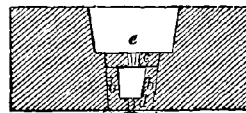
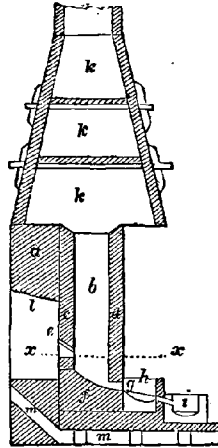
zoidale, a 5^m,45 de longueur, 3^m,30 de largeur près de la grille *a*, et 4^m,65 près de la porte de travail *d*, placée à l'autre extrémité; la voûte n'a que 0^m,22 de hauteur, à la clef, au-dessus de la sole; celle-ci est une aire plane ouverte des deux côtés, sur laquelle on brûle du bois; près de la porte de travail et dans la voûte, est pratiqué un canal horizontal *e*, qui conduit l'acide arsénieux et les autres produits du grillage dans une série de chambres de condensation. On en retire de temps à autre l'acide arsénieux impur, qui forme moyennement les 20 à 25 p. 400 de schlich cru. On charge à la fois 6 à 700 kil. de schlich cru préalable-

ÉTAIN.

ment desséché sur la voûte *f* du fourneau, d'où on le fait tomber sur la sole par l'ouverture *c*, pratiquée dans la voûte, et on augmente graduellement le feu de manière à ne pas dépasser le rouge sombre dans les deux premières heures; on donne à la fin un bon coup de feu, l'oxyde d'étain pur étant infusible. Chaque grillage dure en moyenne sept heures.

Les schlichs grillés sont lavés sur des tables à secousses, puis fondus sans addition, ou avec une petite quantité de quartz quand ils sont très ferrifères, et avec 2 à 4 p. 400 de chaux quand ils sont très chargés de wolfram (tungstate de fer), de schéelin-calcaire (tungstate de chaux) et de molybdène sulfuré; ces schlichs renferment de 40 à 60 p. 400 d'étain. La fusion s'exécute dans un demi-haut-fourneau à poitrine fermée, ayant seulement un œil pour l'écoulement de l'étain et des scories, et surmonté de chambres de condensation. Ce fourneau est représenté en coupe verticale, fig. 840, et en coupe horizontale au niveau *x x* de la tuyère, fig. 844 : *a*, massif du fourneau; *b*, *b*, costières; *c*,

840.



844.

warne, et *d*, poitrine; *e*, tuyère; *f*, sole en granite; *g*, œil de la poitrine, par lequel l'étain et les scories tombent dans l'avant-creuset *h*; *i*, bassin de réception dans lequel on fait de temps en temps couler l'étain, et où on le puise pour le couler; *k*, *k*, *k*, chambres de condensation; *m*, *m*, canaux d'assèchement. La hauteur totale du fourneau au-dessus de la sole est de 4 mètres; la largeur de la warme est au gueulard 0^m,57, à la sole 0^m,38; celle de la poitrine, aux mêmes hauteurs, est de 0^m,47 et 0^m,38; et la distance de la warme à la poitrine est de 0^m,66 et 0^m,52. La poitrine est déversée intérieurement de telle sorte, que la verticale partant de son extrémité supérieure tombe exactement au milieu de la sole; celle-ci a une inclinaison de 0^m,10. On lance dans le fourneau de 4 1/2 à 5 kil. d'air par minute au moyen

de deux soufflets pyramidaux. La charge normale est d'environ 6 kil. 1/4 de schlich grillé et de 4 litre et 1/2 de charbon de bois léger. On passe 52 kil. de minerai par heure. La campagne dure de cinq à six jours. Les scories que l'on obtient sont repassées dans la proportion des 2/3 dans le courant de l'opération, puis à la fin de la fonte on les repasse une fois seules.

L'étain en pains obtenu par la coulée est affiné sur des aires de liqation analogues à celles usitées à Schlaggenwald, et dont nous parlerons plus bas.

Les scories de la fonte du minerai renferment encore 25 à 26 p. 400 d'étain métallique; on les ajoute aux crasses d'affinage ou carcass de liqation, et on fond le tout avec parties égales de scories de forge, dans un petit fourneau à manche de 4^m,60 de hauteur, à bassin extérieur hémisphérique, et dont les campagnes ne durent que douze heures. Les scories de forge tendent à se réduire dans le fourneau à l'état de fer métallique,

et produisent par conséquent le même effet que donnerait l'addition directe de ce dernier, mais à beaucoup meilleur marché. Les scories sont enlevées par plaques, au fur et à mesure de leur solidification, dans le bassin extérieur qui a 0^m,45 de diamètre, et rejetées; elles sont très pauvres en étain, et n'en renferment plus que 4 à 5 p. 400.

Le prix de revient des 400^k d'étain, en Saxe, peut moyennement s'établir comme suit, à 204 fr. 48 c. :

Frais d'extraction du minerai.	79 ^f ,68 ^c
Frais de transport au jour, de grillage et de préparation mécanique.	63 ^f ,00 ^c
Frais de fondage et de raffinage.	3 ^f ,53 ^c
Frais généraux.	57 ^f ,97 ^c

Prix de revient des 400^k d'étain raffiné. 204^f,48^c

BOHÈME. Les mines d'étain de Bohême se groupent autour de deux centres bien distincts : *Zinnwald*, qui n'est en quelque sorte que le prolongement d'*Altenberg* en Saxe, dont il n'est éloigné que de quelques kilomètres, et où on suit les mêmes procédés de traitement; et *Schlaggenwald* (cercle d'Ellbogen), qui est de beaucoup le plus important, et dont nous allons dire quelques mots.

Les schlichs crus, livrés aux usines, sont grillés dans des fours à réverbère, à sole elliptique, de forme presque identique avec ceux employés pour la chloruration des minerais d'argent. (Voyez ARGENT, *amalgamation saxonne*.) La sole a 2^m,40 de long sur 3^m,50 de large; l'autel, 0^m,30 sur 1^m,65; la grille en briques réfractaires posée de champ, les mêmes dimensions; la voûte est à 0^m,50 au-dessus de la grille; 0^m,25 au-dessus de l'autel; 0^m,35 au-dessus de la sole, près de l'autel; 0^m,40 au milieu de la sole, et 0^m,40 à son extrémité, près de laquelle elle est percée de deux cheminées de 0^m,40 de diamètre, qui communiquent avec les chambres de condensation placées au-dessus. On charge à la fois de 200 à 250 kilogrammes de schlich cru sur la sole, et l'opération dure de 6 à 30 heures, en moyenne 20 à 25 heures. On élève graduellement la température en brassant à la fin, à plusieurs reprises, avec du poussier de charbon pour réduire les arséniates. Le grillage est terminé : 1^o quand il ne se dégage plus de fumées arsenicales; 2^o quand par le lavage à l'augette le minerai paraît bien pur, et que l'eau de lavage se colore fortement en rouge par l'oxyde de fer qu'elle tient en suspension; 3^o quand enfin le minerai grillé et lavé à l'augette donne à l'essai au flux noir, fait à une température élevée, un bouton d'essai qui se laisse facilement laminer en un ruban flexible faisant nettement entendre, lorsqu'on le plie, le cri particulier à l'étain pur.

Les schlichs crus que l'on apporte à l'usine sont de trois sortes : le schlich gros obtenu dans les caisses à tombeau, le schlich moyen obtenu sur des tables dormantes à toiles, et le schlich fin venant des tables jumelles (voyez MÉTALLURGIE). Le schlich gros est grillé à part; les schlichs moyen et fin le sont ensemble; le schlich gros grillé est lavé à part dans une caisse à tombeau; il en est de même des autres schlichs grillés; enfin, les boues sont lavées sur une table à secousse ou sur des tables jumelles.

La fonte des minerais grillés s'exécute dans des fourneaux à manche de même forme que celui représenté fig. 810 et 811, mais beaucoup moins élevés, et dont les campagnes durent très peu de temps; de telle sorte que les propriétaires des mines, lesquelles sont très nombreuses et donnent lieu chacune à une faible extraction, peuvent fondre au fur et à mesure le minerai qu'ils en tirent. Le vide intérieur est prismatique, à section trapézoïdale, dont la largeur est de 0^m,25 à la

warms, 0^m,20 à la poitrine et la profondeur de 0^m,59, la hauteur de ce vide est de 2 mètres, à partir de la sole, qui est formée d'une pierre de granite inclinée de 4/3, à l'extrémité de laquelle est pratiqué, dans la poitrine, l'œil de 0^m,03 de diamètre par lequel l'étain et les scories coulent dans l'avant-creuset extérieur; la sole dure au plus deux à trois campagnes, souvent même seulement une seule; le fourneau est construit avec un mélange damé d'argile réfractaire et de quartz grossièrement concassé. La poitrine est déversée à l'intérieur, de manière à ce que la verticale, partant de son extrémité supérieure, tombe au milieu de la sole. La tuyère est à 0^m,15 ou 0^m,20 au-dessus de la sole, suivant que le minerai est plus ou moins réfractaire; elle est rectangulaire et en granite; on démolit l'embrasure qui y conduit, à la fin de chaque campagne, pour réparer le fourneau. Le vent est donné par deux soufflets pyramidaux, qui en lancent de 3 à 4 kilogr. par minute, et il vient frapper la sole à 0^m,07 environ de l'œil. Le séchage du fourneau se fait en 2 heures; on commence alors par donner le vent, et par charger dans le fourneau 3 parties de scories de l'opération avec 4 partie de schlich moyen, dont on augmente graduellement la proportion jusqu'à ce que la charge se compose de parties égales de minerai et de scories. A mesure que les scories se solidifient dans l'avant-creuset de 0^m,32 de côté, on les retire à la pelle, et on les plonge encore rouges dans l'eau pour les étonner; on les concasse ensuite avec le dos de la pelle, et on les repasse dans le fourneau. On passe ainsi successivement, dans le fourneau, le schlich moyen, le schlich gros et le schlich fin; puis enfin, à la fin de la campagne, on repasse dans le fourneau, à deux reprises successives, les scories mêmes de l'opération, sans addition et sans élever la température, qui doit toujours être telle, que les matières qui s'écoulent par l'œil soient bien liquides et aient une couleur un peu au-dessus du rouge sombre. Les dernières scories que l'on obtient sont bocardées et lavées, pour en séparer les grenailles d'étain qu'elles renferment, et ce qui reste sur les tables de lavage est repassé dans le fourneau à la fonte suivante.

Après que l'on a passé dans le fourneau 450 kilogrammes de minerai, ce qui a lieu toutes les 4 heures environ, on coule l'étain, qui se trouve dans l'avant-creuset, dans un petit bassin hémisphérique de 0^m,22 de diamètre, creusé dans une pierre de granite et préalablement chauffé avec quelques charbons allumés, et on l'y agite avec une petite quantité de poix minérale, jusqu'à ce qu'il se soit refroidi au point qu'une petite coquille de bois sec se transforme promptement en charbon roux sans s'enflammer, lorsqu'on l'y plonge. On puise alors l'étain avec une cuillère en fer, et on le verse dans un moule en granite, où il prend la forme de pains qui sont plus tard soumis à la liqutation. Il reste, dans le bassin de réception, quelques crasses qui sont traitées à part avec les carcas du raffinage et les grenailles d'étain venant du bocardage des scories.

En résumé, le minerai employé rend de 30 à 60 p. 400 d'étain. Chaque campagne dure environ quarante-huit heures en tout, et, pendant ce temps, on passe dans le fourneau 4,300 kil. environ de minerai. Un fondage, que nous avons suivi, a fourni 42 pains d'étain qui, purifiés par liqutation, ont donné 544 balles d'étain pesant 604 kil.

Le raffinage de l'étain se fait sur une aire plane de liqutation en granite de 0^m,30 de large, sur 0^m,95 de long, inclinée de 4/12^e, et ayant sur trois de ses côtés un rebord de 0^m,45 de hauteur. On y met de petits morceaux de bois en croix que l'on allume, puis l'on charge successivement au-dessus les pains d'étain. Ce dernier métal se sépare peu à peu, coule sur le sol de l'aire, et se rend à sa partie inférieure, dans une cavité hémisphérique de 0^m,25 de

ÉTAIN.

diamètre, en granite, chauffée d'abord avec quelques charbons. Lorsque cette cavité se trouve remplie on y puise, avec une cuillère en tôle, l'étain, qui doit être à une température telle, qu'un morceau de papier qu'on y plonge se charbonne instantanément sans s'enflammer, et on le coule sur une table en cuivre ou en fonte, en feuilles que l'on roule ensuite et qui portent le nom de balles d'étain. Les tables en cuivre sont de beaucoup préférables à celles en fonte, parce que le premier métal peut se travailler en feuilles très minces, et qu'en outre il est beaucoup meilleur conducteur du calorique, de telle sorte que l'étain s'y refroidit bien plus rapidement et acquiert par suite beaucoup plus de brillant et d'apparence.

Les balles d'étain ainsi obtenues, et livrées au comptoir du gouvernement, qui délivre en les recevant un à-compte de 90 p. 400 sur leur valeur, sont soumises tous les six mois à une seconde liquation, sur des aires de 4^m,90 de long et 0^m,50 de large, ayant pour but de purifier l'étain, et en outre d'obtenir par le mélange des balles provenant des différentes exploitations, un métal d'une qualité à peu près constante, et sur lequel on applique quatre marques.

Les grenailles d'étain venant du bocardage des scories et les carcas de liquation, sont mélangés avec un peu de poix minérale et du charbon de bois pulvérisés, puis introduits dans des pots de terre intérieurement vernis à l'alquifoux, et recouverts à l'extérieur d'un enduit d'argile servant à augmenter leur résistance et leur durée; ces pots ont environ 0^m,43 de diamètre intérieur sur 0^m,46 de profondeur. On les recouvre avec des couvercles en terre non lutés, on les range en plein air sur des morceaux de briques, qui leur servent de supports ou de fromages, en laissant entre chacun d'eux un certain intervalle. On élève ensuite tout autour un petit mur en pierres sèches de 0^m,30 à 0^m,40 de hauteur, on jette dans cette enceinte un peu de menu bois, puis on la remplit de charbon de bois et on allume le tout. Deux heures après la mise en feu, les ouvriers retirent séparément chaque pot, le découvrent et se mettent de suite à remuer les matières qu'il renferme avec une tige de bois vert; il se dégage d'abondantes fumées blanches, que l'on regarde comme dues à la volatilisation et à l'oxydation au contact de l'air d'une certaine quantité d'antimoine, d'arsenic, de zinc, et quelquefois de plomb et de soufre. Dès que l'on laisse quelques instants les matières en repos, l'étain gagne le fond et s'y rassemble. L'opération est terminée, lorsqu'en découvrant la surface du bain, le métal est d'un blanc brillant ne s'altérant pas à l'air d'une manière sensible; lorsqu'il est impur, sa surface se recouvre instantanément d'une pellicule d'un jaune plus ou moins foncé passant quelquefois au bleu violet, et présentant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel. Il va d'ailleurs sans dire qu'il ne faut procéder à la coulée que lorsque la température est très basse (300 à 350°); il n'y a alors que les parties métalliques les plus pures qui restent assez liquides pour se rassembler en masse au fond du pot; on coule alors l'étain sur le sol de l'atelier, en inclinant le pot et en retenant les matières solides avec une planchette en bois. L'étain ainsi obtenu est raffiné avec l'étain de fusion en pains. On jette ensuite dans une cuve d'eau ce qui reste dans le pot, on en sépare les grenailles d'étain par lavage au crible à secousses et on les retraite comme ci dessus. Les boues sont concentrées par lavage et les résidus les plus riches traités comme le minerai cru.

Voici quels sont les résultats de ce traitement pour la principale exploitation des environs de Schlaggenwald, résultats qui sont la moyenne de l'année 1838.

Le schlich cru amené à l'usine, et sec, avait une teneur moyenne en étain de 36,4; grillé et lavé, elle s'est élevée à 47,4. Les consommations et frais par 400 kil. d'étain en balles obtenu, ont été comme suit :

ÉTAIN.

275 ^h de minerai lavé, sec, rendu à l'usine.	436 ^f ,39
1/2 ^h de poix minérale.	0 ^f ,23
2 ^h 1/2 ou 750 ^h de bois léger.	9 ^f ,72
425 ^h de charbon de bois léger.	46 ^f ,85
Combustible pour le grillage, la fonte et le raffinage.	26^f,85
Main-d'œuvre, frais divers et frais généraux.	17 ^f ,86
Impôts sur l'étain.	44 ^f ,63
Prix de revient des 400 ^h d'étain en balles.	492 ^f ,73
Prix de vente des 400 ^h d'étain en balles.	225 ^f ,75
Bénéfice.	32 ^f ,02
	ou 16,67 p. 400.

ANGLETERRE (Cornouailles). On distingue dans le Cornouailles deux sortes de minerais d'étain, ceux de filons, qui viennent des mines du pays, et ceux qu'on retire du lavage des sables d'alluvion. La presque totalité de ces minerais est traitée dans des fourneaux à réverbère alimentés à la houille; on ne soumet à la fonte au charbon de bois, dans un fourneau à tuyères, que les meilleurs minerais d'alluvion, dans le but d'obtenir de l'étain extrêmement pur.

Fonte au fourneau à manche. On fond immédiatement les minerais d'alluvion lavés, sans qu'il soit nécessaire de leur faire subir un grillage, dans un demi-haut-fourneau de 5 mètres de hauteur. L'étain réduit est d'abord reçu dans le premier bassin de réception, puis coulé dans le second, où on le laisse reposer quelque temps. Les scories qui coulent dans le premier bassin sont enlevées à mesure qu'elles se solidifient, jetées dans l'eau, puis divisées en deux classes; celles encore riches en oxyde d'étain, qui sont repassées dans le lit de fusion, et celles qui ne renferment guère que des grenailles d'étain, que l'on y concentre par bocardage et lavage avant de les repasser dans le lit de fusion. Le bain métallique se divise, par le repos des masses, en tranches horizontales d'autant plus pures qu'elles sont situées plus près de la surface. Lorsque l'étain qui forme les tranches supérieures est jugé suffisamment pur, on le transvase, au moyen de poches, dans le bassin d'affinage, qui a été préalablement chauffé, et sous lequel, s'il est en fonte enduite d'argile, on entretient un peu de feu. L'étain qui occupe le fond du bain est toujours très impur; on n'en transvase aucune portion dans le second bassin, mais tout ce qui reste dans le premier est coulé en saumons destinés à être rejetés dans le fourneau de fusion.

Lorsque le bassin d'affinage est suffisamment rempli, on y produit une ébullition artificielle en y plongeant une tige de bois vert que l'on agite dans le bain; le minerai non réduit et les substances pierreuses viennent à la surface sous la forme d'une espèce d'écume. Lorsque l'ébullition a été prolongée 1/2 heure à 1 heure 1/2, on retire le bois vert et l'on écume la surface du bain d'étain, qui doit présenter un éclat particulier et très vif. On laisse la masse reposer pendant quelque temps, ce qui permet aux parties inégalement pures de se séparer encore plus complètement, et, quand elle est suffisamment refroidie, on la coule en saumons, en puisant toujours l'étain à la surface du bain. De cette manière, presque tout ce qu'il y a d'impuretés dans le bain se trouve concentré dans les derniers saumons qui doivent être refondus; les autres, destinés au commerce, sont envoyés à un bureau où, après avoir constaté leur degré de pureté et perçu le droit de la couronne, on les frappe d'une marque. Ils sont généralement livrés ainsi au commerce; quelquefois cependant on chauffe le métal au point seulement de le rendre fragile, de sorte qu'en le laissant alors tomber d'une assez grande hauteur la masse se réduit en fragments, qui présentent une agglomération de grains allongés ou de *larmes*; ce

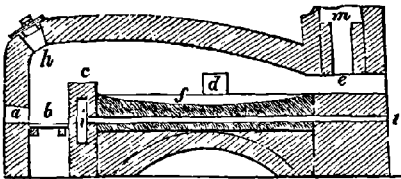
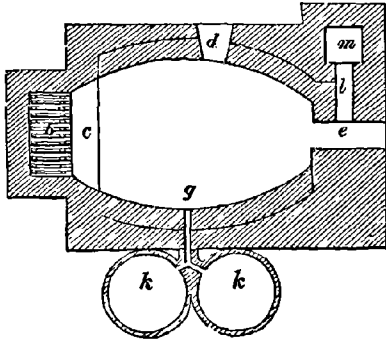
ÉTAIN.

qui a fait donner à cette espèce d'étain le nom d'*étain en larmes* (angl. grain-tin).

Fonderie au fourneau à réverbère. Tous les minerais d'étain de filon et une partie de ceux d'alluvion, sont traités par cette méthode. Après avoir lavé ces minerais, on les grille dans des fourneaux de grillage surmontés de chambres de condensation, et dont les dimensions varient dans des limites assez étendues. Ils ont ordinairement de 3 à 4^m de long sur 2 1/2 à 3^m de large. On charge à la fois 300 à 400^{kg} de schlich cru sur la sole, et chaque grillage dure de 12 à 18 heures. L'arsenic impur qui se dépose dans les chambres de condensation est vendu aux usines d'arsenic. Le minerai grillé est exposé au contact de l'air pour transformer les sulfures en sulfates, et lessivé. Les eaux de lavage contiennent du sulfate de cuivre; on en précipite le cuivre, par de la ferraille, à l'état de cuivre de ciment. On crible ensuite le minerai grillé pour séparer les fragments qui se sont agglomérés et qui doivent être de nouveau soumis au grillage après un bocardage préalable. Ce qui a passé à travers le crible est lavé dans des caisses à tombeau ou sur des tables dormantes, suivant le degré de finesse du schlich.

Les fig. 812 et 813 donnent la coupe et le plan du

812.



813.

fourneau à réverbère employé à St-Austle pour la fonte des schlichs d'étain grillés et lavés : a, est la porte par laquelle on charge le combustible sur la grille b; c, l'autel; d, la porte par laquelle on charge le minerai sur la sole; e, la porte de travail; f, la sole qui a environ 3^m,50 de long sur 2^m de large; g, le trou de coulée; h, ouverture pratiquée dans la voûte, que l'on ouvre seulement au moment où l'on charge le minerai d'étain sur la sole afin d'empêcher le courant d'air d'entraîner la poussière dans la cheminée; i, petit canal donnant passage à de l'air froid qui rafraîchit l'autel et la sole et les empêche de se détruire aussi promptement; k, k, bassins de réception; l, rampant qui conduit les fumées à la cheminée m, qui a de 40 à 45^m de hauteur.

Avant de charger sur la sole le minerai grillé, dont la teneur moyenne est de 65 p. 100 d'étain, on le mélange, selon sa qualité, avec 1/15^e à 1/5^e de houille très sèche en poudre qui sert de réductif. On y ajoute aussi quelquefois de la chaux éteinte ou de la chaux fluatée, pour obtenir des scories plus fusibles. On charge

ÉTAIN.

à la fois 700 à 800^{kg} de minerai, en chauffant fortement de prime-abord. Au bout de 6 à 7 heures, on jette quelques pelletées de houille sèche en poudre, afin de rendre les scories moins fusibles. On coule d'abord l'étain, et dès qu'on voit arriver des scories, on ferme le trou de coulée. Immédiatement après on retire les scories laissées sur la sole et on procède à une nouvelle charge. On laisse reposer pendant quelque temps l'étain dans le bassin de réception, afin de favoriser la séparation d'une petite quantité de scories qui ont coulé en même temps et que l'on enlève, puis on le prend avec des poches et on le coule dans des moules en fonte. Les scories qui étaient en contact immédiat avec la surface de l'étain sont très riches en grenailles; elles sont en très petite quantité, et sont mises de côté et fondues à part sans addition. Les scories qui contiennent seulement quelques grenailles d'étain sont bocardées et lavées, dans le but de concentrer les grenailles dans une faible quantité de scories, puis fondues isolément; elles donnent un étain de qualité très inférieure, ce qui se conçoit très facilement, attendu que le métal qui forme ces grenailles étant moins fusible que l'étain pur, se solidifie promptement et ne peut pas se réunir au bain métallique : on refond ces divers résidus au commencement de chaque campagne, lorsque les fourneaux ne sont pas encore suffisamment échauffés pour la fonte des minerais. Enfin, plus des 3/4 des scories sont assez pauvres pour être rejetées.

Le raffinage des saumons d'étain se compose de deux opérations, une liquation et le raffinage proprement dit. La liquation s'opère dans un fourneau à réverbère pareil à celui de fusion; on range les saumons d'étain sur la sole du fourneau, près de l'autel, et on les chauffe modérément. L'étain fond et coule dans le bassin d'affinage construit en briques ou remplacé par une chaudière en fonte sous laquelle on fait un peu de feu; au bout de quelque temps, les saumons cessent de donner de l'étain, et laissent sur la sole un résidu formé d'un alliage très ferreux. On range alors de nouveaux saumons sur les restes des premiers, et l'on continue ainsi jusqu'à ce que le bassin de raffinage soit suffisamment rempli : sa grandeur est telle qu'il renferme 5000 à 6000^{kg} d'étain.

Alors commence la seconde opération du raffinage. On enfonce dans le bain d'étain des bûches de bois vert, que l'on maintient à l'aide d'un châssis fixé sur une potence tournante. Le dégagement de gaz qui en résulte produit un bouillonnement constant dans le bain, qui amène à la surface une sorte d'écume et facilite la tendance qu'ont les parties les plus impures et les plus lourdes à se précipiter au fond. L'écume, composée presque entièrement d'oxyde d'étain et d'une petite quantité d'oxyde de fer est enlevée et rejetée à mesure dans le fourneau. Lorsqu'on juge que l'ébullition a duré un temps suffisant, on retire le bois vert et on laisse reposer le bain. Il se sépare en différentes zones, d'autant plus pures qu'elles sont plus près de la surface. Lorsque l'étain est suffisamment refroidi, on le puise avec des poches et on le coule dans des moules en fonte. On conçoit que l'ordre de succession des saumons est celui de leur pureté; ceux qui proviennent du fond de la chaudière sont même ordinairement tellement impurs, qu'ils doivent être de nouveau soumis au raffinage, comme s'ils provenaient directement du minerai. La durée totale du raffinage est de 5 à 6 heures.

Chaque saumon d'étain qu'on soumet à la liquation laisse, comme nous l'avons dit, sur la sole du fourneau à réverbère, des crasses formées d'un alliage très ferreux. Lorsque la liquation d'une charge est terminée, on augmente le feu pour fondre les crasses restées sur la sole, et l'on fait couler l'alliage qui en provient dans un petit bassin à part. Cet alliage étant laissé en repos pendant quelque temps, la partie supérieure est coulée

ÉTAMAGE.

en saumons, qui sont de nouveau soumis au raffinage. Il se dépose, au fond du bassin et sur ses parois, un alliage blanc, aigre, à cassure cristalline, qui contient une si grande proportion de métaux étrangers qu'on n'en peut tirer aucun parti. Il en est de même d'un nouveau résidu, infusible même à la température actuelle du fourneau, qui reste sur la sole.

En résumé, d'après MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont, on peut évaluer ainsi qu'il suit le prix de revient des 400^k d'étain raffiné, obtenu au fourneau à réverbère :

457 ^k de minerai grillé et lavé.	494 ^{fr} ,37 ^c
475 ^k de houille.	2,20
main-d'œuvre et frais généraux.	7,80
Prix de revient des 400 ^k d'étain raffiné.	204 ^{fr} ,37 ^c

INDE. On rencontre dans la presqu'île de Malacca, l'île de Banca et quelques îles environnantes, du minerai d'étain d'alluvion très riche et très abondant; on le fond sans grillage préalable dans de petits fourneaux à manche analogues à ceux de Bohême.

Statistique. — La production totale de l'étain est annuellement d'environ 75,630^{tonnes} qui se répartissent ainsi qu'il suit :

Saxe (1840).	1245 ^{tonnes}
Bohême (moyenne de 1830 à 1844).	623
Angleterre. { étain en larmes.	3000 ^{tonnes}
{ étain commun.	37000
{ ensemble.	40000
Inde. { presqu'île de Malacca.	2386 ^{tonnes}
{ Banca et îles voisines.	31376
{ ensemble.	33762
Production annuelle de l'étain.	75630 ^{tonnes}

Le prix de l'étain varie en ce moment de 200 à 220 francs. P. DEBETTE.

ÉTAMAGE. L'étamage a pour but de recouvrir un métal facilement oxydable d'une couche d'un autre métal non oxydable. Ainsi l'on recouvre le fer d'une couche d'étain, de zinc, de plomb, pour le préserver de l'oxydation qu'il éprouve à l'air humide. Ainsi, encore, on recouvre les vases culinaires en cuivre d'une couche d'étain, afin d'éviter les dangers qui peuvent résulter de la formation des sels vénéneux de cuivre dans les différentes préparations où l'on emploie le vinaigre, où l'on fait cuire des herbes acides, etc.

Les procédés d'étamage ont, quant au but, une grande connexité avec ceux employés dans la dorure, l'argenture, et les autres dépôts métalliques, que nous avons décrits à l'article DORURE; ils en diffèrent essentiellement, quant au principe de l'opération. Dans les procédés de dorure, pour fixer le métal précieux sur le métal commun, il faut employer un intermédiaire, parce que les deux métaux à juxtaposer n'exercent point d'action l'un sur l'autre. Dans les procédés d'étamage, au contraire, les deux métaux à juxtaposer étant susceptibles de donner des alliages, il suffit d'appliquer un métal sur l'autre, convenablement décapé, pour que la soudure s'effectue, pour qu'il y ait adhérence entre les deux surfaces en contact.

Nous allons considérer successivement l'étamage du cuivre; celui de la tôle, qui donne le fer-blanc; celui de la fonte, auquel nous ajouterons les procédés propres à émailler cette matière; celui du fer, qui sera complété par la galvanisation ou zincage, et par le plombage de ce métal; enfin l'étamage des glaces.

Auparavant nous devons nous occuper d'une opération essentielle qui précède toujours l'étamage; nous voulons parler du décapage des surfaces métalliques destinées à être recouvertes de couches d'étain, de zinc ou de plomb.

Décapage. Toutes les parties de la surface qui ne seraient pas parfaitement décapées ne prendraient point l'étamage. Le décapage du cuivre se fait habituellement en saupoudrant de sel ammoniac la pièce chauffée, étou-

ÉTAMAGE.

dant et frottant au moyen d'une étoupe. L'oxyde dont la surface était revêtue se combine avec le sel ammoniac pour donner un sel double volatil que la chaleur enlève. Pour la tôle et le fer, on emploie aussi une dissolution d'un sixième d'acide hydrochlorique dans l'eau. M. Gouffier-Besseyre conseille fortement l'usage du chlorure double de zinc et d'ammoniaque. Ce sel s'obtient facilement par la combinaison équivalente à équivalent de chlorure de zinc et de sel ammoniac; il cristallise avec une grande facilité, tantôt en tables, tantôt en prismes, est très soluble dans l'eau, et se décompose par la chaleur en hydro-chlorate d'ammoniaque qui se sublime, et en chlorure de zinc qui se fond.

Ce composé est remarquable par la propriété qu'il possède de faciliter tellement l'étamage, qu'on peut très bien étamer du cuivre et du fer avec de l'étain, du plomb et du zinc; du zinc avec de l'étain ou du plomb, et même de l'étain avec du plomb, et réciproquement. Il met si bien à nu les surfaces métalliques sur lesquelles on en fait l'application, qu'aussitôt le contact il se produit des alliages fusibles qui déterminent l'étamage; c'est ainsi du moins que l'auteur s'explique la possibilité, par l'intermédiaire de ce sel, d'étamer une lame d'étain au moyen d'une lame de plomb, et réciproquement une lame du même plomb avec une lame du même étain.

Ce sel, dont la faible valeur permet un facile emploi, donne une si bonne qualité à l'étamage, que M. Besseyre a pu se servir, pendant plusieurs mois, d'une chaudière en tôle étamée avec du plomb seulement, pour faire cristalliser des liqueurs chargées d'acide sulfurique, sans qu'elle ait présente aucune apparence d'altération.

C'est surtout la dissolution de ce sel qu'il convient d'employer lorsque l'on veut étamer, car il est essentiel pour le succès de l'opération que les surfaces à étamer soient uniformément et très complètement recouvertes d'une couche de ce composé, ce qu'il est à peu près impossible d'obtenir quand on l'emploie en poudre.

En thèse générale, M. Besseyre pense que l'action qu'exerce le chlorure double de zinc et d'ammoniaque sur les métaux, dont il facilite les soudures à l'étain ou l'étamage, s'explique par la plus grande affinité du zinc pour l'oxygène que pour le chlore, tandis qu'au contraire les autres métaux (même le fer) ont une affinité plus grande pour le chlore que pour l'oxygène.

ÉTAMAGE DU CUIVRE. La pièce étant décapée, il faut la recouvrir du métal preservativeur. Pour cela, on promène l'étain en fusion sur la pièce chauffée, et on l'étale sur tous les joints avec de l'étoupe. Mais on n'obtient ainsi qu'une couche superficielle extrêmement mince d'étain, de telle sorte que ce métal étant bientôt emporté par le frottement, employé pour recourir les vases culinaires, on est dans la nécessité de renouveler souvent l'étamage.

Afin de faire cette opération à moindres frais, on emploie rarement l'étain pur; pour la plupart des usages on se sert d'un alliage contenant du dixième au quart de son poids de plomb. Dans ces proportions, l'emploi du plomb n'est pas dangereux. Toutefois cet alliage n'est pas plus résistant que l'étain pur, et M. Biberel lui a substitué avec avantage un alliage de 6 parties d'étain et de 4 partie de fer, sous le nom d'étamage polychrone. Cet alliage a l'avantage incontestable de produire un étamage d'une bien plus grande durée que celui obtenu par les moyens ordinaires. On l'obtient facilement en fondant d'abord l'étain, y projetant des rognures de fer, et chauffant jusqu'au rouge.

On reproche à cet alliage, qui a le grain de l'acier, d'être peu malléable à froid, cassant à chaud, et plus difficile à appliquer que l'étain ou l'alliage d'étain et de plomb, d'exiger une plus haute température pour se fixer, d'adhérer en couche plus épaisse sur les vases de cuivre, et d'être d'une couleur moins brillante

ÉTAMAGE.

MM. Richardson et Motte proposent de lui substituer un alliage composé :

Nickel.	0 ^h ,283
Rognures de fer.	0 ^h ,498
Étain.	4 ^h ,534

On fait fondre ensemble ces métaux avec un flux composé de 28 grammes de borax et 85 grammes de verre pilé. On obtient un étamage plus adhérent et plus blanc que le précédent.

ÉTAMAGE DE LA TÔLE. Le fer, exposé à l'air humide, a la propriété de se couvrir très facilement d'une couche d'oxyde qui augmente incessamment, de telle sorte que les pièces de fer peu épaisses ne tardent pas à se troubler. Aussi pour obvier à ce grave inconvénient, on fait adhérer à la surface de la TÔLE une couche d'étain, qui la change en *fer-blanc*, et l'on peut alors l'employer à une foule d'essais auxquels le fer ordinaire ne résisterait pas.

Pour fabriquer la tôle à fer-blanc, on se sert, en général, de fer préparé au charbon de bois; on lamine ce fer, suivant des dimensions qui dépendent de la puissance des machines, et on découpe ensuite la tôle à la cisaille, à cinq ou six dimensions en usage dans le commerce, et qui varient dans les divers pays. On en forme des caisses de 400, 200 et 225 feuilles.

Pour exécuter l'étamage, on commence par préparer le métal, par le décaper. Le décapage se fait au moyen de l'acide hydro-chlorique. Pour huit caisses de 225 feuilles chacune, on emploie 2 kilogrammes d'acide hydro-chlorique à 25° et 42 kilogrammes d'eau. On plie les feuilles en forme de Ω , et on les plonge, l'une après l'autre, dans l'acide, de manière que leurs deux surfaces soient bien mouillées par le liquide. Après cinq ou six minutes d'immersion, on passe dessous une barre de fer, et on les enlève trois par trois pour les porter dans le four à dessécher chauffé au rouge obscur. Lorsqu'elles ont atteint cette température, on les retire et on les laisse refroidir à l'air. Leur surface se découvre par la séparation d'écaillés d'oxyde qui s'en détachent. Alors un ouvrier les redresse, on saisit huit à dix avec sa pince et les frappe avec force contre un bloc en fonte, afin que tout l'oxyde disparaisse. On les passe ensuite sous un laminoir à cylindres durs de 43 à 48 centimètres de diamètre.

Les feuilles sont alors parfaitement unies; mais leur surface présente encore çà et là des taches noires. Pour les faire disparaître, on lessive les feuilles, en les tenant plongées pendant dix ou douze heures dans une eau légèrement acidulée par du son ou de la recoupe qu'on y a fait macérer durant huit à douze jours, et on les agite ensuite, pendant une heure, dans une autre eau renfermant quelques centièmes d'acide sulfurique, et contenue dans une caisse en plomb, divisée par compartiments dans chacun desquels se place une caisse de feuilles. Enfin, on retire rapidement les feuilles pour les placer dans de l'eau pure, où on les frotte avec de l'é-toupe et du sable, et où on les conserve ensuite jusqu'au moment de s'en servir. On peut les garder ainsi autant de temps qu'on veut, parce qu'elles sont à l'abri du contact de l'air, et parce que le fer ne se décompose pas l'eau à la température ordinaire.

Si, lorsque l'on veut pratiquer l'étamage, on plongeait immédiatement les feuilles dans l'étain fondu, il y aurait danger imminent d'explosion et de voir le métal fondu projeté hors du bain. D'un autre côté, quand on sèche les articles de fer qui sortent du décapage, les surfaces sont très sujettes à être attaquées et altérées par l'oxygène de l'air, au point que l'adhérence et la solidité de l'enduit métallique sont gravement compromises. MM. Morewood et Rogers proposent de faire sécher les objets en fer dans une atmosphère de vapeur, de manière à exclure, autant qu'il est pos-

ÉTAMAGE.

sible, la présence de l'air. Ils prétendent qu'on obtient ainsi des surfaces sèches infiniment plus aptes à recevoir la couche de métal au moment où on les plonge dans le bain, que quand on a recours aux autres moyens de dessiccation en usage jusqu'à présent.

Pour procéder à cette opération, on emploie une caisse fermée en fer, qui peut avoir 2 mètres de longueur, 0^m,45 de largeur et 4 mètres de profondeur, dimensions qui varient du reste suivant celles des articles sur lesquels on se propose d'opérer. Quand ce sont des feuilles ou des plaques qu'il s'agit de traiter, on place trois rateliers de fer à une distance entre eux de 0^m,50 en travers de la caisse; ces rateliers portent des barres verticales distantes entre elles de 25 millimètres, et entre lesquelles on place sur champ les feuilles ou plaques qui ne peuvent ainsi se toucher. Ces barres s'élèvent jusqu'au sommet de l'auge, mais ne descendent qu'à 45 centimètres du fond; elles sont aplaties, larges d'environ 36 millimètres, les bords tournés du côté des plaques pour s'opposer à toute espèce de contact entre elles. Si les articles ont toute autre forme que celle de feuilles, on se sert de rateliers sans barres verticales, ou, si on les emploie, on les met à une distance suffisante pour que les objets puissent être introduits entre elles. Au fond de cette caisse, on dépose du sel ammoniac sur une épaisseur de 7 à 8 centimètres, et dessous on allume du feu, de manière à chauffer le sel ammoniac et à le convertir en vapeurs qui remplissent la caisse et en chassent l'air atmosphérique.

Il est inutile de faire remarquer qu'on pourrait se servir de toute autre vapeur, pourvu qu'elle fût de nature à ne point affecter sérieusement le fer, et à chasser l'air en contact avec la surface des pièces qu'on veut dessécher; telles seraient celles que donnent le chlorure de zinc, et quelques autres sels; mais l'expérience a appris que le sel ammoniac était la meilleure substance qu'on pût employer pour cet objet.

Il est encore bon d'observer que, lorsqu'on a appliqué la chaleur, il faut bien avoir soin de n'élever la température qu'avec un certain degré de lenteur, afin de ne pas donner lieu à des pertes par une vaporisation trop rapide, puisqu'il ne s'agit simplement que de remplir la caisse de vapeur, et de chasser autant d'air atmosphérique qu'il est possible.

La préparation des feuilles de tôle étant suffisamment indiquée, nous devons nous occuper de celle de l'étain. On fait un premier bain de parties égales d'étain en saumons, provenant des minerais en roche, et d'étain en grains, provenant de minerais d'alluvion et qui est plus pur que l'autre; on ajoute au mélange 4 kilogr. de cuivre pour 70 kilogr. d'étain. Quand le métal est fondu, afin d'empêcher l'oxydation, on ajoute une quantité suffisante de sulfure ou de graisse, pour former sur le métal fluide une couche d'environ un décimètre d'épaisseur. La chaudière est chauffée au moyen d'un foyer placé au-dessous de son fond, et de conduits qui règnent autour de la surface extérieure; on porte la chaleur aussi loin qu'il est possible, sans enflammer la graisse qui couvre l'étain fondu.

À côté de cette première chaudière s'en trouve placée une autre, qui est remplie seulement avec de la graisse.

On commence par plonger les feuilles une à une dans la graisse, jusqu'à ce que la chaudière en soit entièrement remplie, et on les y laisse environ une heure. Les feuilles de fer sont mieux disposées alors à prendre l'étain. Au sortir de ce premier bain, on les plonge dans la chaudière à l'étain, avec la graisse adhérente à leur surface, et on a soin de les ranger dans une position verticale. On met ordinairement dans cette chaudière 340 feuilles, et on les y laisse au moins une heure et demie pour qu'elles soient bien étamées. Si on retirait les feuilles de tôle au bout d'un temps moins long, on

n'aurait qu'un fort mauvais étamage, parce que la surface du fer ne serait qu'à peine attaquée; il faut qu'il puisse se faire à l'endroit du contact des deux métaux un véritable alliage de fer et d'étain. Dans tous les bons fer-blancs cet alliage existe; on en a la preuve en exposant une feuille de fer-blanc à l'action de l'acide chlorhydrique étendu d'eau. L'étain étant dissous laisse la feuille de fer couverte d'un grand nombre de cavités, ce qui n'aurait pu avoir lieu si l'étain n'avait pas pénétré dans le fer, car les feuilles avaient été laminées, et avant l'opération de l'étamage elles présentaient une surface parfaitement unie.

En retirant les feuilles du bain d'étain, on les laisse s'égoutter sur une grille de fer; l'excès de ce métal se rassemble surtout à la partie inférieure des feuilles. En plusieurs points de leur surface elles retiennent aussi plus d'étain qu'il ne faut, et, en outre, de l'oxyde et beaucoup de crasse. Pour les nettoyer et enlever cet étain en excès, on procède au *lavage*. Le principe de cette opération consiste tout simplement à fondre, par l'application d'une chaleur brusque, le métal excédant et à le happer par des bains d'étain et de graisse, qui sont eux-mêmes la source de la chaleur.

Le laveur remplit presque entièrement une chaudière de fer avec le meilleur étain en grains fondu; une seconde chaudière contient du suif en fusion pur ou du lard exempt de sel; une troisième chaudière, non chauffée, ne renferme autre chose qu'un grillage à son fond pour recevoir les feuilles; et une quatrième, nommée chaudière à lisser, contient une couche d'étain fondu de l'épaisseur d'un centimètre seulement. Nous n'avons pas compté une première chaudière, qui n'a pas d'autre but que d'entretenir de l'étain à l'état de fusion, afin d'en avoir toujours de disponible et de pouvoir en mettre au besoin dans les chaudières suivantes, qui doivent en contenir plus ou moins.

Le travail s'effectue de la droite à la gauche, dans le bâtiment qui renferme l'appareil du lavage.

La chaudière à laver est divisée en deux compartiments par une cloison mobile. L'ouvrier enlève la cloison, et lorsque l'oxyde d'étain s'est rassemblé à la surface, il le pousse avec un ringard vers une extrémité et remet la cloison, afin que l'oxyde ne rentre pas dans l'autre compartiment où l'on donne la dernière immersion aux feuilles. L'oxyde et les crasses provenant du premier bain où l'on emploie de l'étain commun, se détachent des feuilles et remontent, au fur et à mesure de l'opération, à la surface du bain. L'ouvrier laveur s'en débarrasse en soulevant la cloison, et les refaisant refluer dans le premier compartiment. Quand on a lavé un certain nombre de caisses de feuilles, on enlève les crasses, en écumanant le bain, et remplaçant le déchet par l'étain parfaitement pur de la chaudière dont nous avons parlé en dernier lieu, et qui est destinée à cet objet. Dans le lavage on ne doit jamais se servir que de l'étain en grains. Tout l'étain commun qui est consommé dans cette fabrication est employé dans l'étamage proprement dit.

Le laveur retire un petit nombre de feuilles de la chaudière à laver, les place devant lui sur le fourneau, prend une feuille avec des tenailles qu'il tient de la main gauche, et avec une brosse de chanvre disposée pour cet objet, et qu'il tient de la main droite, il frotte un côté de la feuille. Il la retourne aussitôt, frotte l'autre, la plonge rapidement une seconde fois dans la chaudière à laver, pour faire disparaître les marques de la brosse, et la retire pour la plonger dans la chaudière à la graisse. L'étain superflu qui adhère à quelques parties de la surface, et qui y forme quelques ondulations, est enlevé par cette immersion, qui ne doit pas durer trop longtemps pour que trop d'étain ne se détache pas des feuilles, ce qui exigerait une troisième immersion dans le bain d'étain.

Au sortir de la chaudière à la graisse les feuilles sont placées dans le vase vide où elles se refroidissent. Il se forme alors sur le bord inférieur un bourrelet d'étain qu'on enlève au moyen de la dernière chaudière, nommée chaudière à lisser, et qui, comme nous l'avons dit, ne contient qu'une très petite quantité d'étain. On y place les feuilles, suffisamment refroidies, une à une sur leur bord inférieur; le bourrelet d'étain fond; l'ouvrier retire alors la feuille, et lui donne un coup vif avec une baguette; cette percussion fait tomber tout le métal excédant.

Pour que l'étamage soit bon, il est nécessaire qu'aucun point de la surface du fer ne soit libre; car, dans le cas contraire, la feuille s'oxyde bien plus facilement que si elle n'avait pas été étamée, lorsqu'elle vient à être mouillée par de l'eau, ou seulement lorsqu'elle se trouve dans de l'air humide. Le contact des deux métaux donne alors, en effet, naissance à un courant voltaïque qui hâte l'altération du fer. On dit que le fer-blanc qui présente quelques points non recouverts est *piqué*; on corrige ce défaut très grave, lors même que les points ne sont pas plus grands que des points d'épingles, par un battage qui ramène la couche d'étain voisine sur le point non suffisamment étamé.

C'est pour la même raison que le fer-blanc n'a aucune durée lorsqu'il a été coupé, et qu'on n'a pas passé de l'étain fondu sur tous les bords découpés pour les recouvrir. L'oxydation commence alors aux bords et s'étend avec une grande rapidité à toute la surface.

Dans toute la série des nombreuses opérations que nous venons de décrire, il y a une très grande quantité de déchets d'où il faut revivifier l'étain; on le fait par la *liqutation* et par le *raffinage*.

La quantité d'étain qui adhère au fer est proportionnelle à la surface, quel que soit d'ailleurs le poids des lames; une caisse de 225 feuilles de 35 centimètres sur 27 exige de 5^h,500 à 6 kilogr. Cela fait de 430 à 440 grammes d'étain par mètre carré de surface à recouvrir.

Le fer-blanc obtenu par les procédés précédents est connu sous le nom de fer-blanc *brillant doux*. On connaît aussi dans le commerce un fer-blanc sous le nom de *terne doux*; il se fabrique par les mêmes procédés que le premier, en employant un alliage de 2 parties de plomb contre 4 parties d'étain.

En se combinant avec le fer, l'étain détermine une cristallisation à grandes lames qui est dissimulée par une très légère pellicule d'étain qui recouvre la feuille de fer-blanc. Au moyen d'une eau acidulée par l'acide nitrique, l'acide hydro-chlorique, ou un mélange de ces acides, on dissout la pellicule, et la cristallisation reparait avec l'apparence d'un beau *moiré métallique*. Froust est le premier qui ait remarqué ce phénomène; ses expériences lui ont démontré que c'est l'étain le plus pur qui fournit les cristallisations les plus nettes. Les essais nombreux de M. Robiquet ont confirmé ce résultat. Le fer-blanc destiné à donner du moiré doit donc être fait avec de l'étain très pur; et de plus, afin que les cristaux soient assez volumineux, il faut que ce fer-blanc soit recouvert de couches d'étain plus épaisses que le fer-blanc ordinaire.

La fabrication du moiré métallique, rendue industrielle par M. Alard, a eu un moment une très grande importance; mais la vogue de ce produit est passée aujourd'hui. Toutefois, comme il est certain que le moiré viendra un jour à la mode, ainsi qu'il arrive à la plupart des produits industriels, nous pensons devoir indiquer sommairement les détails de sa fabrication.

On commence par frotter la feuille de fer-blanc avec un morceau d'étoffe de laine, pour déterminer quelle est la surface qui se moire le mieux, car l'une des faces de la feuille présente toujours une cristallisation plus belle que l'autre.

ÉTAMAGE.

Pour donner le moiré, on suspend horizontalement la feuille au-dessus d'un fourneau jusqu'à ce que l'étain s'échauffant preune une teinte jaune. On procède alors à une espèce de dégraissage avec une eau formée de 2 parties d'eau et de 1 p. d'acide sulfurique; on lave avec de l'eau pure qu'on fait couler dessus, on laisse égoutter, et on applique ensuite l'acide. Cette application se fait, soit avec une éponge, soit avec une espèce de brosse formée d'un morceau d'étoffe de laine tendu sur une planche. L'acide peut avoir une composition très variable. Les fabricants de moiré employaient l'une ou l'autre des compositions suivantes :

1 ^o 8 part. d'eau,	4 de sel marin,	2 d'acide nitrique;
2 ^o 8 —	2 d'acide nitr. 3	— hydro-chlorique;
3 ^o 8 —	1 — sulf. 2	— —
4 ^o 4 —	2 — nitr. 2	— —
5 ^o 3 —	2 — — 1	— —
6 ^o 3 —	1 — — 2	— —
7 ^o 8 —	4 — sulf. 0,1	— nitr.

Nous ne pensons pas qu'une de ces liqueurs mérite une préférence marquée sur une autre.

Quoi qu'il en soit, après le passage de l'acide, les cristaux présentent des lames fibreuses très larges, et très étendues, dont l'aspect est trop uniforme. On change cet aspect par des moyens qui peuvent varier à l'infini, mais qui ont tous pour principe le changement du moiré à grandes lames en un moiré à petites lames.

Moiré granitéux. La feuille de fer-blanc étant chauffée au point de mettre l'étain presque en fusion, on la saupoudre de sel ammoniac pour détruire l'oxyde formé, et on la plonge brusquement et obliquement dans l'eau froide.

Moiré satiné. La feuille étant chauffée comme précédemment, on plonge verticalement dans l'eau froide, par saccades qui varient de profondeur selon la largeur des apparences qu'on veut obtenir.

Moiré étoilé. Sur la feuille chauffée, on projette avec un balai de petites gouttes d'eau. Chacune d'elles, en s'évaporant, refroidit un point de la feuille et détermine un centre de cristallisation. Les cristaux offrent souvent alors l'aspect des nodules de malachite polie.

Dessins divers. En passant sur la surface de la feuille de fer-blanc, avant de la soumettre à l'action de l'eau acidulée, la pointe d'un petit cône de fer rougi qui ne fasse que l'effleurer, on peut tracer tels dessins qu'on veut, et qui, en vertu de la différence de cristallisation produite aux endroits touchés, apparaissent nettement lorsque l'acide a agi.

Dans tous les cas, quel que soit l'effet qu'on veut obtenir, il faut avoir soin de ne point trop prolonger l'action de l'acide qui mettrait en certains points la tôle à nu, et ensuite il faut de toute nécessité, pour préserver la surface moirée de toute oxydation ultérieure qui en détruirait l'éclat, la recouvrir d'une couche de vernis blanc ou coloré, que l'on a soin de poncer ordinairement pour le rendre plus mince, et pour que la lumière puisse continuer à se jouer sur les faces des cristaux. Le vernis au copal est celui qu'on emploie le plus ordinairement.

ÉTAMAGE AU PLOMB. Dans certaines circonstances on peut, dans l'étamage du fer, remplacer l'étain par le plomb; on obtient alors le *fer plombé*. Ainsi, on sait que les couvertures en zinc ont de graves inconvénients à cause de leur peu de solidité et de leur prix élevé; on sait aussi que les couvertures en plomb résistent mieux que celles en zinc, mais qu'elles sont encore plus coûteuses et chargent trop les bâtiments. On a eu l'idée dans l'importante fabrique de fer-blanc de Montataire (Oise), de fabriquer de la tôle de fer étamée au plomb pour cet usage; et tous les essais qu'on a faits ont complètement réussi. Le meilleur décapage que dans cette circonstance on puisse em-

ÉTAMAGE.

ployer pour la tôle, est celui de M. Golfier-Besseyre, que nous avons indiqué plus haut, et qui se pratique au moyen du chlorure double de zinc et d'ammoniaque.

Voici le procédé donné par MM. Morewood et Rogers, pour la fabrication de la tôle étamée avec du plomb ou tout autre alliage convenable dans lequel le plomb domine.

Disons d'abord qu'il ne s'agit ici que d'un alliage de plomb et d'étain, dans lequel l'étain n'entre que dans le rapport de 15 p. 100, et que nous n'ignorons pas qu'on a déjà enduit le fer de plomb combiné à l'étain, mais que dans ce cas ce dernier métal entrerait dans l'alliage pour une portion très considérable. Quoi qu'il en soit, c'est un fait avéré que le plomb seul ou le plomb légèrement allié d'étain ne saurait être employé avantageusement pour enduire la tôle, lorsqu'on se sert d'huile ou de suif pour couvrir le bain, attendu que la température de fusion du plomb seul ou du plomb légèrement allié d'étain décompose rapidement ces matières grasses.

Il faut donc chercher un autre flux ou matière préservatrice, et on le rencontre dans le sel ammoniac ou le chlorure de zinc, sans mélange aucun de matières grasses, qu'on applique sur le bain contenant le métal ou l'alliage en fusion, qui consiste principalement en plomb, ou si c'est du plomb et de l'étain qui ne renferme pas plus de 15 p. 100 de ce dernier métal.

Il est préférable d'employer un mélange des deux sels dans la proportion de trois parties de sel ammoniac contre deux parties de chlorure de zinc sans matières grasses, ou bien celui d'une partie de sel ammoniac toujours avec ou sans introduction d'une partie d'huile ou de suif.

Les feuilles de tôle sont plongées dans le bain à la manière ordinaire. Seulement lorsqu'on applique le flux préservateur sur le bain, on introduit les sels séparément et on n'en opère le mélange qu'à la surface de ce bain.

On parvient ainsi à plomber les tôles ou bien à les recouvrir d'un enduit consistant principalement en plomb et dans lequel l'étain n'entre pas pour plus de 10 p. 100, en donnant toutefois la préférence au plomb sans alliage, pour l'appliquer sur le fer qui a reçu préalablement une couche de quelque autre métal, tel que l'étain, puis une couche de zinc ou d'un alliage de zinc, cas dans lequel on procède ainsi qu'il suit.

Le plomb étant fondu dans un vase en fer de dimensions convenables, on couvre sa surface avec le flux préservateur, tel par exemple que celui composé de deux parties de chlorure de zinc et environ une partie d'huile ou de suif avec ou sans une petite dose de sel ammoniac, et qui réussit très bien. Cela fait, on plonge les objets qu'il s'agit d'enduire dans le métal en fusion jusqu'à ce que leur surface ait acquis la même température que celle du bain; en cet état on les enlève avec lenteur de ce bain et peu après on les plonge dans l'eau. Enfin on les frotte avec une brosse ou de la sciure de bois pour enlever le flux qui peut adhérer à leur surface et pour les sécher. La température du bain ne doit pas s'élever beaucoup au-dessus du point de fusion du plomb; autrement, le zinc serait disposé à s'enlever à la surface de l'article qu'on veut enduire de plomb. La meilleure méthode pour s'assurer que le plomb est à la température convenable, consiste à prendre un petit barreau de zinc allié de 5 p. 100 d'étain et à l'introduire dans le bain; s'il fond avec rapidité, le bain est trop chaud; s'il ne fond pas, le bain est à peu près à la température convenable.

Il faut avoir soin que les articles ne restent pas dans le bain au-delà du temps nécessaire pour se charger d'une couche suffisamment épaisse de plomb.

Lorsqu'on veut donner de la dureté à cet enduit de plomb, on peut l'allier avec une petite quantité d'antimoine, mais cette addition augmente les frais.

ÉTAMAGE.

ÉTAMAGE AU ZINC. On étame le fer avec le zinc comme avec l'étain, en plongeant le fer réduit en feuilles et bien décapé par l'un des procédés que nous avons donnés, dans du zinc fondu, et le retirant très peu de temps après. Il y a pénétration du fer par le zinc, et cette pénétration est telle que l'alliage formé fondrait si l'immersion durait un temps assez long. Le produit obtenu présente un avantage réel pour certains usages et est préférable au fer-blanc ordinaire. Les deux métaux, fer et zinc, sont susceptibles d'être altérés par l'eau; mais une action galvanique est produite, et le fer, négatif par rapport au zinc, est alors moins oxydable que ce métal. Le zinc s'oxyde donc dans l'eau et protège le fer; mais, en outre, il donne un oxyde qui fait vernis, tandis que l'oxyde de fer tombe; ce vernis empêche l'oxydation de continuer. Les avantages du fer zingué, qu'on a appelé FER GALVANISÉ, sont bien reconnus aujourd'hui, et par exemple, dans la marine, on emploie avec succès les clous galvanisés. La découverte de ce produit date de 1742, mais elle était restée dans l'oubli, et ce n'est que dans ces dernières années, que M. Sorel, par des expériences suffisamment décisives, a démontré toute son importance. Nous rendrons donc toute justice à M. Sorel, car il a rendu un immense service à l'industrie en faisant voir expérimentalement que le zinc préservait le fer, tandis que Malouin, le premier inventeur du fer galvanisé, n'avait point constaté l'excellence du produit dont il a indiqué la préparation. Les moyens de préparation du fer galvanisé imaginés par M. Sorel sont l'objet d'un brevet d'invention; nous n'en parlerons donc pas. D'ailleurs, nos lecteurs trouveront assez de renseignements dans le passage suivant extrait du Mémoire de Malouin (Mémoires annexés à l'histoire de l'Académie royale des sciences, 1742, pag. 110). « L'analogie que j'apercevais entre le zinc et l'étain, dit Malouin, me conduisait à chercher les moyens de blanchir superficiellement le cuivre par une couche de zinc, comme on l'étame ordinairement; la même chose m'encourageait aussi à tâcher de faire du fer blanc avec le zinc comme on le fait avec l'étain: je souhaitais d'autant plus y réussir, que j'imaginai que le zinc donnerait un blanchiment plus parfait que ne le donne l'étain, parce que le zinc étant beaucoup plus dur, doit être beaucoup plus difficile à user; d'ailleurs le zinc se fondant bien plus difficilement que ne fait l'étain, le blanchiment des vaisseaux fait avec le zinc résisterait bien plus au feu que ne fait leur blanchiment fait avec l'étain; enfin l'étain a la mauvaise qualité de noircir les doigts et le linge lorsqu'on l'essuie, ce que ne fait pas le zinc; l'étain a aussi une odeur qui n'est pas agréable, le zinc n'a point d'odeur du tout. Invité par les apparences de ces avantages du zinc sur l'étain, je m'animai à chercher les moyens de faire le blanchiment du fer et du cuivre avec le zinc, comme on le fait avec l'étain, et j'y ai réussi. Le Mémoire que M. Réaumur donna en 1725, sur les principes de l'art de faire du fer-blanc, m'a servi de guide dans les différents essais que j'ai été obligé de faire avant que de trouver le secret de faire le fer-blanc avec le zinc au lieu de l'étain: le moyen qui m'a le mieux réussi pour cela, a été celui du sel ammoniac. Il faut avant toutes choses rendre son fer bien net, ensuite le tremper dans la dissolution de sel ammoniac, et le plonger dans du zinc fondu, d'où on le retire aussitôt: on a par ce moyen un fer-blanc dont le blanchiment paraît tenir au fer encore plus fort que n'y tient celui qu'on fait avec l'étain.

« Ayant vu que le blanchiment du fer pouvait se faire avec le zinc comme avec l'étain, j'espérai que je pourrais aussi faire celui du cuivre par le même moyen; j'ai fait les mêmes essais pour blanchir le cuivre avec le zinc, que j'avais faits pour blanchir le fer; j'ai trouvé que le zinc s'attache au cuivre comme au fer,

ÉTAMAGE.

et qu'il s'y attache pour le moins aussi bien que le fait l'étain. Il faut, après avoir décapé le cuivre avec de l'eau-forte, employer le sel ammoniac comme on l'emploie pour le fer avant que de le mettre dans le zinc fondu.

« Après m'être ainsi assuré que le zinc s'attache aussi bien au cuivre que le fait l'étain, je ne doutai pas qu'on ne pût blanchir la surface intérieure des vaisseaux de cuivre avec le zinc, aussi aisément qu'on les étame ordinairement; mais je me trompais en cela, parce que, lorsqu'il s'agit de blanchir des vaisseaux en dedans, la préparation de ces vaisseaux, soit de cuivre, soit de fer, ne suffit pas; il faut outre cela y étendre également et y conduire avec la main l'étain ou le zinc fondu, ce qui est plus difficile que d'y plonger seulement une feuille ou de fer ou de cuivre.

« Les ouvriers en étamage ne peuvent se persuader qu'il soit possible d'employer pour leur ouvrage d'autre métal que l'étain et ceux que j'ai engagés à employer du zinc au lieu d'étain n'ont jamais voulu prendre dans leur travail avec le zinc des précautions différentes de celles qu'ils prennent lorsqu'ils étament à l'ordinaire: cela m'obligea d'essayer à étamer moi-même.....

« Les obstacles que je trouvais à surmonter dans cette opération, venaient de ce que le zinc ne s'étend point qu'il ne soit bien fondu et qu'il ne soit entretenu bien chaud; c'est pourquoi il fallait que je fisse bien chauffer le vaisseau de cuivre que je voulais blanchir. Mais après avoir versé le zinc bien fondu dans un vaisseau qui était bien chaud sur un feu de charbon, lorsque je venais à étendre le zinc avec la main, le feu venait à l'étoûper par la résine qui s'enflammait, et cela en rendait l'opération impraticable..... Mais dans une seconde opération, n'ayant point mis de résine à l'étoûpe, le feu n'y prit point; or, il ne faut point de résine à l'étoûpe, quand on a soin d'employer du sel ammoniac dans le décapage. »

Nous n'avons besoin de rien ajouter à la description de Malouin; la résistance inerte contre l'emploi du zinc, qui est venue de la part des ouvriers ne voulant point renoncer à leurs méthodes habituelles, est un fait qui se présente trop souvent pour qu'on ne comprenne pas comment il fallut un siècle pour que son invention fût appliquée par des ouvriers non formés en corporations comme autrefois. Si les anciennes maîtrises eussent encore existé, M. Sorel n'eût point été admis à fabriquer le fer galvanisé.

Le zinc dont on fait usage doit être parfaitement pur, et si on le fait fondre dans des creusets de terre, ces creusets doivent être, surtout si les objets ne sont pas d'un grand volume, renfermés dans d'autres creusets de fer ou de fonte, en remplissant l'intervalle compris entre les deux creusets avec du sable fin ou du plomb. Quand on emploie directement des creusets de fer ou de fonte, il se forme un alliage de fer et de zinc qui perfore les creusets en peu de jours et les met hors de service. Pour obvier à cet inconvénient, on met du plomb au fond du creuset, on munit le creuset d'un anneau de fer qui descend jusqu'au bain de plomb et on remplit avec de l'argile le vide cylindrique qui existe entre l'anneau et le creuset. Le zinc ne se combine pas avec le plomb et aurnage; il n'attaque que l'anneau de fer qu'on remplace quand il est hors de service.

On chauffe les creusets avec du coke ou du charbon de bois.

On préserve le bain de zinc de l'oxydation en le couvrant d'une couche de sel ammoniac, ou bien d'un flux formé de résine ou de carbonate de soude.

Quand ce sont de gros objets que l'on veut zinguer on doit les chauffer d'abord dans un four à réverbère ou autre, après qu'ils ont été décapés à l'acide et récurés. Les vis ou autres objets auxquels on ne veut pas que le zinc prenne, sont recouverts d'une légère couche d'ar-

ÉTAMAGE.

gile, et quand il y a des cavités ou des trous, on les bouche avec des chevilles ou des pièces de bois.

Pour effectuer le zincage des clous et autres articles du même genre, on les place d'abord dans un panier en fil de fer, ou dans un vaisseau de forme quelconque percé de trous. Le panier ou vaisseau est alors plongé dans le zinc liquéfié et le bain de métal couvert avec une couche de sel ammoniac. Le panier étant enlevé du bain est secoué avec soin afin de détacher des objets le zinc en excès. On peut aussi, dans le même but, jeter ces objets dans un cylindre percé de trous tournant sur son axe et qui a été chauffé à un degré de chaleur suffisant pour empêcher toute quantité superflue de zinc d'adhérer dans les trous ou cavités. Tous les objets sont d'ailleurs jetés dans l'eau, à un moment opportun que l'habitude fait connaître, afin que par un refroidissement subit le reste du zinc excédant s'en détache.

Pour finir les objets assez considérables, on fait disparaître par la lime ou par le grattoir toutes les inégalités qui se trouvent dans la surface. Ensuite on donne le poli par de la pierre-ponce ou du grès, en terminant par du cuir ou du liège.

Enfin, on achève de rendre la couche de zinc complètement préservatrice en recurant les surfaces zinguées avec du sablon humide, puis en les humectant avec un chiffon trempé dans une solution de sel ammoniac, ce qui engendre, à ce qu'il paraît, un vernis très solide.

On conserve aussi les surfaces de fer par un enduit formé de zinc en poudre et d'une substance onctueuse, et que l'on appelle **PEINTURE GALVANIQUE**. Pour préparer la poudre de zinc, on place ce métal dans un fourneau à réverbère; on lute avec soin toutes les ouvertures qui pourraient donner passage à l'air, et on porte peu à peu le zinc fondu jusqu'à une température voisine du rouge. Alors on ouvre la porte de travail du fourneau, on écume le bain de zinc et on y jette le dixième de son poids de limaille de fer forgé humecté avec de l'acide hydro-chlorique, auquel on a ajouté un peu de sel ammoniac; on a soin d'agiter pendant tout le temps. Après l'introduction de la limaille, la surface du zinc est recouverte avec du charbon en poudre fine, et la température portée au rouge cerise ou à peu près. On maintient le zinc à cette température durant une heure environ en l'agitant de temps à autre avec un ringard. On verse ensuite le métal dans une auge en brique, en terre ou en fonte, et on le préserve du contact de l'air avec un couvercle de fonte. On l'agite au moyen d'une spatule en fer qui passe par une ouverture percée dans le couvercle, jusqu'à ce que, par le refroidissement, il devienne assez solide pour ne plus être remué. Il peut alors être réduit en poudre, ce à quoi l'on voulait arriver en en faisant un alliage avec du fer.

On prépare une très bonne peinture avec cette poudre en la mélangeant avec l'huile obtenue par la distillation du goudron de gaz à laquelle on ajoute un tiers d'essence de térébenthine. Quand on emploie l'huile ordinaire de la peinture, on ajoute un peu de céruse pour donner de la consistance au mélange. Les proportions dépendent des substances avec lesquelles la poudre de zinc est mélangée, ainsi que de l'usage auquel la peinture est destinée.

On fait aussi avec la même poudre de zinc une pâte qui peut être employée à préserver les objets en cuivre, acier, fer limé ou poli, qu'on en frotte tout simplement. Cette pâte se compose de cire fondue à laquelle on ajoute dix fois son poids de zinc en poudre et environ un 50^e de suif ou d'huile.

ÉTAMAGE DE LA FONTE. L'étain pur s'applique difficilement sur la fonte, et n'adhère pas assez sur le métal pour donner un étamage solide et durable. M. Budi a découvert un alliage qui non seulement adhère avec force à la fonte, sans qu'il soit nécessaire de tourner celle-ci, et après l'avoir seulement récurée avec du sable,

ÉTAMAGE.

mais qui de plus est plus fusible, plus dur et plus blanc que l'étain.

La fonte étamée s'introduira de cette manière dans une foule de ménages, et pour des opérations où on l'avait repoussée jusqu'à présent; mais, il y a plus, l'alliage de M. Budi pourrait être aussi employé au lieu d'étain pur, à cause de sa dureté et de sa blancheur, dans l'étamage du cuivre, parce que cet étamage serait plus solide et plus beau que l'étamage ordinaire sans coûter davantage.

Il se rapproche du reste beaucoup de l'étamage polychrome dont nous avons parlé plus haut.

Quoi qu'il en soit, l'alliage pour la fonte se compose, sur 400 parties, de :

Etain.	89
Nickel.	6
Fer.	5
	<hr/>
	400

Cet alliage se dissout complètement dans l'acide hydro-chlorique.

MM. Morewood et Rogers, qui se sont beaucoup occupés de l'art d'enduire et recouvrir le fer avec d'autres métaux, et que nous avons déjà cités, ayant entrepris de recouvrir la fonte avec des métaux ou des alliages, ont fait une remarque qui peut avoir de l'importance : c'est que, quand on coule la fonte dans des moules en métal, l'objet que l'on produit peut être revêtu, avec un autre métal, d'une manière plus satisfaisante qu'il n'est possible de le faire lorsque les objets à enduire ont été coulés à la manière ordinaire.

Au lieu d'étamer la fonte, il est assez avantageux de l'**ÉMAILLER**. Cette fabrication a été essayée en France; mais la mode n'a pas encore voulu des produits qu'elle a donnés. Il n'en est pas de même en Allemagne, où plusieurs usines fabriquent une assez grande quantité de fonte émaillée, qui donne des vases et ustensiles d'un usage précieux pour la cuisine.

Les objets doivent être coulés en fonte douce, homogène et non poreuse, et ne présenter ni pailles, ni crevasses, ni soufflures; la fonte grise à grains fins convient assez. Les pièces ayant été choisies doivent être débarrassées avec du grès ou à la lime, de tous les corps étrangers, tels que sable, argile, scories, charbon, qui peuvent y adhérer mécaniquement. Quand on soupçonne que leur surface a pu être imprégnée de quelque matière grasse, on doit les soumettre préalablement à la chaleur du rouge naissant; mais le plus ordinairement cette opération n'est point nécessaire.

On procède ensuite au décapage, qui se fait en remplissant les vases avec de l'acide acétique provenant de la fermentation du vin ou de la distillation du bois, ou bien avec la liqueur acide provenant de la fermentation de grain moulu. L'atelier du décapage doit être entretenu à une température de 25 degrés, et on détache plusieurs fois la couche d'oxyde qui se forme sur la surface des vases, afin que l'action soit plus rapide. Il faut environ 42 heures pour que le décapage soit parfait.

Après le décapage on procède au recurage; on plonge les objets dans l'eau tiède, et on frotte les surfaces à émailler avec de la chaux maigre en poudre; on lave ensuite à l'eau froide, et on sèche rapidement dans la moufle d'un fourneau, au sortir duquel on les laisse refroidir jusqu'à environ 80 degrés, et à ce moment on les recouvre d'émail.

Cet émail se compose de *couverte* et de *verniss*. La *couverte* s'obtient de la manière suivante : on broie et on mélange intimement, au moyen d'une grosse molette, 5 parties en poids de silice pure très blanche et très fine, obtenue par la réduction en poudre de roches quarzeuses ou de cailloux de rivière blancs, avec 8 parties de borax pulvérisé. On met le mélange dans un creuset réfractaire, qu'on introduit dans un fourneau à moufle susceptible d'être porté à une température rouge. Quand

le borax est fondu dans son eau de cristallisation, et que toute l'eau s'est évaporée, on coule la masse dans un plat, et on prépare une nouvelle quantité de ce flux. On le pulvérise finement, on en remplit les 5/6 d'un creuset, et cette fois on le maintient durant 1 heure à une bonne température rouge. On laisse refroidir le creuset, on le casse, on nettoie la masse intérieure des fragments de creuset qui peuvent y adhérer, on la chauffe dans une capsule au rouge brun, et on la plonge brusquement dans l'eau froide. Elle devient très friable, et on la réduit en poudre fine. Cette poudre est alors mélangée avec le quart de son poids d'argile blanche, à laquelle on ajoute quelquefois la moitié de son poids d'oxyde d'étain. Cette argile et l'oxyde d'étain doivent donner l'opacité à l'émail.

Le vernis consiste en un verre formé de 6 parties de silice, 3 de borax et 2 de soude, la soude et le borax ayant été calcinés. Le verre étant formé par les moyens ordinaires, on le réduit en poudre.

Quand on veut appliquer l'émail, on forme une pâte de la couverte dans de l'eau purgée d'air par l'ébullition, et qui est à la température de 40 degrés environ, de manière à obtenir la consistance d'un sirop de sucre ordinaire. 3 kilogr. de couverte en poudre, délayés dans un vase de 4 à 5 litres de capacité, suffisent pour émailler 50 pots ou casseroles de 1 1/2 à 2 litres de capacité. Dans un de ces pots on verse 15 à 16 centilitres de la bouillie, entretenue à une température constante et toujours remuée. Avec un pinceau on étend vivement cette bouillie sur la surface à émailler, qui est à la température de 75 degrés. Quand la pièce s'est refroidie jusqu'à 30 degrés, on fait tomber la matière excédante. Il doit être resté sur tous les points de la paroi une couche qui varie de 1 1/2 à 2 1/2 millim. d'épaisseur, et qu'on a rendue uniforme par quelques secousses convenables imprimées au vase. On essuie avec une bande de cuir le bord interne de la pièce, sur une hauteur de 3 millimètres environ, afin que l'émail ne s'étende pas sur le bord intérieur, et on répand ensuite le vernis, réduit en poudre fine, en le tamisant à travers un sac de batiste fine, qu'on tient à environ 10 centimètres au-dessus de la surface. Toutes les parties enduites de la couverte retiennent une couche d'environ 2 millimètres d'épaisseur.

Avant de procéder à la cuisson de l'émail, on laisse les pièces sécher dans un endroit chauffé, et on les porte peu à peu jusqu'à la température de 400 degrés. On les range ensuite dans une moufle en fonte fermée par une plaque de tôle, et qui doit être placée dans un fourneau qui lui a déjà donné la température de la fusion du laiton. On chauffe jusqu'au rouge, afin de mettre l'émail en fusion. On laisse alors refroidir lentement pour que la couche d'émail ne se fendille pas. Quand la température est arrivée à environ 400 degrés, on revêt extérieurement le vase d'une couche de vernis noir.

ÉTAMAGE DES GLACES. C'est au moyen d'un amalgame d'étain qu'on étame ordinairement les glaces, afin que la quantité de lumière qui les traverse ne soit pas perdue pour la réflexion.

La lame de verre, lorsqu'elle sort de la verrerie, est rugueuse à la surface; on commence donc par la polir. Le polissage s'effectue d'abord avec du grès grossier, ensuite par de l'émeri ou corindon, et on finit par frotter avec du colcothar. La lame doit être usée de telle sorte que ses deux faces soient parallèles, autant que possible. Ce premier travail s'est effectué en plaçant la glace sur une plaque métallique.

Cette opération faite, on prend une feuille d'étain de la dimension de la glace; on l'a obtenue par le battage. Elle doit être d'une seule pièce afin qu'il ne se produise aucune raie dans la glace. On a une table de marbre parfaitement dressée, entourée d'un cadre en bois et garnie de rigoles et deux trous, et mobile sur un genou

pour recevoir l'inclinaison nécessaire. Quand on a mis cette table dans une position parfaitement horizontale, on y étend la feuille d'étain au moyen d'une patte de lièvre. On la dégraisse ensuite au moyen d'un peu de mercure qu'on promène avec la même patte sur toute la surface. On verse ensuite une couche de mercure dont l'épaisseur varie de 4 à 6 millimètres.

Les opérations préliminaires exécutées, on place la lame de verre à l'extrémité de la feuille d'étain, de manière que ses bords poussent devant eux le mercure en excès qui s'écoule par les rigoles pratiquées dans la table. La glace, en se transportant parallèlement à elle-même, a chassé une grande partie du mercure sans laisser aucun vide entre elle et la lame d'étain, et toutes les impuretés du mercure qui se trouvent à la surface sont ainsi expulsées.

La glace presse déjà par son poids sur l'amalgame formé; on ajoute en outre des blocs de plâtre qui exercent une pression plus forte, et on penche un peu la table, pour que son inclinaison facilite l'écoulement du mercure. Au bout de quinze ou vingt jours la lame d'étain a pris tout le mercure qu'elle pouvait prendre; le mercure en excès a disparu, et on a un amalgame à proportions définies contenant 4 parties d'étain pour 1 de mercure.

Lorsque quelques irrégularités se manifestent dans la glace, tout l'ouvrage est à recommencer, c'est-à-dire qu'on ne peut pas corriger; mais l'étamage peut être enlevé facilement, et on en retire sans peine et l'étain d'une part, et le mercure d'autre part, par la volatilisation.

L'humidité étant une des grandes causes d'altération du tain des glaces, on a cherché à parer à ces inconvénients en recouvrant le tain d'une couche de vernis, qui doit être assez élastique pour ne pas se fendiller par les changements de température. Cette condition est assez difficile à remplir, et c'est pourquoi l'amélioration dont nous parlons n'est point encore acceptée.

On a cherché aussi à étamer les glaces avec divers alliages de plomb et d'étain; mais l'application ne pouvant avoir lieu qu'à chaud, compromet le sort des glaces, et cette indication n'a pas été adoptée.

Les procédés galvanoplastiques conduiront peut-être un jour à supprimer l'emploi du mercure dans cette industrie fort dangereuse pour la santé des ouvriers. Nous montrerons à l'article GALVANO-PLASTIE comment il pourra se faire que cet important perfectionnement se réalise. L'électricité est une force bien puissante que l'homme s'essaie seulement encore à mettre en jeu; il est loin d'en avoir tiré tout le parti possible. Nous avons fait connaître à l'article DORURE les moyens d'étamer et de zinguer les métaux en se servant de dissolutions décomposées par le courant voltaïque; c'est pour cela que nous ne sommes pas revenu sur cet objet dans tout ce que nous avons dit de l'étamage.

BARRAL.

ÉTAMAGE AU ZINC ET AU PLOMB. Nous donnerons ici, d'après le mémoire de l'inventeur, M. Rabatel, de Lyon, la description d'un nouveau produit qui offre des avantages spéciaux. Il l'emploie surtout pour couvertures de maisons, sous formes de losanges attachés par un sommet aigu au voligeage, et agrafés latéralement par des plis en équerre (deux côtés en dessus et deux en dessous).

La fabrication de ce produit nouveau est analogue à celle du fer-blanc. Laissons parler l'inventeur :

« *Grave défaut du fer zingué.* On savait depuis longtemps que la grande oxydabilité du zinc le rendait attaqué par tous les acides (gazeux ou liquides), même par les plus faibles; aussi, dans la pratique, a-t-on reconnu que dans tous les cas où le zinc n'est pas applicable, le fer recouvert de zinc ne l'est pas davantage.

« On a vu des faits curieux produits par cette action des acides, faibles en degré et en volume, sur le zinc ou sur le fer zingué.

« Dans les locaux sujets à des dégagements de vapeur d'eau, qui pénètre les planches sur lesquelles reposent les feuilles de zinc ou de fer zingué, cette vapeur se mêle à l'acide pyroigneux, et, en se condensant, suinte à travers les pores du bois : cela suffit pour ronger ces métaux en quelques mois. C'est surtout lorsqu'on pose une couverture en zinc ou en fer zingué sur du chêne que cette destruction est certaine.

« Les couvertures de bâtiments et les articles de fumisterie, soumis à l'action des gaz acides dégagés par la fumée du bois, de la houille, et surtout du coke; les tuyaux de descente qui reçoivent les eaux ménagères, chargées d'acides alimentaires, ou ceux placés dans des terres ou dans des eaux minérales renfermant quelques traces d'acides; les objets exposés aux émanations acides des fabriques; les vases contenant des substances légèrement acidulées, etc., etc., ont été, toujours et partout (plus ou moins rapidement, selon la force des acides et selon la nature du milieu où ils étaient placés), attaqués, oxydés, détruits.

« Cela devait être, puisque la surface de la tôle galvanisée n'est autre chose que du zinc. L'action destructive exercée par les acides sur ce corps isolé est la même lorsqu'il recouvre le fer; il y a plus, on peut supposer que cette action doit être encore plus énergique, à cause de l'état électro-positif dans lequel se trouve le zinc lorsqu'il est mis en contact avec le fer.

« L'administration des ponts-et-chaussées sait combien les couvertures en zinc ou en fer zingué, placées sur les toits de remises à locomotives, ont été promptement altérées et criblées de trous par l'acide sulfureux que dégage le coke en combustion. Il a été facile de remarquer que les portions les plus endommagées étaient celles qui se trouvaient dans la direction des courants d'air régnants. »

Les observations qui précèdent semblent conduire à remplacer le zinc par un métal moins attaqué aux acides, le plomb, par exemple. C'est en effet sous l'influence de ces idées qu'on a tenté le plombage de la tôle, l'étamage au plomb dont nous avons parlé plus haut. Mais l'expérience a détruit toutes les espérances que l'on avait fondées sur ce nouveau produit, comme on aurait dû le prévoir. Le fer-blanc, la tôle plombée, s'attaquent avec facilité à l'air humide, parce que ni l'étain ni le plomb n'exercent sur le fer l'action préservatrice de l'oxydation qui est due au zinc.

Réunir les avantages des deux procédés était un progrès important à réaliser. Voici comment l'expose l'inventeur :

« Conservation du fer zingué par le plombage au l'étamage. Comme nous venons de l'établir, le défaut capital, nous dirons même le seul défaut du fer zingué, est son attaquéabilité par les acides. Ce fait reconnu depuis longtemps, par ceux qui se sont occupés de galvanisation, a conduit tout naturellement à l'idée d'appliquer sur la couche de zinc un métal qui pût résister aux acides.

« Cette idée a été suivie de l'invention de divers procédés manufacturiers, au moyen desquels on dépose sur le fer zingué, soit le plomb, soit l'étain, soit le cuivre; s'il le fallait même, on pourrait superposer des couches de ces différents métaux les unes sur les autres.

« Ces couches sont régulières, uniformément réparties sur toute la surface de l'objet zingué, et elles y sont très adhérentes.

« La couche recouvrante garantit le fer zingué de la corrosion des acides, et de plus, elle lui communique ses propriétés spéciales.

« On obtient, par cette combinaison, un produit

doué de la ténacité et de la malléabilité du fer, lequel prend en retour les propriétés de durée et de résistance aux influences extérieures que possède le métal formant la dernière couche recouvrante. La fonction de la couche de zinc interposée (fonction que ce métal est seul apte à remplir) est de garantir le fer de l'oxydation.

« Ainsi préparé, le fer peut même, dans beaucoup de cas, remplacer avec avantage les métaux recouvrants dont nous venons de parler.

« Ajoutons, et ceci est très important, que cette préparation équivaut à la création d'un nouveau métal propre à des applications spéciales auxquelles ne conviendraient ni le fer ni les autres métaux isolés (1).

« En résumé, dit-il, 1^o aucune peinture ou vernis ne peut empêcher que le fer soit détruit par la rouille;

« 2^o Lorsque deux métaux sont en contact, le plus oxydable constitue celui qui est le moins à l'état électro-négatif, et, en absorbant l'oxygène, préserve l'autre de l'oxydation;

« 3^o En conséquence, le plomb ou l'étain appliqués directement sur le fer, pour en empêcher l'oxydation, ne peuvent produire ce résultat, puisqu'ils sont moins oxydables que ce dernier métal. Ce sont eux, au contraire, qui seraient garantis aux dépens du fer, si celui-ci en s'oxydant ne détachait pas et ne brait pas la couche recouvrante;

« 4^o Le zinc, qui est plus oxydable que le fer, possède seul cette précieuse propriété d'attirer à lui l'oxygène, et de le détourner du métal qu'il recouvre;

« 5^o Par un privilège spécial, l'oxydation du zinc, loin de le détruire, le conserve au contraire; mais ce métal a le défaut capital d'être attaqué par tous les acides, même par les plus faibles;

« 6^o Le moyen de mettre le fer zingué à l'abri de cette cause de destruction consiste à le recouvrir d'une couche de plomb ou d'étain;

« 7^o Cette superposition de métaux, combinée d'après leurs lois physiques et chimiques, constitue un produit composé, qui a les qualités de chacun des métaux composants, sans en avoir les défauts. »

Cette fabrication curieuse ne laisse pas que d'offrir d'assez grandes difficultés, par la nécessité de trouver le point exact où le zinc se recouvre d'une couche de plomb d'épaisseur convenable. Si le bain de plomb (recouvert de chlorure de zinc) est trop chaud et l'action trop prolongée, il se fait un véritable lavage du zinc qui est complètement dissous dans le plomb; il n'en reste plus sur la tôle. Il y a donc une température convenable pour que l'opération s'effectue le mieux.

ÉTAU (*angl. vice, all. schraubstock*). Sorte de presse, ordinairement en fer, qui se compose de deux leviers à mâchoires, articulés à leur partie inférieure, dont l'un est fixé à une vis, presque toujours à filet carré, qui traverse l'autre levier et s'engage ensuite dans un écrou qui, selon qu'on le fait tourner dans un sens ou dans un autre, serre ou desserre les mâchoires ou mors de l'étau. Ces mâchoires sont acérées à l'intérieur, taillées en lime et trempées; un ressort placé entre les deux branches, mais que l'on comprime aisément en faisant marcher l'écrou, les fait ouvrir, quand on desserre l'étau.

Il y a des étaux dits à *agrafes* qu'on fixe contre le bord d'un établi au moyen d'une simple vis de pression; mais on ne peut s'en servir que pour de très petits objets.

(1) Après avoir appliqué sur le fer zingué des couches de divers métaux, on a fait la même opération sur le zinc seul. En agissant ainsi, on n'avait qu'un but de curiosité; car, évidemment, tout le monde préférera le fer zingué et plombé ou étamé, qui a une durée certaine, au zinc, pareillement plombé ou étamé, dont la ténacité et la malléabilité sont très faibles et la dilatation et la combustibilité très grandes.

ÉTAU.

On fait aussi des étaux qu'on appelle *parallèles*, parce que la branche de devant s'ouvre, par l'effet de la vis, parallèlement à elle-même au lieu d'articuler autour d'un point comme à l'ordinaire. Ils ne sont guère en usage, malgré leur commodité, que chez les amateurs, ainsi que les étaux qui ont la faculté de pivoter sur eux-mêmes.

On donne le nom d'*étai à main* à une petite pince à vis qui a la forme d'un étai, et qu'on tient à la main pour limer une infinité de petits objets.

Les forgerons emploient de gros étaux, du poids de 450 à 200^k, dits étaux à chaud, parce qu'on s'en sert pour façonner au marteau des pièces de fer ou d'acier à chaud. Il est nécessaire qu'ils aient de la masse et de la solidité pour ne pas s'échauffer trop vite et pour résister aux chocs produits par les coups de marteau. On les isole et on les fixe le plus solidement possible, au milieu de la forge, de manière à pouvoir circuler tout autour.

Les étaux de serruriers, de limeurs, etc., sont ordinairement du poids de 25 à 35^k. Les étaux des menuisiers sont presque toujours en bois.

ETHER (*angl.* ether, *all.* æther). Une seule des substances désignées par les chimistes, sous le nom d'éther, est préparée en grand et à quelque emploi dans les arts; c'est l'*éther sulfurique*, le seul dont nous nous occuperons ici, et qui, quoique son nom semble l'indiquer, ne contient aucune portion de l'acide qui a servi à le préparer.

L'éther se compose de :

Carbone	65,32	} C ⁴ H ¹⁰ O
Hydrogène	13,31	
Oxygène	21,37	
	100,00	

Cette formule peut le faire considérer, suivant la manière dont on la décompose, soit comme un hydrate d'hydrogène bi-carboné C⁴ H⁸ (C⁴ H⁸ + H²), soit comme un oxyde d'un radical particulier, appelé par M. Dumas l'*éthyle* C⁴ H¹⁰. La formule qui représente la composition de l'alcool étant C⁴ H¹² O² = C⁴ H¹⁰ + H²O montre que l'alcool est de l'éther hydraté. Dans la première hypothèse que nous avons indiquée, ce serait du bi-hydrate d'hydrogène bi-carboné; dans la seconde, de l'hydrate d'oxyde d'éthyle. Quoi qu'il en soit, l'éther est incolore, liquide, très fluide, d'une odeur particulière, forte et pénétrante, d'une saveur d'abord âcre, brûlante et douceâtre, puis fraîche. Il ne possède aucune réaction acide ou alcaline, ne conduit pas l'électricité, et réfracte fortement la lumière; sa densité est de 0,742 à 24°,77; il est très volatil, et bout à 35°,6 sous la pression barométrique de 0^m,760; il distille sans altération; la vapeur qui se forme est très dense; ramenée par le calcul à 0° et à la pression de 0^m,760, sa densité est de 2,565. Cette circonstance, l'inflammabilité et la grande volatilité de l'éther expliquent facilement les graves accidents que ce produit a souvent occasionnés. En effet, quand on transvase de l'éther, il répand d'abondantes vapeurs que leur densité amène dans les parties inférieures de l'appartement; quand on n'est pas éloigné d'une cheminée ou d'une lumière, elles peuvent s'y enflammer, et propager l'incendie jusqu'à l'éther lui-même. En pareil cas, il faut conserver assez de présence d'esprit pour boucher immédiatement le flacon. Dans tous les cas, il est prudent de conserver l'éther dans des flacons d'un petit volume, 1/2 litre par exemple, et de le manier loin de tout foyer allumé.

L'éther est très inflammable, comme nous venons de le dire, et brûle avec une flamme blanche et fuligineuse sans laisser de résidu. Il est décomposé avec inflammation par le chlore gazeux. Il est également décomposé par les acides minéraux à chaud; les alcalis

ÉTHER.

n'ont sur lui qu'une faible action. Il dissout très bien le brôme et l'iode, ainsi qu'une certaine quantité de soufre et de phosphore. Il dissout également le caoutchouc, et nous avons vu que c'était le meilleur moyen connu pour ramener ce dernier à l'état d'émulsion. Il dissout aussi nombre de sels métalliques, tels que le chlorure d'or, le nitrate de mercure, etc., qu'il enlève même à leurs dissolutions aqueuses, pourvu qu'elles soient acides. De son côté, il est soluble dans 9 parties d'eau, et se mêle en toutes proportions avec l'alcool auquel il communique sa saveur et son odeur. La *liqueur d'Hoffmann*, employée en médecine, est formée d'un mélange de 2 p. d'alcool et de 4 p. d'éther.

La préparation de l'éther consiste à distiller un simple mélange d'alcool et d'acide sulfurique, et à purifier le produit obtenu par l'eau, les alcalis et une nouvelle distillation. Mais comme théoriquement on peut s'y prendre de manière à convertir, avec le même acide, une quantité pour ainsi dire indéfinie d'alcool en éther, il vaut mieux, comme M. Boullay l'a proposé le premier, rajouter de l'alcool au mélange, au fur et à mesure que l'éther distille.

La préparation de l'éther, quoique très simple en elle-même, exige néanmoins quelques précautions que nous allons indiquer. On mêle parties égales d'acide sulfurique concentré à 66° et d'alcool rectifié à 36°; la chaleur, qui se développe au moment du mélange, serait assez forte pour déterminer la rupture des vases; on doit donc ajouter l'acide par petites portions, et agiter fortement le mélange à mesure. Quand la chaleur devient trop forte, on le laisse en repos; puis on recommence, lorsqu'il est suffisamment refroidi. Quand la majeure partie de l'acide est ajoutée, on s'arrête, et on en réserve une partie pour réchauffer le mélange au moment où l'on procédera à la distillation. Il est, en effet, avantageux de laisser le mélange en repos pendant 24 heures.

L'appareil distillatoire peut se composer d'une cornue tubulée en verre, chauffée au bain de sable, et munie d'une allonge qui entre dans le col d'un matras tubulé placé dans un baquet rempli d'eau froide, qui se renouvelle constamment. La tubulure du matras est traversée par un syphon servant à extraire l'éther condensé, et à le faire passer dans les flacons destinés à le recevoir.

On ajoute la dernière portion d'acide dans le mélange, et on verse le tout dans la cornue; la tubulure de celle-ci porte un tube en S, dont la branche inférieure, terminée en pointe presque capillaire, plonge jusqu'aux 2/3 de la hauteur du liquide. On chauffe jusqu'à ce qu'il se manifeste un léger frémissement; on retire le feu, et l'ébullition s'établit peu à peu et sans tumulte; on remet alors quelques charbons allumés, de manière à la maintenir bien régulière. Comme l'appareil est parfaitement clos, la dilatation intérieure refoule le liquide condensé, et le fait sortir par le syphon, lorsqu'il se développe un peu plus de vapeurs que de coutume, ce qui permet de fractionner à volonté les produits.

Lorsqu'on a recueilli un litre de produit dans le récipient, on ajoute sans désemparer, par le tube en S, une quantité égale d'alcool à 36°. Comme l'extrémité du tube est enfilée, l'alcool s'écoule avec lenteur; et le mélange n'est pas sensiblement refroidi; l'ébullition et l'éthérification continuent, et la liqueur contenue dans la cornue renferme toujours les mêmes proportions d'acide et d'alcool.

Lorsqu'on a ajouté, de la sorte, une quantité d'alcool égale à celle qui entrerait dans le volume primitif, on abandonne l'opération à elle-même, et on se contente de soutenir le feu pendant quelques heures. On l'arrête quand on aperçoit d'abondantes vapeurs blanchâtres qui troublent la transparence des vases, les échauffent

beaucoup, et ne peuvent se condenser; la chaleur seule du fourneau suffit pour former le peu d'éther qui reste à obtenir.

On fractionne ordinairement en trois portions la totalité des produits; la première, peu étherée, ne contient en quelque sorte que de l'alcool qui se volatilise avant d'avoir subi la réaction de l'acide sulfurique; la deuxième, la plus considérable et la plus pure, est celle qu'on rectifie immédiatement; on y ajoute $\frac{1}{6}$ de son poids de carbonate de potasse, qui s'empare de l'eau, ou de l'acide sulfurique, et qui décompose l'huile de vin pesante que l'éther peut contenir; on agite le mélange et, lorsque l'éther a acquis une odeur suave et pure, on le rectifie dans un appareil semblable au précédent, à cela près que la cornue n'a pas besoin d'être tubulée. La rectification doit être faite au bain-marie et conduite très doucement; on recueille les $\frac{2}{3}$ de la quantité soumise à la distillation, et l'on obtient ainsi un éther parfaitement pur.

Le résidu de la rectification réuni au dernier produit de la première distillation, est mis en contact pendant plusieurs jours avec le carbonate de potasse qui a servi à la purification précédente; on y ajoute un peu d'eau et du peroxyde de manganèse en poudre fine, afin d'enlever l'acide sulfurique qui y existe en assez grande quantité. La réaction de cet acide sur l'oxyde de manganèse produit un dégagement de chaleur si considérable, que le liquide entrerait en ébullition, si on n'avait soin d'ajouter le peroxyde de manganèse par petites portions. On ajoute au mélange, quand il s'échauffe trop, une certaine quantité d'eau froide. Celle-ci favorise plus tard l'action et sert d'aillieurs à dissoudre le sulfate et l'hyposulfate de manganèse formés par la réaction de l'acide sulfurique sur le peroxyde de manganèse. Lorsque l'odeur de l'acide sulfurique est tout à fait dissipée, on sépare, à l'aide d'un entonnoir, la couche d'éther; elle renferme encore un peu d'huile de vin pesante, qu'on en sépare par une rectification ménagée. Cet éther est de qualité inférieure et n'offre jamais la pureté et l'odeur franche et suave du précédent.

La marche que nous venons de décrire est à peu près celle que l'on suit dans tous les ateliers où l'on s'occupe de la préparation de l'éther; mais les appareils sont souvent plus simples. Ainsi, on se sert fréquemment d'un alambic en plomb, dont le chapiteau communique au moyen d'un long tube avec un serpentín ordinaire; ce dernier verse l'éther dans un facon à col étroit qui sert de récipient. L'alambic est d'aillieurs muni d'un tube qui sert à introduire de l'alcool, pour remplacer celui qui s'est converti en éther. La première distillation se fait à feu nu. On rectifie également l'éther dans un alambic, en employant de la chaux vive au lieu de carbonate de potasse. On obtient facilement 30 à 40 litres d'éther dans un alambic convenablement dirigé.

Il résulte des recherches de MM. Liebig et Mitscherlich que, l'acide sulfurique étendu d'eau de manière à bouillir à 440° , peut transformer en éther une quantité indéfinie d'alcool que l'on ferait arriver d'une manière continue dans l'alambic, et il se dégage un courant continu d'éther mêlé d'eau pure et d'un peu d'alcool non décomposé, sans autre produit. Ce fait sera sans doute mis à profit dans la préparation de l'éther en grand, et viendra compléter la révolution commencée par M. Boullay, dans la fabrication de ce produit.

ETHIOPS. C'est le nom générique donné par les chimistes à de certaines préparations métalliques, noires. L'*Ethiops martial* était l'oxyde noir de fer; l'*Ethiops minéral*, le sulfure noir de mercure, et l'*Ethiops perse*, l'oxyde noir de mercure.

ETOUPILES DE SURETÉ. Voyez MINES.

ETUVE. Voyez SÉCHOIR.

ÉVAPORATION. L'évaporation a pour objet de sé-

parer, en la faisant passer à l'état de vapeur, l'eau renfermant en dissolution des substances fixes, que l'on obtient ainsi à l'état solide. Tandis que dans la distillation, on se propose de séparer de l'eau les parties plus volatiles qu'elle, dans l'évaporation, au contraire, c'est l'eau qu'on distille pour obtenir les substances fixes qu'elle tient en dissolution.

L'évaporation a toujours lieu par l'action de la chaleur, qui seule peut produire des vapeurs, mais dans des conditions très diverses.

On distingue :

1° L'évaporation spontanée à l'air libre;

2° L'évaporation par un courant d'air forcé;

3° L'évaporation à vases ouverts par l'action directe d'un foyer, et celle de la vapeur;

4° L'évaporation dans le vide.

1° *Évaporation spontanée à l'air libre.* Quand l'air n'est pas saturé d'humidité, il se produit à la surface de l'eau, en proportion de la température, une véritable vaporisation spontanée, fort lente il est vrai, mais dont l'action devient très considérable quand on peut disposer de très grandes surfaces.

Dalton a démontré que l'espace rempli d'un fluide élastique, comme l'air, était capable de recevoir la même quantité de vapeur que s'il était vide; seulement cette action a lieu beaucoup plus lentement, et cette diffusion est retardée comme par une espèce de frottement moléculaire. Comme l'évaporation produit un froid notable qui tend singulièrement à retarder l'évaporation spontanée, on en conclut que cette manière d'opérer ne peut être employée que dans des contrées chaudes, où l'action du soleil est très grande; et sur des dissolutions qu'il est possible de répandre sur des surfaces très considérables.

Ces conditions sont très bien remplies par les marais salants du Midi dans lesquels l'évaporation spontanée enlève, dans le courant d'une campagne, 4,000 mètres cubes d'eau au moins par hectare.

Le renouvellement de l'air est encore un moyen d'accélérer l'évaporation. On l'utilise fort avantageusement en même temps qu'on accroît considérablement les surfaces de contact de l'eau et de l'air, dans les bâtiments de graduation employés dans quelques salines (voyez SEL).

2° *Évaporation par un courant d'air forcé.* Dès 1794, Montgolfier, l'illustre inventeur des aérostats, voulant concentrer des dissolutions de jus de fruits dont la chaleur détermine rapidement la fermentation, eut l'idée d'employer à cet effet l'air chauffé à 40 ou 50° qu'il faisait passer à travers la dissolution.

La facilité avec laquelle on met des volumes énormes d'air en mouvement permet de montrer que, théoriquement, ce procédé doit être économique; Montgolfier ayant reconnu qu'en moyenne, en automne, un mètre cube d'air peut dissoudre 3 grammes d'eau.

Cette idée a été reprise par plusieurs inventeurs.

En 1811, Curaudou proposa de faire passer l'air échauffé par un poêle à travers une tour carrée traversée par des toiles métalliques sur lesquelles se répandait le liquide. En 1812, Parmentier essaya de lancer l'air échauffé dans la dissolution à évaporer, en faisant arriver l'air dans un vase lenticulaire percé d'un très grand nombre de trous. Ces divers essais n'eurent pas de suite.

En 1829, M. Kneller prit un brevet en Angleterre pour concentrer les dissolutions de sucre au moyen d'air chaud, lancé dans la dissolution par un grand nombre de petits tuyaux plongés dans le liquide; une raffinerie a même été montée sur ce système, qui ne s'est pas répandu.

En 1833, M. Brame-Chevalier reprit cette idée, aussi dans le but d'évaporer les dissolutions du sucre à une basse température. Il fait arriver l'air chaud à la partie

ÉVAPORATION.

inférieure des chaudières renfermant le sirop de sucre, par un double fond dont la surface supérieure est percée d'une infinité de trous capillaires, par lesquels le sirop de sucre est trop visqueux pour pouvoir passer, quand l'injection de l'air s'arrête.

La chaleur latente, nécessaire à l'évaporation de l'air, étant fournie par des grilles à vapeur (voir plus loin) qui maintiennent constante la température du sirop malgré l'évaporation, et l'air le traversant avec trop de rapidité pour prendre sa température, on obtient, d'après l'expérience, les résultats suivants :

La machine soufflante donnant 40 mètres cubes d'air par minute, l'air entre à 435° et sort à 95°, et enlève 30 kil. d'eau par minute. Le sirop reste à la température de 75 à 80 degrés centigrades.

La complication, le haut prix de ces appareils, les a fait disparaître de l'industrie. Ils ne peuvent être mis en comparaison sous aucun rapport avec les appareils à cuire dans le vide, outre que le sirop retient des bulles d'air qui gênent beaucoup la cristallisation du sucre. Néanmoins ce procédé a une valeur réelle dans la voie ou Montgolfier l'avait d'abord appliquée, pour évaporer à une température extrêmement basse des produits très facilement altérables. C'est par ce moyen qu'on a préparé dernièrement du lait solidifié et diverses autres conserves.

3° *Évaporation à vases ouverts par l'action directe d'un foyer ou de la vapeur d'eau.* Le cas le plus fréquent, celui employé presque à chaque instant dans les arts, est celui où l'évaporation a lieu par le chauffage direct d'une chaudière placée sur un foyer. C'est le système le plus simple et le plus économique, aussi l'emploie-t-on toujours quand la nature du corps dissous n'impose pas des conditions spéciales.

Quand on chauffe un liquide, les quantités d'eau évaporées sont proportionnelles aux tensions de la vapeur aux diverses températures. Connaissant donc la table des tensions de la vapeur (voy. VAPEUR), et sachant que l'expérience a indiqué que 1 mètre carré de surface de chauffe d'eau à 40° évapore à très peu 1 kil. d'eau en une heure dans un air calme, on en déduira, dans chaque cas, les quantités d'eau évaporées par mètre carré, pourvu que la production de chaleur soit suffisante pour empêcher la température de baisser.

La quantité de chaleur tant latente que sensible de l'eau étant (voyez VAPEUR) de 654 unités, et un kil. de houille développant par la combustion 7500 unités, on voit que ce dernier pourra évaporer 7500/654 ou 11,46 kil. d'eau. Mais la perte par la cheminée nécessaire pour le tirage, ne peut guère être moindre que 0,45 à 0,20. On voit que donc 9° ou 9°,50 seront la limite supérieure de la quantité d'eau que pourra évaporer un kil. de houille.

La dépense absolue de combustible est théoriquement indépendante de la température de l'évaporation (pourvu que tout le combustible soit bien brûlé, et transformé complètement en gaz acide carbonique, ce qui exige une combustion un peu vive), mais en réalité elle est moindre à une température basse qu'à une température élevée, à cause de la rapidité de la perte de chaleur par rayonnement.

De la condition d'avoir un feu un peu actif dans le foyer, et de celle, pour le bon emploi du combustible, de

EVAPORATION.

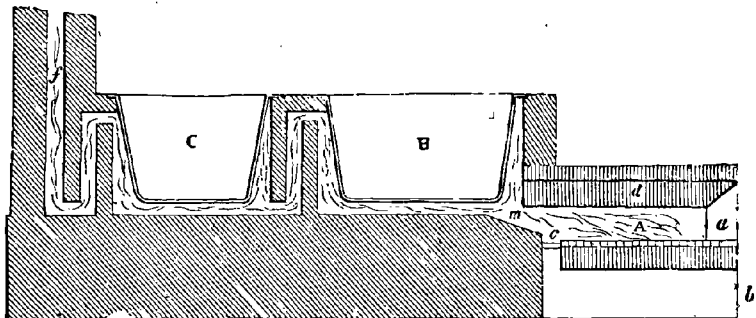
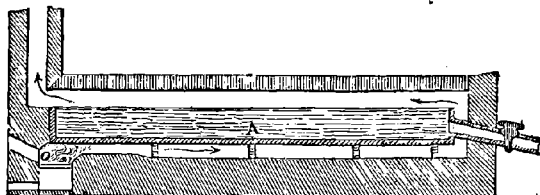
jeter les produits de la combustion dans la cheminée à une température peu élevée, on en déduit que les meilleurs résultats seront obtenus de systèmes dans lesquels on fera circuler la flamme sur une grande longueur autour de la chaudière, de manière qu'elle rencontre avant de sortir les parties de la dissolution les plus froides.

On doit encore remarquer que quand une chaudière est exposée au feu, son fond ne doit pas être placé trop près de la grille, pour qu'il ne refroidisse pas trop les gaz qui s'échappent du foyer, et ne s'oppose pas, par suite, à leur combustion complète. Ainsi, en plaçant au-dessus de la flamme d'une chaudière une capsule pleine d'eau, on fera aisément bouillir celle-ci, tandis qu'en plaçant la capsule au milieu de la flamme on fera fumer la chaudière; il se déposera une couche de noir de fumée sur le fond de la capsule, venant d'une combustion imparfaite, et l'eau pourra cesser de bouillir, quoique la capsule soit alors environnée de flamme.

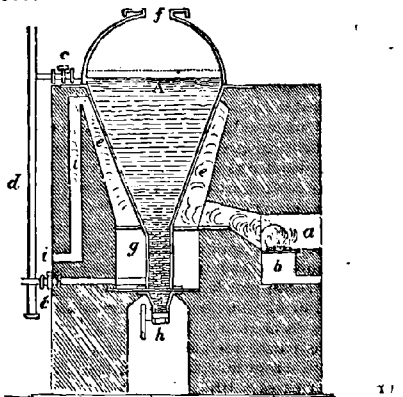
La chaudière (fig. 844) est un appareil évaporatoire du genre de ceux employés dans les salines qui évaporent en général 7°,50 d'eau par kil. de houille.

La fig. 845 représente une succession de deux chau-

844.



845.



846.

dières placées sur le même feu ; on peut placer la seconde chaudière au dessus de la première dans laquelle on

verses sont obtenus quand l'évaporation est plus avancée. Il y aurait avantage à contrarier ainsi le mouvement de la fumée pour la forcer à venir lécher la chaudière si des contours trop brusques n'exigeaient un surcroît de tirage, et si l'occasionnaient pas aux coudes des dépôts de suie qui nécessitent des ramonages fréquents.

La fig. 846 représente une chaudière pour les dissolutions qui laissent déposer des cristaux, lesquels se réunissent par la forme de la chaudière et se rassemblent dans un vase conique percé de trous qu'on suspend par une chaîne au fond de la chaudière. Ces cristaux intercepteraient la communication de la chaleur et feraient brûler le fond des chaudières si la chaleur se communiquait par cette partie.

Emploi de la vapeur. La vapeur, moyen si simple de transmettre la chaleur, est fréquemment employée pour les évaporations. Elle présente les avantages suivants :

1° D'évaporer dans plusieurs vases avec un seul feu et une seule cheminée; d'où simplicité dans le chauffage, économie dans les pertes de combustible employé à déterminer le tirage.

2° De ne jamais brûler les chaudières.

3° De ne jamais décomposer les substances végétales tenues en dissolution dans la liqueur et qui, se précipitant sur les parois des chaudières, ne peuvent jamais être chauffées à une température supérieure à celle de la vapeur.

C'est ce troisième avantage qui décide presque toujours de l'emploi de la vapeur, car quant aux autres le chauffage direct est encore plus avantageux (puisque la production de la vapeur a déjà occasionné les pertes de combustible qui se produisent dans l'évaporation produite directement par l'action du feu), et économise la dépense d'appareils coûteux; mais il n'en est plus ainsi quand cette dépense est faite pour d'autres appareils, comme quand il existe dans un établissement une machine à vapeur.

Le mode d'action de la vapeur se conçoit facilement. Quand celle-ci est amenée en contact avec les parois métalliques d'un vase renfermant une dissolution froide, elle se condense. La chaleur latente dégagée par la liquéfaction de la vapeur étant de 550 calories, il s'en suit que 1^k de vapeur à 100° donne, en se condensant dans 5^k 1/2 d'eau à 0°, 6^k 1/2 d'eau à 100°.

Cette action est donc très énergique; elle varie évidemment en proportion de la surface baignée par la vapeur.

En général, 1^m de surface de chauffe d'une chaudière à double fond condense 3^k de vapeur par heure, et par chaque degré de différence de température entre la vapeur et la dissolution. Pour les serpentins cette quantité est bien plus considérable et s'élève à 8 kil.

La manière de faire agir la vapeur pour l'évaporation, consiste à la faire arriver dans un double fond pratiqué autour de la chaudière. À l'article BRÛÈRE nous avons figuré un appareil de ce genre pour la coction du houblon. Pour multiplier les surfaces on emploie souvent en outre, dans l'intérieur des liquides, des grilles formées de tuyaux de cuivre dans lesquels circule la vapeur. Nous décrivions à l'article SUCRE plusieurs appareils de ce genre. C'est pour l'extraction du sucre qu'on a surtout inventé et développé les applications de ce genre d'appareils. Une condition essentielle est de les disposer de manière à les purger complètement d'air, en les faisant traverser par la vapeur en mouvement, car le mélange d'air diminue beaucoup la rapidité de la transmission de la chaleur.

Nous ne parlerons pas des bains d'huile chaude qui ont été proposés pour chauffer à des températures supérieures à 100°. Ces dispositions sont tout à fait inutiles aujourd'hui qu'on fait circuler avec facilité la vapeur à 3 ou 4 atmosphères et par suite à des températures de 120 à 130°. D'ailleurs l'évaporation ne

peut s'obtenir avec un liquide aussi rapidement qu'avec la vapeur, le liquide ne transmettant de chaleur que sa chaleur sensible, tandis que la condensation de la vapeur dégage en outre une quantité considérable de chaleur auparavant latente et qui devient sensible.

4° *Évaporation dans le vide.* Le point d'ébullition d'un liquide s'abaisse à mesure que la pression à laquelle il est soumis diminue. C'est donc une heureuse idée que d'avoir pensé de placer dans le vide les dissolutions à évaporer, puisque de la sorte on peut opérer à des températures plus basses et bien plus rapidement, si le vide est pratiqué avec facilité. Des appareils de cette nature sont exclusivement employés dans les raffineries aujourd'hui, et permettent de travailler avec une rapidité extrême et à une température très basse, à laquelle la production du sucre incristallisable est très peu sensible.

Les avantages du vide, parfaitement reconnus aujourd'hui pour l'évaporation de dissolutions renfermant des substances facilement altérables, trouveront certainement encore à s'appliquer dans quelques autres cas. M. Kuhlmann s'est occupé de cette question dans un mémoire soumis à l'Académie des Sciences: il a proposé d'employer la diminution de pression pour la concentration de l'acide sulfurique, opération qui exige l'emploi de cornues de platine d'un prix fort élevé. Nous extrayons ce qui suit du mémoire de M. Kuhlmann :

« Le plus haut degré de l'aréomètre auquel il soit possible à la pression habituelle de concentrer l'acide sulfurique dans des chaudières de plomb, est de 62 à 63 degré de Baumé. Le plus souvent on s'arrête à 60 ou 61 degrés; toutefois, en opérant avec quelques ménagements, les chaudières de plomb ne sont pas sensiblement attaquées, même en poussant la distillation au delà de 62 degrés.

« En chauffant l'acide sulfurique sous une faible pression, on rapproche son point d'ébullition suffisamment pour que la concentration puisse être complétée dans des vases de plomb.

« L'ébullition de l'acide à 66 degrés peut avoir lieu de 190 à 195 degrés, sous une pression de 3 à 4 centimètres de mercure; à 10 centimètres de pression, la température s'élève à 215 degrés.

« Quoique la température à laquelle le plomb est attaqué par l'acide sulfurique soit assez rapprochée du point d'ébullition de cet acide dans le vide, la concentration de l'acide sulfurique jusqu'à 66 degrés pourra s'exécuter en fabrique dans des chaudières de plomb, et n'exposera pas plus les vases à être corrodés ou fondus, que l'opération telle qu'elle se pratique actuellement en arrêtant la concentration à 62 degrés de l'aréomètre.

« En faisant concentrer à faible pression l'acide jusqu'à 66 degrés, dans des ballons de verre contenant des lames de plomb, la concentration se produit avec facilité sans que le plomb soit sensiblement attaqué. »

Appareils à cuire dans le vide. Le premier appareil dont nous donnerons la description, d'après le docteur Ure, est un véritable alambic fermé, dans lequel la condensation de l'eau, par des surfaces froides, détermine une diminution de pression.

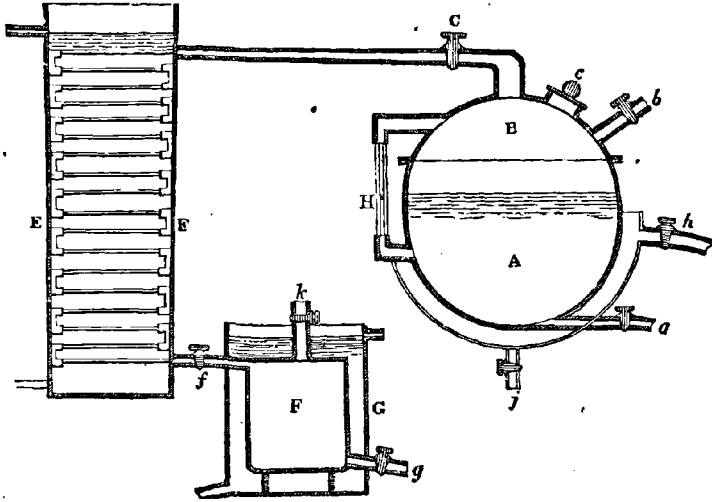
À D (fig. 817), représente une chaudière chargée de la dissolution qui doit être évaporée. Le grand orifice c, fermé par une porte à vis, sert à introduire la main pour le nettoyage; h est le tuyau de communication avec la chaudière à vapeur; b est un syphon plongé dans la liqueur qui doit être évaporée, contenue dans un récipient (qui n'est pas représenté dans la figure); H est un tube de verre qui indique le niveau du liquide; à la partie supérieure est un tube muni d'un robinet C pour fermer et ouvrir la communication avec le condenseur; j est un tube pour la sortie de l'air et de l'eau du condenseur. Le réfrigérant E doit être formé de tu-

bes minces en cuivre, d'environ 253 centim. de diamètre, arrangés en zigzag ou spirale, comme le serpent in d'un alambic. Le petit condenseur est joint par le tuyau

mise en ébullition avant d'être introduite dans la chaudière vide.

Un tel appareil peut être modifié suivant l'objet particulier qu'on a en vue, la disposition décrite est employée pour des extraits de matières végétales. L'intérieur du vaisseau AB doit être fait de fer ou de cuivre étamé.

L'appareil jallis employé dans les raffineries était l'appareil d'Howard dont la fig. 848 est une coupe. *a* est une chaudière à double fond, qui reçoit le sirop à cuire; le double fond *f* reçoit la vapeur par le tuyau *k*; *t* est le retour d'eau par lequel s'écoule l'eau condensée; *é* est le tuyau communiquant à la chambre de condensation à laquelle aboutit le tuyau d'une pompe à air, qui sert à entretenir le vide dans l'appareil. C'est au moyen de la manivelle qu'on voit en *é*, qu'on ouvre

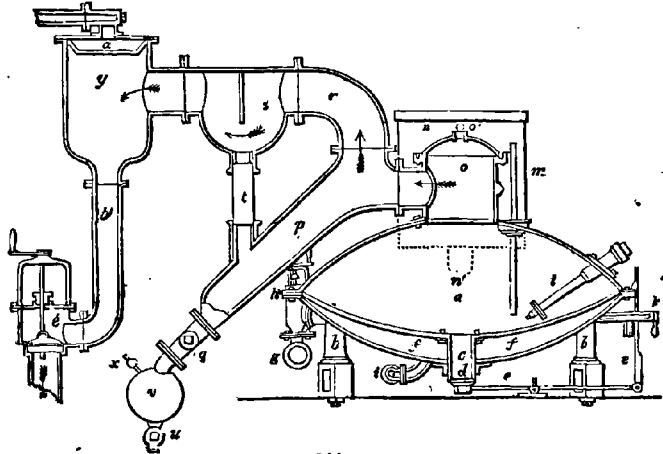


847.

f au réfrigérant; il se vide par le robinet *g*, et est environné d'eau. Dans sa partie supérieure, il y a un tube *k*, pourvu aussi d'un robinet qui communique avec la chaudière à vapeur.

Le travail s'opère comme suit : après avoir ouvert les robinets *C*, *f*, *g*, et avant d'admettre l'eau froide dans le condenseur *E*, le robinet du tuyau *k* est ouvert, de manière que, par l'injection de la vapeur, il laisse sortir l'air inclus. Après quoi, les robinets *k* et *g* sont fermés. L'eau doit être alors introduite dans le condenseur, et le robinet *b* ouvert. Le liquide à évaporer s'élève du réservoir à travers le tube *b*, et remplit la bassine vide à une hauteur convenable, comme l'indique le tube de niveau *H*. Lorsque l'évaporation désirée ou la concentration est effectuée, on ferme le robinet *C*. On ouvre le tuyau *k*, de manière à remplir l'appareil de vapeur, et enfin on ouvre le robinet d'écoulement *a*, pour décharger le résidu de la liqueur. En fermant les robinets *a* et *k* et ouvrant le robinet *b*, la bassine doit se charger elle-même de nouvelle liqueur, et l'opération recommence après que *b* a été fermé et *C* ouvert.

une soupape latérale qui fait entrer de l'eau froide dans le tuyau. Les vapeurs passant par *o*, *r*, *y*, *b*, viendront donc se condenser. La capacité *o* sert à purger la vapeur des parties de ce sirop entraînées mécaniquement, qui retombent dans la chaudière. Le tuyau *p* reçoit par *t* la vapeur déjà condensée par l'action extérieure sur la partie *r* du tuyau d'écou-



848.

Pour vider le vase *F*, on ferme le robinet *f* et on ouvre les robinets *g* et *k*. La vapeur entrant par *k*, fait couler l'eau; mais lorsque cette vapeur elle-même sort du robinet *g*, cet orifice doit être immédiatement fermé, le robinet *f* ouvert, et l'eau froide introduite de nouveau. L'eau condensée, qui a, sur ces entrefaites, été recueillie dans la partie inférieure du réfrigérant, coule dans le vaisseau condenseur *F*. Comme un peu d'air entre toujours avec la liqueur dans la chaudière, il doit être enlevé au temps où l'on tire l'eau des deux condenseurs, en conduisant la vapeur à travers l'appareil. Cette nécessité est moins urgente, si la liqueur est

ment, et en *r* par le contact de la partie extérieure du réservoir d'eau. L'eau condensée se vide par le robinet *u*.

D'après M. Pécelet, un appareil d'Howard servant à raffiner par jour 600 à 700 kilogr. de sucre blanc, exige une pompe à air mue par une force de deux chevaux-vapeur. Le volume d'eau froide employée est de 16 mètr. cub. par heure, l'eau de condensation sortant à 30 degrés.

L'appareil d'Howard, plus ou moins modifié dans ses détails, donne des résultats excellents. On rencontre néanmoins souvent dans les raffineries l'appareil de

Roth qui lui ressemble beaucoup, si ce n'est que le vide est fait en remplissant toutes les capacités de vapeur pour expulser l'air, et faisant le vide par la communication avec un condenseur. Mais le sirop lui-même contenant de l'air, le vide ne peut être aussi bien fait qu'avec l'appareil d'Howard, et de plus l'expérience a prouvé que cette condensation, pour produire le vide, exigeait plus de vapeur qu'il n'en faut pour mouvoir la pompe à air de l'appareil d'Howard. Aussi a-t-on généralement adapté à l'appareil de Roth de petites pompes à air qui rendent ces appareils tout à fait analogues.

Enfin M. Degrand a construit des appareils fort ingénieux, et qui ont trouvé une très heureuse application dans la fabrication des sucres de betterave, en employant la vapeur produite par l'évaporation à évaporer une partie de l'eau contenue dans les premiers jus. Pour cela il fait passer les vapeurs sortant de la chaudière dans une série de tubes communiquants disposés verticalement; de sorte qu'en faisant couler les jus en lames verticales, la condensation des vapeurs se produit en évaporant une quantité d'eau presque égale à celle vaporisée dans la chaudière, et qu'on gagne ainsi presque tout le combustible dépensé.

On comprendra de quelle importance est un semblable appareil pour la fabrication du sucre de betterave, en songeant que le jus de cette plante étant composé en moyenne de 95 parties d'eau pour 5 de sucre, chaque partie de sucre ne peut être obtenue que par la combustion de 4 kilogr. de houille par kilogr. de sucre, quand l'évaporation a lieu directement. — Nous reviendrons, au reste sur ces appareils à l'article SUCRE. C'est pour cette fabrication qu'ils ont été spécialement inventés.

EVENTAIL (angl. *fan*, all. *fächer*). La fabrication des éventails, fort ancienne à Paris, est une des plus importantes parmi celles comprises habituellement sous le nom d'articles Paris; c'est un des articles pour lesquels le goût de l'ouvrier français ne saurait être facilement détrôné.

Le fabricant d'éventails proprement dit ne fait que mettre en œuvre les matériaux qui lui sont fournis par divers ouvriers. La fabrication des montures s'est concentrée dans quelques villages du département de l'Oise, entre Beauvais et Méru, et y occupe 4500 à 2000 personnes. Une division parfaite du travail a permis d'obtenir des prix très modérés des formes variées à l'infini par la mode; la monture passe successivement entre les mains du débiteur, du façonneur, du polisseur, du découpeur, du sculpteur, du graveur, du doreur et du riveur. Les matières principalement employées pour les montures sont: la nacre, l'ivoire, l'os, la corne, l'écaïlle, le citronnier, l'ébène, etc., et grand nombre de bois veinés.

Quant à la feuille, formée généralement de deux feuilles de papier réunies par de la colle, quelquefois d'une étoffe de soie brodée de plumes, etc., et entre lesquelles se placent les extrémités de la monture, on les obtient par l'imprimerie lithographique et quelquefois la gravure en taille-douce, dont les effets sont rehaussés par l'enlumineur, le coloriage.

Le fabricant recevant d'une part les montures et de l'autre les feuilles (qu'il a soin de faire fabriquer suivant son goût et en raison des demandes) procède au montage qui consiste à plisser la feuille, à la réunir à la monture et à la border avec le petit filet d'or qui se colle en haut tout autour.

Les procédés spéciaux de cette fabrication sont peu de chose, c'est le bon goût qui fait la principale valeur de l'objet fabriqué.

EXPLOSION (MACHINES A). On a proposé à diverses reprises des machines ayant pour but d'utiliser les forces produites par les explosions. Sauf l'emploi de la poudre à canon, pour lancer avec une énorme vitesse

des projectiles, dans des conditions où l'économie du prix de revient du travail mécanique importe bien moins que la puissance de son action et la facilité de son transport, aucune action de ce genre n'a pu encore être utilisée pratiquement. La cause principale en est dans la condition essentiellement défectueuse de la production de la force, dont la communication régulière aux organes de transmission ne peut être imaginée sans à coups et chocs destructifs, au moyen desquels une fraction minime de la puissance se transmet à la résistance.

Il nous a paru néanmoins curieux de relater quelques essais faits dans cette voie. Nous ne parlerons pas de ceux qui consistent à faire détonner de la poudre ou des mélanges analogues dans des vases clos en communication avec des cylindres, dans lesquels seraient des pistons mobiles. Indépendamment des mauvaises conditions de travail d'un semblable appareil, le prix de revient de la force serait énormément trop élevé. Poncelet donne, dans son introduction à la Mécanique industrielle, le calcul comparatif du prix de revient du travail de la poudre et de la vapeur d'eau, dans lequel il établit que le rapport est d'au moins 90 à 1.

Les seuls essais qui aient paru plausibles sont ceux basés sur l'emploi des mélanges détonnants d'air et de gaz hydrogène, qui offrent le double avantage de produire une explosion énergique par suite de la température très élevée que développe la combinaison, qui produit de la vapeur d'eau à une température très élevée, et en même temps de pouvoir faire naître le vide par la condensation de celle-ci. Disons de plus que le gaz hydrogène se produit avec facilité et à un prix peu élevé, par la décomposition de l'eau, soit par l'acide sulfurique et le fer ou le zinc, soit par le charbon.

Machine Brown. Dans cette machine, on utilise surtout la propriété détonnante du mélange d'air et du gaz hydrogène de pouvoir produire le vide. Dans cette machine, qu'on a pu voir à Paris il y a quelques années, le gaz hydrogène est conduit dans un cylindre de grande capacité, fermé supérieurement par une calotte mobile et inférieurement par une vanne-soupape.

Quand le mélange d'air et d'hydrogène est dans les proportions convenables, une soupape s'ouvre pour le mettre en communication avec un corps incandescent qui l'enflamme. A l'instant, les produits de la combustion, soulevant la calotte, s'échappent en grande partie au-dessous, et il se produit une condensation de la vapeur d'eau formée. Alors le couvercle supérieur se referme hermétiquement, tandis que l'eau à élever soulève la soupape inférieure, et entre dans le cylindre dans lequel s'achève la condensation. Cette eau s'échappe par une soupape plus élevée, aussitôt qu'un mécanisme soulève le couvercle du cylindre pour y laisser rentrer l'air.

L'inventeur a disposé plus tard deux appareils semblables, côte à côte, pour fournir de l'eau à la partie supérieure d'une roue hydraulique, qui, nous n'avons pas besoin de le dire, devient elle-même une nouvelle cause de perte de forces.

Malgré les essais réitérés de l'inventeur, cette machine n'a pas reçu d'applications. Le gaz est trop cher, son utilisation trop incomplète, pour qu'une pareille machine puisse soutenir la comparaison avec la machine à vapeur.

Machine Selligou. Dans l'année 1844, M. Selligou a proposé l'emploi de l'explosion du gaz hydrogène carboné (qu'il est parvenu à obtenir dans des appareils très simples, au moyen de la décomposition de l'eau par le charbon) pour faire mouvoir les bateaux, en agissant directement sur l'eau et en se dispensant de tout mécanisme intermédiaire.

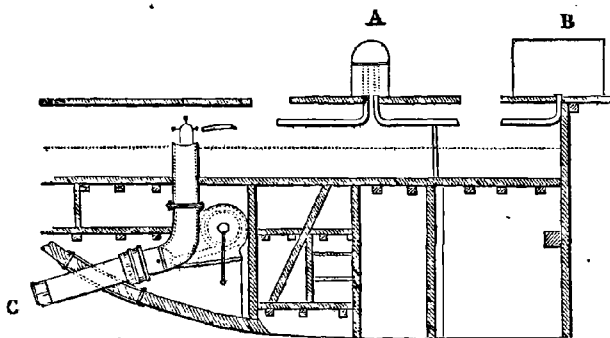
Nous empruntons sa description à la note qu'il a présentée à l'Académie des Sciences :

EXPLOSION.

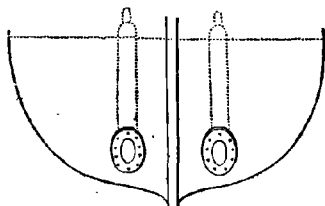
« Je me sers de la force expansive, que j'obtiens par la détonation du gaz, et qui est d'autant plus forte que l'air et le gaz contiennent de l'eau en vapeur en plus grande quantité; comme à chaque explosion, les vapeurs sont portées au rouge, les 20 à 30 grammes d'eau qui y sont contenus, portés à cette température, donnent une force très considérable que je fais agir directement sur l'eau libre; en sorte qu'il n'y a aucune crainte de rupture des récipients d'explosion.

« Voici le fait qui m'a conduit à imaginer ces appareils. En faisant diverses expériences sur le gaz dans une de mes usines, j'ai remarqué que les détonations, dans diverses circonstances, avaient plus ou moins de puissance avec les divers mélanges d'air atmosphérique indiqués dans le Traité de chimie de M. Dumas. J'ai vu que la quantité de vapeur en suspension, ainsi que la quantité d'oxyde de carbone qui se produisent dans le gaz que j'obtiens par la décomposition de l'eau par le charbon au rouge, faisaient aussi varier les effets comme puissance et comme vitesse, si je puis me servir de cette expression. Je suis parti de là pour combiner des appareils pour faire marcher des vaisseaux et remplacer des machines hydrauliques d'une grande puissance.

« Voici la description succincte de ces appareils, représentés fig. 819 et 820 :



819.



820.

« Je place à l'arrière d'un vaisseau, et le plus bas possible au-dessous de la flottaison, deux à quatre récipients d'explosion en métal ductile. Je me servirai du mot éprouvette métallique, qui spécifie bien la forme du récipient d'explosion. Ces éprouvettes seront du calibre d'un mètre, je suppose, et de sept mètres de longueur. Je courbe cette éprouvette presque à angle droit à la distance de deux mètres et demi de la partie supé-

EXPLOSION.

rieure qui est fermée; ainsi l'autre partie du tube a quatre mètres et demi qui se trouve placés presque horizontalement, et ce bout d'éprouvette est ouvert.

« Je fixe avec les collets qui tiennent aux bouts ouverts de cette éprouvette et avec d'autres armatures nécessaires, l'éprouvette elle-même à la muraille et aux planchers du vaisseau, de manière que le bout qui est fermé et perpendiculaire soit à la hauteur de la flottaison.

« A la partie supérieure de chaque éprouvette, il y a trois robinets; l'un s'ouvre après une première explosion pour laisser remonter l'eau qui reprend son niveau et chasse l'azote qui existait après l'explosion; l'autre sert à introduire le gaz et l'air dans l'éprouvette, et se ferme de suite; le troisième est combiné de manière à faire effectuer la détonation. A cet effet, il a une flamme de gaz qui brûle par un petit orifice ménagé au centre de la clef dudit robinet, et une autre flamme placée sur le robinet, laquelle brûle constamment et rallume la première, qui s'éteint à chaque explosion.

« Il y a ensuite, dans le tube inférieur de l'éprouvette, une espèce de piston-rame articulée, de manière à laisser passer au travers l'eau qui vient reprendre son niveau après l'explosion. Les lames qui composent ce piston se placent horizontalement, et ne présentent que leur épaisseur comme résistance au retour de l'eau; quand

l'explosion a lieu, elles présentent toute leur surface.

« Au moyen d'une ligne droite de va-et-vient, mue par un mouvement circulaire et continu, je fais faire les fonctions en temps utile et marcher deux corps de pompe de grandeur et de capacité convenables, telles que un pour le gaz et huit pour l'air. Ils aspirent dans un sens et foulent dans l'autre l'air et le gaz dans l'éprouvette.

« Voici ces fonctions : quand la ligne droite marche dans un sens, elle ferme le robinet supérieur qui ouvre l'éprouvette pour en laisser échapper l'azote et y laisser remonter l'eau jusqu'au niveau de la flottaison et des corps de pompe; ensuite elle injecte dans l'éprouvette l'air atmosphérique et le gaz au moyen de deux corps

de pompe. Aussitôt l'injection faite avant la fin de sa course, elle fait fonctionner, par un quart de tour, le robinet d'explosion, qui retourne se mettre à sa première position quand l'explosion a eu lieu. Dans l'autre sens de la ligne droite, le robinet supérieur s'ouvre pour laisser échapper l'azote et remonter l'eau dans l'éprouvette; ensuite il fait aspirer l'air et le gaz par les corps de pompe, et ainsi de suite.

« Il va sans dire que la même ligne droite fait marcher deux éprouvettes ou récipients d'explosion en faisant la fonction par chacun de ses bouts en raison inverse, c'est-à-dire que quand elle injecte l'air et le gaz dans l'une des éprouvettes, elle aspire l'air et le gaz dans les corps de pompe pour l'autre éprouvette, dont la détonation doit suivre.

« Dans certaines dispositions, on peut placer, outre les récipients d'explosion de l'arrière, deux autres récipients à l'avant pour virer de bord plus vite; alors on y transporte le gaz et l'air par des tubes; et quand on les fait agir, on ne fait produire les détonations que par les récipients de l'avant et de l'arrière du bord opposé au rayon de la courbe que l'on veut décrire.

« Une explosion peut avoir lieu toutes les trois

EXPLOSION.

secondes par le même récipient (je prends à présent pour point de départ, de mise en action, des récipients d'explosion dans lesquels j'introduirai 35 litres de gaz et 280 litres d'air atmosphérique; chaque explosion égalera environ 25,000 kilogrammes de force). C'est donc une seconde et demie de temps par explosion, 40 explosions par minute, et par heure 2,400 explosions à 35 litres, égale 84,000 litres. Il faut deux de mes fourneaux ordinaires pour obtenir d'une manière normale cette quantité de gaz, et la capacité totale des cylindres doit être de 3,600 litres, ce qui fait douze tubes de deux mètres de long sur 0^m,44 de diamètre intérieur. Pour combustible en 24 heures, on brûle, dans deux fourneaux de cette capacité, 20 hectolitres de houille, et on emploie, pour chaque production de 3,500 litres de gaz, 4 kilogramme de charbon de bois ou autre pour décomposer l'eau. Ainsi, en 24 heures, c'est 576 kilogrammes de charbon. L'eau ne coûtant rien, je n'en parle pas dans ce compte.

20 hectolitres de houille, à 3 fr.	
50 c. l'hectolitre.	70
576 kilogr. de charbon, à 40 fr.	
les 400 kilogr.	57 60
	<hr/>
	427 60

« Avec 427 fr. 60 cent., on a une force motrice égale à 25,000 kilogr. toutes les secondes et demie, ce qui, à 75 kilogr. par cheval-vapeur par seconde, égale 222 chevaux.

« Pour une machine à vapeur par heure, il faut une dépense de 5 kilogrammes de houille par cheval; en 24 heures, une machine de 400 chevaux seulement emploie 450 hectolitres, qui, au prix de 3 fr. 50 cent., font 525 fr. Aussi je prends le minimum pour 200 chevaux à 800 fr. La dépense en combustible est donc, pour mon appareil, comme on est à sept, relativement à une machine à vapeur de même puissance. La force motrice qui m'est nécessaire pour faire fonctionner l'appareil est celle de deux hommes. Pour éviter d'avoir des réservoirs de gaz de grande dimension, je fais alimenter mes fourneaux d'eau à décomposer par la machine elle-même; et à chaque explosion, il se verse la quantité d'eau nécessaire dans les syphons d'alimentation pour produire le gaz que consomme une explosion; en sorte que je n'ai qu'un réservoir d'une capacité égale à deux ou trois mètres. C'est tout ce qu'il faut; aucun accident ne peut arriver.

« Quant à l'économie de confection et d'aménagement de mes appareils, il n'y a plus de comparaison avec une machine à vapeur.

« Quand les explosions ont lieu, le bruit en est à peine sensible, tout l'effet se produisant dans l'eau.

« J'ai fait un appareil de démonstration, qui, au moyen de 400 centimètres cubes de gaz et de 800 centimètres cubes d'air, me porte 6 litres d'eau à chaque explosion à environ 40 mètres de hauteur. »

Quel sera le résultat de cette invention en apparence fort séduisante, et dont les données, eu égard à la force motrice, auraient grand besoin d'être confirmées par des expériences plus rigoureuses? Nous avons vu dans l'*Introduction* quel cas on pouvait faire de cette conception et ce qu'on pouvait en espérer. M. Selligues, en répétant ses expériences sous une pression un peu considérable, est arrivé en outre à ce résultat inattendu que l'inflammation des gaz n'avait plus lieu; anomalie fort singulière qui prouve combien il reste à faire d'études sur ces questions de détonations avant de pouvoir passer à des applications prématurées aujourd'hui.

EXPLOSIONS DES CHAUDIÈRES A VAPEUR.
Voyez CHAUDIÈRES A VAPEUR et VAPEUR.

EXTRAITS. On distingue deux espèces d'extraits

EXTRAITS.

proprement dits : les extraits de bois de teinture et les extraits pharmaceutiques.

Les composés odorants que l'on désigne dans le commerce de la parfumerie sous le nom d'extraits de citron, de bergamotte, de musc, de lavande, etc., ne sont, à proprement parler, que des cosmétiques huileux ou alcooliques et parfumés par des essences (voyez HUILES VOLATILES).

Les extraits aromatiques de légumes, tels que ceux de carottes, de navets, d'oignons, de poireaux, de champignons, d'estrageon, de céleri, que l'on vend chez les épiciers pour donner de l'arôme à la préparation des mets, ne sont pas autre chose que des conserves de légumes cuits et concentrés à la vapeur.

Les extraits de teinture sont presque restreints aujourd'hui à la composition des colorants pour les impressions sur étoffes de coton, de laine et de soie; on les obtient en soumettant les bois de Fernambouc, du Brésil, de Sainte-Marthe, de Cuba, de Santal, et certaines substances végétales (quercitron, fustet, orseille, gaude, graine d'Avignon, etc.), à l'action successive de l'eau et de la vapeur d'eau.

En pharmacie, les extraits sont des médicaments composés des parties solubles des végétaux ou animaux, ramenés par l'évaporation en consistance molle, pillulaire ou sèche.

Au reste, la grande difficulté consiste à extraire économiquement, soit la matière colorante des bois de teinture, soit les parties solubles des espèces médicinales, de façon à les réduire en pâte sèche ou en solution liquide plus ou moins concentrée; c'est là le point essentiel ou manufacturier que nous voulons traiter ici.

Comme nous l'avons dit (BROYAGE), les bois de teinture doivent être divisés suffisamment, afin que l'eau puisse agir plus facilement sur la matière colorante qu'elle doit dissoudre; mais il faut opérer cette division dans un état convenable, et à l'aide de machines et d'outils faciles à manier et à réparer dans le cas d'usure. Déjà une vingtaine de machines ont été inventées et publiées depuis le commencement de ce siècle pour remplir ce but (voir les *Descriptions des brevets expirés, Annales des arts et manufactures*, tome II, page 498), et il en existe même plusieurs assez ingénieuses, telles que celles de MM. Barcker et Boweliffé, Hunter-Murdoch, Newton, Berendorff, etc., qui sont encore protégées par des brevets non expirés. Toutefois, nous nous bornerons à donner ici la description de la machine de feu Valery, qui réunit des organes nouveaux et propres à scier, râper, ou réduire les bois colorants en poudre fine. Cette machine d'ailleurs est dans le domaine public, et tout le monde a le droit de s'en servir aujourd'hui.

La fig. 824 représente l'élévation longitudinale de la machine.

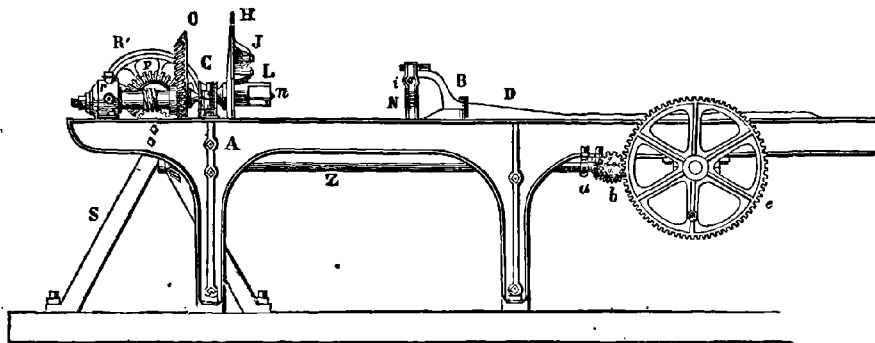
La fig. 822 est la vue horizontale.

A, A, bâti en fonte de la machine; B, B, croix de Saint-André servant à assembler les deux côtés du bâti; C, coussinet de l'arbre du plateau; D, charriot qui glisse dans des coulisses sur des tringles *h, h*, fixées le long de l'intérieur du bâti sur de petites portées; E, crémaillère fixée sous le charriot; F, pignon engrainant dans cette crémaillère; G, G, mâchoires armées de dents qui saisissent fortement l'extrémité de la bûche; H, plateau circulaire et vertical monté sur l'arbre I, et portant les couteaux ou lames d'acier K, qui rongent la bûche; J, J, boîtes saillantes fondues d'une seule pièce avec le plateau, et recevant les couteaux, serres entre deux plaques par une vis de pression. Ces boîtes sont disposées en double spirales sur le plateau, au nombre de six; l'intervalle occupé par chacune d'elle est un peu plus grand que le sixième du rayon du plateau, afin que les couteaux se recouvrent un peu les uns les autres, et coupent bien toute la surface que présente le bout de la bûche soumise à leur action, et qui est attaquée

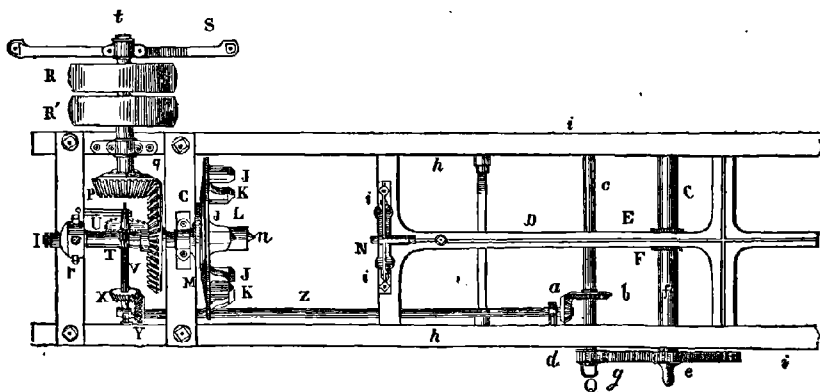
perpendiculairement à la direction de ses fibres. On n'emploie que le nombre de couteaux nécessaire, suivant le diamètre de la bûche.

L pièce de fer solidement fixée dans le centre du

L'arbre I porte une vis sans fin, T, qui fait mouvoir la roue U. L'arbre incliné V de cette roue est muni à son extrémité d'un pignon X, engrenant avec une roue Y, montée sur l'arbre Z.



824.



822.

plateau, et terminée par une pointe quadrangulaire mobile armée d'une lame d'acier maintenue par une petite vis. La lame peut être avancée à mesure qu'elle est usée par le travail et le repassage; une encoche pratiquée dans la pièce L donne passage au bois coupé par la lame. Cette pièce est taraudée à sa base et sert d'é-crou pour recevoir la vis de l'arbre du plateau, et faire appuyer fortement celui-ci contre son embase M. Elle fait saillie de 2 à 3 centim. au-delà des boîtes J, J. Son objet est de pénétrer dans la bûche que l'on veut réduire en poudre; il est fixé au moyen de deux boulons sur le chariot, et soutenu derrière par une jambe de force.

O, roue d'angle montée sur l'arbre I, et recevant son mouvement d'un pignon P ajusté sur l'arbre q; sur cet arbre sont aussi montées les deux poulies R, R', dont l'une est fixe et l'autre folle.

L'arbre q tourne dans des coussinets, dont l'un est fixé sur le bâti et l'autre sur une chaise en fonte S.

A l'autre extrémité de cet arbre est monté un pignon a, communiquant le mouvement à la roue b fixée sur l'arbre c, lequel porte un pignon d qui commande la roue e; cette roue, en faisant tourner l'arbre f, entraîne le pignon F, qui, engrenant dans la crémaillère E, fait avancer le chariot.

Le pignon d n'est qu'enfilé sur l'arbre c; il peut en être retiré à volonté au moyen de la poignée Q, ce qui permet de faire fonctionner le pignon F, et en même temps de reculer le chariot pour remplacer la bûche qui vient d'être rongée par une nouvelle.

Les engrenages qui font mouvoir le chariot sont calculés de manière à ce que celui-ci avance d'un quinzième de millimètre pendant une révolution entière du plateau H.

h, h, règles sur lesquelles chemine le chariot; elles sont attachées contre les côtés extérieurs du bâti; t, t, vis destinées à serrer fortement les mâchoires qui retiennent la bûche sur le chariot.

J, saillies adaptées au plateau et portent les couteaux ou lames d'acier qui rongent la bûche; ils sont pris entre deux petites plaques, et serrés par des vis de pression.

n, pointe quadrangulaire mobile fixée au bout de la

pièce L; c'est cette lame qui, attaquant le bois debout, le réduit en poussière en tranchant de petites longueurs des fibres; r, crapaudine de l'arbre I; s, poignée adaptée à l'un des rayons de la roue e, pour ramener le chariot lorsque la bûche est débitée; t, t, coussinets de l'arbre q.

Jeu de la machine. La courroie passée autour de la poulie R fait tourner l'arbre Q qui, par l'intermédiaire des roues d'angles O, P, imprime une vitesse de 30 à 40 tours par minute au plateau H. Le mouvement est transmis par la vis sans fin T, fixée sur l'arbre I, à la roue U, et successivement aux pignons X, Y, qui, en faisant tourner l'arbre Z et les pignons a, b, puis le pignon d et la roue c, font avancer le chariot, à l'aide du pignon F et de la crémaillère E, d'un mouvement lent et régulier.

Le produit de la machine est de 475 à 200 kilogr. de poudre par jour; cette poudre est passée dans un blutoir à brosses, d'où elle sort d'une finesse et d'une égalité parfaites. (*Bulletin de la Société d'Encouragement*, octobre 1839.)

Disons, cependant, que les fabricants d'extraits ne sont pas généralement d'accord sur la nécessité de réduire les bois de teinture en poudre très fine. Les uns prétendent que cette méthode est défectueuse ou au moins superflue quand on opère l'extraction de la matière colorante au moyen de la vapeur d'eau; les autres affirment, d'après leurs propres expériences, que les poudres colorantes de M. Valery rendent moins d'extraits que les bois coupés en feuillets minces au moyen de la varlope circulaire; M. Panay, l'un de nos plus habiles fabricants, nous a communiqué sur ce fait une expérience fort curieuse et très concluante.

« J'ai fait réduire, dit-il, sous mes yeux des moitiés de bûches de bois de teinture en poudre fine par la machine Valery, et j'ai réduit les autres moitiés en copeaux minces au moyen de la varlope circulaire; puis j'ai soumis les deux produits obtenus au même mode d'extraction par l'ébullition dans l'eau chauffée par la vapeur circulant dans un serpent, et pendant le même espace de temps. A mon grand étonnement, les poudres de M. Valery, quoique parfaitement épuisées en moins de 6 heures, m'ont donné 30 p. 0/0 d'extraits de moins que les bois réduits en copeaux. » M. Panay pense que, dans les poudres tinctoriales de M. Valery, une partie de la matière colorante est altérée ou brûlée par la violence du choc, c'est-à-dire par la chaleur produite par le choc de l'outil qui coupe les fibres ligneuses dans le sens perpendiculaire. Cette opinion semblerait confirmée jusqu'à un certain point par le témoignage de M. Chevreul, qui recommande de soustraire les poudres Valery au contact de la lumière et de l'atmosphère, parce qu'elles s'altèrent, dit-il, bien plus vite à cause de leur division même.

Tout en reconnaissant ce fait incontestable, que les bois effilés, coupés, moulus ou réduits en poudre fine, sont altérés ou modifiés par l'action de la lumière et de la chaleur, nous devons convenir aussi que la fabrication des extraits et des teintures tend à se simplifier et à s'améliorer aujourd'hui, par suite de l'emploi des machines à couper et triturer les bois de teinture. On comprend aisément qu'une division mécanique, qui a pour effet de donner aux copeaux, ou particules des bois de teinture, la plus grande surface et la moindre épaisseur possibles, est extrêmement favorable à l'extraction de la matière colorante, par l'économie qu'elle apporte dans la durée de l'opération et dans la dépense du combustible; mais il faut employer les poudres ou les copeaux aussitôt après leur préparation pour obtenir le plus de matières colorantes possible.

Préparation des extraits. Jusqu'au commencement

de ce siècle, l'usage suivi en France a été de réduire les bois en copeaux à l'aide d'une hache, et de laisser macérer ces copeaux pendant quelques jours dans l'eau pour dissoudre la matière colorante. Mais, en observant la texture des bois et le dépôt de la couleur dans leurs interstices ou cellules, les Hollandais s'aperçurent les premiers qu'on perdait une quantité considérable de matière colorante. Ils songèrent alors à triturer les bois de teinture entre deux meules placées perpendiculairement sur une table ronde, dans la même position que les meules propres à écraser les graines oléagineuses.

Un ouvrier jetait sur la table et au passage des meules les bois de teinture coupés en éclats ou petits morceaux, de l'épaisseur de quelques millimètres et longs de 5 à 6 centimètres. Les meules réduisaient d'abord les copeaux en lames plus ou moins épaisses et grossières, ressemblant à des brins de filasse légèrement contournés et aplatis; puis les copeaux étaient soumis à une seconde machine à triturer, et tamisés ensuite au moyen d'un blutoir.

Pour aider la première trituration on humectait par moments les copeaux ou brins de bois; et cette humectation empêchait aussi la volatilisation des poudres colorantes.

Les bois étaient réduits en éclats par le moyen de petites haches ou de couteaux de boulanger mus à la main.

Nous lisons, dans un Mémoire envoyé en 1793 par un représentant du peuple en mission en Hollande au comité de salut public: « C'est avec ces meules que les Hollandais réduisent en poudre les bois de Santal, de Campêche, du Brésil, de Fernambouc et de nîrier. » (Voir le *Journal des Arts*, tome I^{er}, page 304.) C'est à l'aide de ce procédé que les Hollandais passaient alors pour avoir un moyen particulier de préparer les couleurs, qu'ils extrayaient d'ailleurs au moyen d'une longue ébullition dans l'eau.

En 1816, M. Salleron employa le filtre-pressé ou filtre hydraulique de M. le comte Réal pour extraire la matière colorante des bois de teinture. (Voir le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, tome XV, année 1816.) Mais cet appareil ne permet pas d'opérer sur des quantités de matières un peu considérables. Il exige surtout une trop grande dépense de combustible pour évaporer les eaux de lavage.

Vers la même époque, M. de Rommerhausen, physicien allemand, inventa la *presse à vapeur*, qui, même aujourd'hui, peut encore paraître nouvelle et d'un bon emploi pour la préparation des extraits, sauf pourtant à la compléter par les additions, changements ou perfectionnements que l'on a apportés depuis plusieurs années dans les appareils à vapeur.

La fig. 823 représente la coupe verticale de cette presse, publiée, en 1825, dans le *Traité de Leuchs* sur la préparation des matières tinctoriales. (Voir la traduction par M. Pécelet. Paris, 1829. Première partie, page 40.)

« A, est le foyer; le feu chauffe la chaudière c, la fumée va envelopper la chaudière b, et se rend dans la cheminée.

« b, chaudière pleine d'eau, garnie d'un tuyau à robinet qui aboutit à une chaudière à vapeur c; sa capacité est les 2/3 de celle de la première.

« c, chaudière à vapeur. Le tuyau f est destiné à laisser dégager la vapeur quand on veut l'alimenter; le tuyau e, également garni d'un robinet, communique avec la partie inférieure d'un vase, où se trouvent les corps que l'on doit soumettre à la vapeur; les deux chaudières sont en fer ou en cuivre.

« d, est un vase en bois de chêne. L'eau bouillante arrive à sa partie inférieure par le tuyau e, et passe vers un fond percé recouvert de paille, et dans elle s'é-

chappe à travers les corps qui ont été placés dans l'espace *h*. A la partie supérieure on place une grosse toile de laine ou un fond percé que l'on fixe de manière qu'il ne puisse pas être levé.

« *k*, tuyau par lequel le liquide, qui a traversé le vase *d*, se rend dans le tonneau *l*. Lorsque les corps sont aromatiques, ou condense la vapeur dans un serpentín.

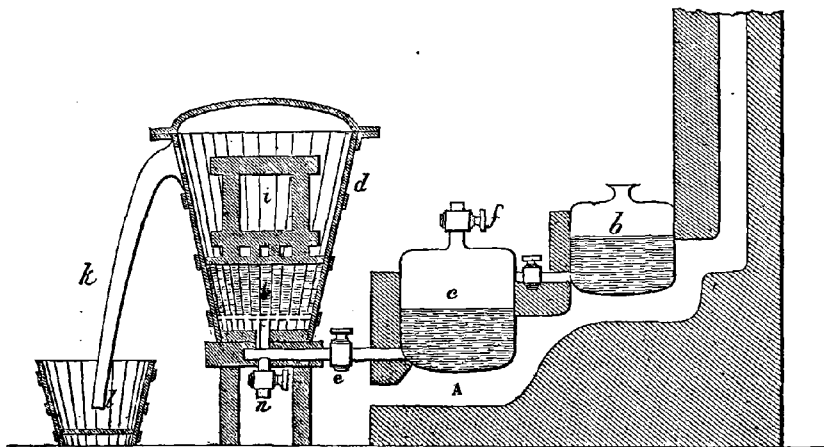
« *n* est un tuyau fermé par un robinet qui sert à soustraire le liquide qui reste dans le vase.

« Pour travailler avec cet appareil, on commence par fermer tous les robinets, on introduit l'eau dans la chaudière *b* et on ouvre le robinet qui communique avec la chaudière à vapeur et le robinet *f*, pour que l'eau de la chaudière *b* puisse pénétrer dans la chaudière *c*; alors on ferme le premier robinet, on laisse ouvert le robinet *f*, on remplit de nouveau la chaudière *b*, et on chauffe.

« Pendant que l'eau renfermée dans les chaudières *a*

M. Leuchs ajoute dans une note : « Il ne faut pas ouvrir trop tard le robinet, parce que la vapeur pourrait acquérir une assez grande force élastique pour briser la chaudière. Pour éviter ces accidents, il serait convenable de garnir les chaudières de soupapes de sûreté. »

Cet appareil, disons-nous, peut être perfectionné facilement et utilement : ainsi, en plaçant plusieurs cuves ou cylindres verticaux *d*, faits solidement en cuivre, les uns à côté des autres, et en les faisant communiquer par des tuyaux de métal du haut en bas, on peut former un appareil d'extraction par la méthode dite de déplacement (voyez DÉPLACEMENT), et opérer ainsi une circulation continue de l'eau ou de la vapeur d'eau condensée, de manière à obtenir des extraits à un degré de concentration voulu. Il faudrait alors employer un générateur à vapeur marchant à haute pression, et muni de soupapes de sûreté, de pompes alimentaires, etc. ; la vapeur chauff-



et *b* se chauffe, et que les vapeurs se dégagent par *f*, on remplit l'espace *h* avec les objets que l'on veut soumettre à l'expérience; si ce sont des corps solides, ils doivent être grossièrement pilés.

« Aussitôt que l'eau entre en ébullition, on ferme le robinet *f* et on ouvre quelques minutes après le robinet *e*. La pression de la vapeur qui se forme dans la chaudière *c* force l'eau à pénétrer dans l'espace *h* (le robinet *n* est fermé); en traversant les corps qui y sont renfermés, elle dissout les matières solubles qu'ils renferment, et se rend par le tuyau *k* dans le tonneau *l*.

« S'il paraît des vapeurs dans le tuyau *k*, c'est une preuve que l'eau de la chaudière *c* est évaporée; on ouvre alors le robinet *f* et celui du tuyau placé entre *c* et *b*, et on laisse pénétrer l'eau de la chaudière *b* dans la chaudière *c*; l'opération recommence comme précédemment et on répète cette opération jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule par le tuyau *k* soit pure, ce qui indique que les corps solubles qui renfermaient les matières placées en *h* ont été complètement entraînés.

« On peut accélérer l'opération en faisant d'abord tremper les corps pendant quelques heures dans l'eau, et encore davantage si on les fait traverser par de la vapeur. Cette dernière opération peut s'exécuter en mettant d'abord seulement, dans la chaudière *c*, quelques pouces d'eau qui se transforme rapidement en vapeur. »

ferait d'abord à l'aide de serpentins les cuves ou chaudières pour évaporer à l'air libre les extraits liquides; elle reviendrait ensuite dans la première cuve *d*, où elle se condenserait et opérerait en même temps la circulation du liquide coloré, par l'effet de la pression dans les autres chaudières.

C'est d'après le principe de la circulation de l'eau et de la vapeur que M. Panay construit en ce moment un appareil fort ingénieux, pour lequel il a pris un brevet d'invention de 45 ans, en y joignant, par des combinaisons mécaniques bien entendues, l'emploi de l'eau distillée chaude. Le dessin de cet ingénieux appareil nous a été communiqué par l'inventeur avec le plus entier désintéressement; et nous saisissons avec empressement cette occasion pour lui adresser publiquement tous nos remerciements.

Pour n'omettre aucun des renseignements théoriques qui peuvent guider dans l'étude et la marche progressive de la fabrication des extraits, nous allons décrire la composition et les principes organiques des bois le plus généralement employés.

Bois de campêche que l'on appelle aussi *bois d'Inde*. Les bûches de ce bois sont dures, compactes et lourdes; elles sont à l'extérieur d'une couleur brun-rougeâtre; mais elles doivent être dans l'intérieur orange-rougeâtre et exhaler une odeur de violette

Le bois de campêche est composé, suivant M. Chevreul, de ligneux, d'hématine, qui contient le principe colorant assez semblable au sang, d'une matière particulière qui lui est intimement unie, d'une substance azotée, d'une substance volatile, d'une matière résineuse, d'acide acétique, de chlorure de potassium, d'acétate de potasse, d'acétate, de sulfate, d'oxalate et de phosphate de chaux, d'alumine, d'oxyde de fer et d'oxyde de manganèse.

L'eau bouillante enlève environ 0,03 de matières solubles au bois de campêche; la décoction contient tous les corps que nous avons déjà nommés, moins le ligneux, l'oxalate et le phosphate de chaux.

L'hématine et la matière particulière qui lui est unie sont les substances dominantes de l'extrait aqueux.

L'alcool bouillant enlève au bois qui a été épuisé par l'eau, de la matière résineuse, de l'hématine et la matière particulière.

L'acide hydro-chlorique sépare du bois épuisé par l'eau et l'alcool de l'hématine, de la matière particulière, de l'oxalate, et probablement du phosphate de chaux.

Le bois qui a été épuisé successivement par les dissolvants retient encore de l'hématine et de la matière particulière; probablement cette matière est fixée au ligneux par la substance azotée et la matière résineuse (30^e leçon de *Chimie appliquée à la teinture*, par M. Chevreul, 2^{me} vol., page 89).

Pour obtenir l'hématine pure dans les laboratoires de chimie, on fait évaporer à siccité la dissolution aqueuse de bois de campêche à une basse température et on traite le résidu par l'alcool chaud à 36 degrés. On filtre, on évapore jusqu'à consistance sirupeuse et on ajoute un peu d'eau; en évaporant de nouveau et abandonnant la liqueur à elle-même, une partie de l'hématine cristallise. On lave les cristaux avec un peu d'alcool.

M. Panay obtient l'hématine cristallisée pure sans aucun traitement à l'alcool et sans aucune manutention; par son procédé, l'hématine se forme et se dépose tout simplement par le repos sur les parois mêmes des baquets en bois qui contiennent la décoction plus ou moins concentrée de campêche, et dépouillée préalablement de la matière résineuse.

L'hématine n'est employée à l'état de pureté que comme réactif dans les laboratoires; elle n'est encore d'aucun usage dans les arts et les manufactures.

Bois de Brésil. Le plus estimé dans le commerce est connu sous le nom de *bois de Fernambouc*, *bois de Fernambourg*.

Il est très dur, compacte, très pesant, et va au fond de l'eau. Il a une odeur et un goût sucrés; sa couleur est jaune-rougeâtre à l'extérieur, et passant plus ou moins au rouge foncé quand il a été exposé à l'air; les couches intérieures sont plus pâles et se fonce au contact de l'air.

La décoction ou l'infusion aqueuse de ce bois contient, suivant M. Chevreul, du ligneux, de la *brésiline*, qui renferme la matière colorante, une matière qui y est intimement unie, une huile volatile qui a l'odeur et la saveur du poivre, de l'acide acétique libre, des acétates de chaux, de potasse et d'ammoniaque, du sulfate de chaux et une substance azotée.

Sa solution tire moins sur le rouge que celle de l'hématine, à concentration égale.

On emploie aussi le bois de Nicaragua ou de Sainte-Marthe qui ne renferme ordinairement que le $\frac{1}{3}$ et souvent $\frac{1}{2}$ de la matière colorante du bois de Fernambourg, qui n'est pas, du reste, aussi belle, ni aussi durable.

Bois de Santal. Ce bois n'est employé aujourd'hui que dans la teinture; il renferme un principe colorant rouge nommé *santaline*, et une matière analogue à celles qu'on nomme résines.

Bois de Brésil jaune. Il se rencontre dans le commerce sous la forme de grosses bûches qui doivent être compactes, denses, d'une couleur jaune sans mélange de rouge.

On rencontre souvent dans l'intérieur de ces bûches une matière pulvérulente jaune ou d'un blanc tirant sur la couleur de chair, et une matière rouge dont l'aspect est résineux. M. Chevreul a désigné sous le nom de *morin*, la matière colorante de ce bois.

La décoction ou infusion aqueuse de bois est jaune d'or, mais elle peut présenter accidentellement quelques parties rougeâtres et orangées, suivant qu'elle est faite avec plus ou moins d'eau. Nous examinerons la décoction de *bois jaune* à l'article *TEINTURE*; et nous renvoyons pour l'examen du *morin* aux leçons de chimie appliquée à la teinture par M. Chevreul, tom. II, 30^e leçon.

Au résumé, le bois de Brésil jaune est plutôt employé dans les teintures sur laine que pour les couleurs d'impression sur étoffes; les jaunes qu'il donne d'ailleurs ont l'inconvénient de devenir roux à l'air; précisément à cause des composés astringents qu'il renferme. Aussi lui préfère-t-on, dans les manufactures d'impression, le bois jaune venant de Cuba, qui donne des jaunes plus intenses et plus variés.

Au reste, les extraits de quercitron, de Gaude, de graine de Perse, sont encore supérieurs et plus brillants; et on les emploie généralement aujourd'hui dans les grandes et bonnes manufactures d'impressions et de teintures.

Usage des extraits. L'extrait de campêche sert à faire le violet et le noir; celui de Brésil est employé principalement pour le rouge sur soie.

L'extrait de Sainte-Marthe sert pour faire le rouge à bon marché, le puce et le marron sur coton.

L'extrait de Cuba est principalement en usage pour le vert et le jaune.

Il ne suffit pas, cependant, pour fabriquer des extraits vendables, de connaître seulement la composition et les propriétés des bois colorants, comme les savants chimistes les ont définis, il faut connaître encore l'état actuel de la manufacture, c'est-à-dire le mode d'employer et de mélanger les mordants pour produire sur les étoffes des couleurs brillantes et solides.

La partie commerciale et économique est aussi d'une grande importance, puisqu'il s'agit de produire des extraits que l'on vend aujourd'hui à un prix inférieur à celui du bois brut.

Préparation des extraits en grand ou moyen de la vapeur. M. Panay a été un des premiers en France qui se soit livré à la fabrication des extraits aqueux, en employant la méthode d'extraction et de concentration de la matière colorante par la vapeur; ses travaux datent de l'année 1826. Au commencement de l'année 1829, cet industriel habile a monté, d'après le même principe, la fabrique d'extraits de M. Charles Meissonnier à Paris, et celle de M. Michel à Puteaux, en 1835.

Mais, au mois de novembre 1829, M. Charles Meissonnier a pris un brevet d'invention pour un appareil d'extraction, qui a beaucoup d'analogie avec la presse de Rommerhausen (voir la *Description des brevets expirés*, tome 39, page 193); toutefois cet appareil renferme des additions et perfectionnements pour l'évaporation économique des liquides, dans des vases chauffés au moyen de la vapeur.

Il est bon de dire aussi que dès le mois de mai 1828, M. Perpigna avait pris un brevet pour une méthode d'évaporation des liquides en multipliant les surfaces exposées à l'action de la chaleur (voir la *Description des brevets expirés*, tome XXXVI, page 486). Son appareil était composé d'une chaudière à large ouverture avec un double fond, chauffé par la vapeur; et celle-ci circulait ensuite dans un serpentín placé au-dessus. Nous retrouvons en outre dans le *Journal de pharmacie*, tome V,

page 302, année 1819; tome IX, page 348, année 1823. L'emploi des appareils d'évaporation, chauffés au moyen de la vapeur d'eau, pour préparer les extraits pharmaceutiques; et ces appareils sont encore les meilleurs que l'on puisse employer avec sûreté et économie.

Appareil de M. Meissonnier. La vapeur entre dans une grande chaudière de cuivre hermétiquement fermée, et dans laquelle on a placé préalablement les copeaux de bois de teinture, sur un double fond de fer-blanc troué comme une passoire à café; elle pénètre facilement les fibres ligneuses, dissout la matière colorante qu'elles renferment, se condense en partie et forme l'extrait liquide qui s'écoule au moyen d'un tuyau fixé à la partie inférieure de la chaudière, dans un vase plat et à double fond.

La vapeur surabondante s'échappe de la grande chaudière par un second tuyau placé au-dessus du niveau du liquide ou extrait coloré; elle chauffe le vase à double fond qui le contient, et se condense dans un troisième vase rempli d'eau.

L'extrait ainsi chauffé prend bientôt la consistance sirupeuse qui est généralement demandée dans les manufactures; on le met, au besoin, dans une petite bassine hémisphérique placée au-dessus de la grande chaudière, afin de lui donner la consistance molle ou sèche.

On continue ainsi l'opération, c'est-à-dire l'extraction de la matière colorante, tant que le liquide qui découle de la grande chaudière est coloré; puis on remplace le bois épuisé par du bois neuf.

Le vase qui reçoit l'extrait est peu profond et d'une assez grande dimension pour pouvoir produire promptement l'évaporation; il est ouvert à sa partie supérieure afin d'établir l'accès d'un courant d'air sur la superficie du liquide bouillant, ce qui accélère encore l'évaporation.

La chaudière d'extraction est en cuivre, et assez forte pour résister à la tension de la vapeur et à la dilatation produite par la chaleur.

En 1839, M. Beyssère présenta à l'Académie des sciences un procédé qui, au premier aspect, paraît simple et facile d'exécution; les bois de teinture réduits en copeaux très minces à l'aide de la varlope sont immédiatement soumis dans un cuvier fermé à un courant de vapeur, et quand la température de la masse totale a atteint près de 80 degrés, on découvre et l'on arrose avec quelques litres d'eau froide; puis on soutire à l'aide d'une cannelle inférieure la portion de liquide qui s'est condensée, et on la rejette à l'aide d'un arrosoir sur la surface des copeaux. Cette manœuvre est répétée jusqu'à ce que la lessive ait atteint un assez grand degré de concentration, et alors on l'évapore d'abord à feu nu; puis au bain-marie. L'action de la chaleur ainsi ménagée permet d'obtenir des extraits bien homogènes et entièrement solubles dans l'eau chaude. Suivant l'auteur, on évite ces longues ébullitions au contact de l'air auxquelles on avait recouru autrefois, et les matières colorantes éprouvent beaucoup moins d'altération. (Voir *Compte-rendu de l'Académie des sciences*, 29 avril 1839.)

M. Beyssère n'a point élevé de fabrique, et tout porte à croire que sa méthode de lavage est longue et plus dispendieuse que celles employées par MM. Panay, Meissonnier et Michel. Nous reconnaissons cependant, d'après notre propre expérience, que les extraits aqueux obtenus par son procédé sont riches en matière colorante, en ce sens que celle-ci est plus vive et plus éclatante, mais il faut éviter la concentration à feu nu, qui agit sur la matière colorante en la carbonisant.

Le résultat de la coloration des extraits paraît tenir à deux causes que la science n'a pas encore suffisamment expliquées: l'une est inhérente à la fabrication elle-même, qui opère par des lavages successifs; l'autre paraît accidentelle et due au développement des couleurs

par l'action d'une chaleur régulière et prolongée, en présence de certains agents chimiques ou physiques qui éprouvent eux-mêmes des modifications plus ou moins stables.

Il est probable que les phénomènes de la coloration plus ou moins intense des extraits sont analogues à ceux des couleurs, qui ont lieu dans la teinture par l'action lente et prolongée de la chaleur, au contact de l'air, et sous l'influence de certains agents (voyez *TEINTURE*).

Au reste, quelle que soit l'opinion que l'on ait sur le développement des couleurs des extraits, les rapprochements que nous faisons ici ne peuvent avoir aucun inconvénient, puisque nous ne les présentons pas comme définitifs, mais comme probables, et que, d'un autre côté, les extraits et les couleurs de teinture sont remarquables par leur analogie de composition.

Il est démontré d'ailleurs qu'on doit purifier les extraits de bois de teinture, tels que ceux de campêche, autant que possible de la matière résineuse, d'un excès d'hématine, des corps solides et des sels qui changent et altèrent la couleur fixée sur l'étoffe par l'impression, et nous avons reconnu même qu'en teinture les extraits d'orseille fournissent une couleur plus vive, plus économique que les orseille ordinaires.

PURIFICATION DES EXTRAITS AQUEUX.

On précipite la matière résineuse au fond des vases, après la première évaporation, par une légère addition d'eau froide versée dans le liquide aqueux lorsqu'il est encore chaud; on la laisse déposer dans des cuiviers en bois.

Après plusieurs jours de repos le liquide aqueux se compose de trois parties distinctes: l'une compacte, solide, fortement colorée en brun-rougeâtre, qui se dépose au fond des cuves et qui contient la matière résineuse, les sulfates de chaux et d'alumine, les oxydes de fer et de manganèse, etc., qu'on sépare; l'autre gluante, d'une apparence résineuse, et d'autant plus riche en couleur qu'elle est plus insoluble dans l'eau froide; la troisième partie, c'est-à-dire la partie supérieure du liquide, est sirupeuse, et plus ou moins soluble dans l'eau froide, suivant que l'extrait a été fait avec plus ou moins d'eau ou de vapeur d'eau condensée. On décante ensuite cette dernière partie et on la fait évaporer et concentrer, au moyen de la vapeur, dans un vase en cuivre à double fond, ou garni intérieurement d'un serpentín. On obtient ainsi un second extrait gluant, plus insoluble et plus riche en couleur, que l'on mêle avec la première partie. Comme nous l'avons déjà dit, l'hématine pure se dépose et cristallise sur les parois mêmes du vase sans l'intermédiaire d'aucun réactif. C'est à M. Panay que l'on doit ce procédé facile, qui lui permet de préparer et de vendre aujourd'hui l'hématine cristallisée au prix de 6 francs le kilogramme.

Quant à l'épuration immédiate des extraits du bois de Fernambouc, de Sainte-Marthe, et généralement de tous les bois de Brésil, elle a la plus grande analogie avec celle du bois de campêche, sauf la différence du principe colorant (*la brésiline*) et de la matière qui y est unie, qu'on ne cherche pas à obtenir à l'état de pureté; mais l'extrait de Fernambouc l'emporte toujours pour la quantité et la vivacité des couleurs. La cause de cette différence, dit Leuchs, provient en grande partie de ce que les bois de Brésil, autres que ceux de Fernambouc de bonne qualité, contiennent une matière colorante fauve.

Dingler a fait voir que l'on pouvait séparer cette dernière, et qu'alors on pouvait teindre avec le brésillet le bois de Sainte-Marthe, du Japon, de Sapan, etc., aussi bien qu'avec le meilleur bois de Fernambouc. Le procédé de Dingler consiste à traiter les bois par l'eau ou la vapeur d'eau, à concentrer la décoction, de manière

à obtenir 7 kil. à 7 kil. 1/2 de décoction par 2 kilogr. de bois, laissant refroidir, et y versant un kilogr. de lait écramé trait depuis 42 à 48 heures (pour les bois peu riches en couleur 1/3 à 1/2 de moins); on agite, on fait bouillir pendant quelques minutes et on filtre. Les matières colorantes fanées sont précipitées par la coagulation de la matière caséuse. En teignant on étend la décoction avec de l'eau. Pour l'impression, ou la concoupe de manière que 2 kilogr. de bois ne fournissent que 2 1/2 kilogr. à 3 kilogr. de décoction, et on épaissit la liqueur comme à l'ordinaire. Les décoctions peuvent être employées de suite, parce que par ce traitement elles ont acquis les propriétés qu'elles n'acquerraient, par la préparation ordinaire, qu'en les conservant quelque temps. On peut augmenter la quantité colorante des différents bois, et principalement celle de celui de Ste-Marthe, en laissant légèrement fermenter les décoctions. Pour cet effet on le fait moudre grossièrement, et on le met dans des tonneaux, ou en masses bien couvertes, dans un lieu dont la température ne soit ni trop basse ni trop élevée; où on l'abandonne pendant quatre ou cinq semaines. L'humidité et la chaleur y développent bientôt une fermentation qui se reconnaît à la température de la masse, qui se trouve plus élevée que celle de l'air. Après on peut le faire moudre fin et le mettre dans des tonneaux (extrait du *Traité complet de la préparation des matières tinctoriales*, par Leuchs, traduit de l'allemand par M. Pécelet, première partie, page 245).

Quelques chimistes attribuent l'amélioration qu'éprouve la décoction de bois de Fernambouc par le temps, à la séparation des matières résineuses, et le fait est démontré depuis longtemps par l'expérience et par la pratique manufacturière. Il ne faut donc pas croire, à tort, que l'action simultanée de l'oxygène atmosphérique et de la chaleur ne puisse avoir aucune influence sur les bois pulvérisés, ainsi que sur les décoctions de certains bois de teinture, surtout lorsqu'on fait évaporer ces liquides à feu nu et au contact de l'air.

Il est plusieurs faits bien démontrés, c'est que si on laisse du bois de campêche, pulvérisé, pendant plusieurs mois, et même pendant des années, dans un lieu très sec et exposé à une chaleur tempérée, il perd bientôt ses propriétés tinctoriales. En évaporant une décoction de ce bois resté quelque temps à l'air, le résidu n'est presque plus soluble dans l'eau, et donne des couleurs très faibles et très fugaces (*Bancroft*).

Au contraire, la décoction de Fernambouc exposée dans une cave pendant plusieurs mois, et même pendant des années, éprouve une altération qui embellit sa couleur et le rend plus solide. Il est bon d'y jeter de temps en temps un peu de bois de Fernambouc moulu, on perd moins de matière colorante (*Leuchs*).

Ces rapprochements nous conduisent à reconnaître que les belles couleurs des extraits de bois sont, pour la plupart, le résultat d'opérations chimiques plus ou moins adroites et bien entendues; que le développement ou l'altération de la matière colorante sont subordonnés à diverses circonstances inconnues, qui en modifient plus ou moins les nuances.

Quant au meilleur mode d'évaporation (voyez ÉVAPORATION), l'expérience prouve qu'il y a avantage à évaporer lentement, au moyen de la vapeur à basse pression, afin de ne point altérer la matière colorante, et pour amener les extraits constamment au même degré de concentration. C'est ainsi que M. Panay opère, et ses préparations, dont la production s'élève au chiffre énorme de plus de 700 kilogr. par jour, sont justement citées et appréciées dans les manufactures d'impressions.

PRÉPARATION DES EXTRAITS PHARMACEUTIQUES.

Les extraits sont classés par les pharmaciens de la manière suivante :

1° Les extraits faits avec le suc des plantes vertes ;

2° Les extraits obtenus par l'action de l'eau, soit à froid, soit à chaud, sur les plantes sèches, et appelés *extraits aqueux* ;

3° Les extraits obtenus au moyen de l'eau et de l'alcool appelés *extraits hydro-alcooliques* ;

4° Les extraits obtenus avec l'alcool seul, et appelés *extraits alcooliques* ou *résineux* ;

5° Les extraits obtenus avec le vin, qui ne sont guère plus employés.

A ces cinq variétés d'extraits, M. Dausse, pharmacien à Paris, en a ajouté deux autres qui sont dues à ses recherches.

1° Les extraits obtenus par l'intermède de l'éther et de l'eau, qu'il appelle *extraits aqueux éthers* ;

2° Les extraits obtenus au moyen de l'eau, de l'alcool et de l'éther, qu'il appelle *extraits hydro-alcooliques éthers*. Ces deux extraits ne se préparent qu'avec les plantes aromatiques.

Pour les préparer, il faut employer toutes les opérations que nécessite la fabrication des extraits de teinture, c'est-à-dire l'extraction des matières solubles par l'action de l'eau ou de l'alcool, soit à froid, soit à chaud, l'évaporation et la concentration du liquide aqueux par le chauffage au moyen de la vapeur et la distillation régulière et méthodique.

On doit employer surtout le moyen d'extraction à l'eau froide ou tiède, et celui d'évaporation au bain-marie ou à la vapeur, ou dans le vide, pour transformer les suc végétaux en extraits sans les altérer. On sait d'ailleurs que la plupart des extraits pharmaceutiques obtenus par la décoction ou l'infusion à chaud et l'évaporation à feu nu se colorent fortement, et contractent un goût empyreumatique très désagréable.

L'extraction s'opère facilement à froid, lorsqu'on fait usage d'un appareil fondé sur la méthode de déplacement; et depuis l'heureuse application de cette méthode, tant recommandée par MM. Boullay, Guibourt et autres, des expériences ont prouvé que, traitées à froid par l'eau ou l'alcool, les substances médicamenteuses cédaient à ces liquides toutes les parties solubles qu'elles renfermaient, et cela en employant beaucoup moins de liquides que par les anciens procédés.

Le mode d'évaporation de la solution aqueuse, dans un vase à double fond chauffé par la vapeur, n'altère en rien l'extrait que l'on veut obtenir. Pourtant la majeure partie des pharmaciens emploient encore l'évaporation et la concentration des extraits à feu nu ou à l'aide du bain-marie. Nous ne commissions qu'un seul pharmacien à Paris, M. Dausse, qui emploie le chauffage à la vapeur, et encore depuis quelques années seulement; il est aussi le premier qui ait fabriqué par ce procédé les extraits pharmaceutiques en grand.

Au résumé, voulant fournir sur la préparation des extraits pharmaceutiques des indications exactes, nous avons recueilli et mis en ordre les travaux des hommes spéciaux.

Extrait du Dictionnaire universel des Matières médicales, par Méral, 1831. « On les prépare en faisant évaporer le suc des plantes fraîches, naturel ou dépuré, ou l'infusion, la décoction, la macération ou la digestion de ces plantes, pour leur donner la consistance qu'ils doivent avoir, soit par l'ébullition (ce qui est le plus mauvais procédé), soit par l'évaporation lente sur le feu, à l'étuve, à la vapeur, au soleil. Un extrait bien préparé doit être lisse, luisant, fêchir sous le doigt sans y adhérer, et se dissoudre complètement dans l'eau. Les extraits doivent se conserver à l'abri de l'air, dans des endroits secs, et être visités de temps en temps pour voir s'ils ne s'altèrent pas, auquel cas il faut les renouveler, et non les remanier. En les cuisant ou les décuisant, comme on le recommande dans les pharmacopées, on les altère; car le moindre changement leur ôte leurs propriétés; il faudrait les conserver dans des

EXTRAITS.

flacons à large ouverture bouchés à l'émeri. Les extraits présentent beaucoup de différences, suivant leur mode de préparation, ainsi que l'a prouvé M. Orfila, qui a conclu des expériences qu'il a faites de la température employée pour l'obtenir (*Toxicologie*, tome II, page 214), que ceux préparés par décoction et évaporés par ébullition sont presque sans propriétés; les meilleurs sont ceux faits récemment par l'infusion de la plante sèche. Comme chaque pharmacien prépare à sa manière ce composé médicinal, qu'il apporte plus ou moins de soins dans sa confection, il en résulte que les extraits sont fort différents, suivant les officines. Toutes choses égales d'ailleurs, ils diffèrent encore suivant que l'année a été sèche ou pluvieuse, que la plante employée a été récoltée dans des localités chaudes ou humides, sauvage ou cultivée, que l'extrait est ancien ou nouveau. On voit donc que ce genre de médicament ne saurait être toujours le même, et que ses effets doivent être nécessairement incertains. Il n'y a que les extraits très actifs auxquels il reste toujours une partie de leurs propriétés naturelles. »

Le but qu'on se propose en faisant des extraits est triple; on a l'intention : 1° de conserver les principes qu'on suppose les plus précieux des substances employées pour les saisons ou les lieux où elles existent peu fraîches; 2° de les rapprocher sous le moindre volume possible; 3° d'en faciliter l'administration. Ces deux dernières intentions sont assez bien remplies; mais il n'est pas certain qu'il en soit de même de la première; on n'a dans un extrait, comme nous l'avons dit, que les parties solubles dans l'eau de végétation, ou le liquide employé; il y en a d'insolubles qui n'en font point partie, et qui cependant ont aussi des propriétés non équivoques. C'est donc la plante entière qu'il faut employer lorsqu'on veut avoir toutes les vertus qu'elle possède. Il n'y a donc que l'usage, aidé de l'analogie, qui puisse donner au juste le degré de valeur des extraits.

Les doses des extraits sont en général du quart de la quantité de la plante en nature; ainsi la belladone, l'aconit, la jusquiame, etc., dont on donne deux grains en poudre, se prescrivent par demi-grains, en extrait; dans les végétaux moins actifs on peut donner moitié en poids. On les administre en bols ou en pilules, parce que leur saveur est toujours amère et désagréable; ils servent, en outre, d'excipient pour d'autres substances dont on fait des pilules. On mêle fréquemment les extraits au savon et à d'autres médicaments fondants. Lorsqu'on ajoute aux extraits la partie verte de leur suc, on les dit préparés à la manière de Storck. On ne connaît qu'un petit nombre d'extraits animaux, ce sont les tablettes de bouillon, l'extrait de fiel de bœuf, de cantharides, etc.

Les extraits peuvent contenir les principes suivants : Extractif alcaloïde, gomme, gomme-résine, fécule, mucilage, gluten, soufre, acide benzoïque, citrique, etc.; sels, principes colorants, etc. On y trouve parfois du fer, du cuivre, qui viennent des vases qui ont servi à les préparer.

Extraits obtenus avec le suc des plantes, par Dausse. Généralement pour préparer ces extraits, on fait usage d'un FILTRE - PRESSE. La seule modification que M. Dausse a apportée à ce procédé, consiste en ce que, pour ne rien perdre de la substance extractive que retiennent toujours les résidus après l'expression, il met ces derniers dans des cylindres à déplacement ou ils sont épuisés par l'eau, jusqu'à ce que celle-ci passe insipide; c'est de cette manière qu'il prépare les extraits de tige de laitue, de turyons d'asperges, etc.

Extraits aqueux. Pour les extraits aqueux, toutes les substances, à l'exception d'un très petit nombre, sont soumises à l'action du filtre-pressé. Fleurs, feuilles, écorces, bois, racines, sont traités dans cet appareil par

EXTRAITS.

l'eau à la température ordinaire; quelques plantes seulement sont traitées au moyen de l'eau chaude.

Les racines, les écorces et les bois, les feuilles sont réduits en poudre grossière. Il y a certaines fleurs qu'il ne faut point pulvériser, si l'on veut que l'opération ait un résultat satisfaisant.

Lorsque la substance à traiter est très avide d'humidité, et susceptible de se dilater considérablement, on l'humecte préalablement avec une suffisante quantité d'eau pendant quelques heures; c'est ainsi qu'on doit traiter la poudre de têtes de pavots, de racine de patience, de rhubarbe, etc. On les introduit ensuite dans le cylindre à déplacement, en les tassant légèrement. On déplace la première eau employée, en ajoutant de l'eau sur le filtre, et on continue successivement à en ajouter de nouvelles quantités jusqu'à ce que la substance soit épuisée.

Pour les bois durs, tels que le gayac, le quinquina, le buis, etc., qui se dilatent très peu, on les place de suite dans le cylindre, sans les avoir humectés préalablement, et on verse de l'eau par dessus. La poudre de ces substances se dilate un peu à mesure que l'eau les pénètre; mais cette légère dilatation, loin de nuire, empêche que l'eau ne les traverse trop rapidement; but qu'on atteint d'ailleurs, avec la précaution de tourner le robinet qui se trouve au bas du cylindre, de manière à ce qu'il ne sorte qu'un petit filet d'extrait, et à permettre que les substances et l'eau soient longtemps en contact pour que le liquide puisse se charger des principes médicamenteux.

Enfin les extraits sont placés dans une capsule au bain-marie, pour coaguler l'albumine qu'ils contiennent presque tous; après on les retire pour les laisser refroidir et les filtrer au papier. Ils sont ensuite remis dans la capsule pour achever la concentration de l'extrait.

Les extraits ainsi évaporés entièrement au bain-marie, sont entièrement solubles dans l'eau froide; avantage que n'offrent pas les extraits obtenus par décoction, surtout quand on les évapore à feu nu, soit en totalité, soit en partie; en outre, le mode d'évaporation à feu nu carbonise toujours une partie notable des extraits, et leur communique à tous une odeur analogue que l'on désigne par le nom d'odeur d'extrait.

Extraits hydro-alcooliques. Pour préparer ces extraits on emploie l'alcool tantôt à 22°, tantôt à 24°, selon la substance que l'on veut traiter; mais il est inutile de faire macérer préalablement la poudre. On se contente de la placer dans le cylindre, garni à son extrémité inférieure d'un disque d'étoffe de laine. Après avoir placé un disque en fer-blanc percé de petits trous sur la surface unie de la poudre, on verse l'alcool, que l'on déplace successivement, jusqu'à l'entier épuisement de la substance. Seulement on a la précaution de remettre sur le filtre les premières parties qui sortent troubles, jusqu'à ce que le liquide extrait soit très clair. On déplace les dernières quantités d'alcool retenues par la plante, au moyen de l'eau, afin de ne rien perdre du menstrue employé. Ces extraits, bien clairs, sont distillés dans un alambic chauffé au bain-marie, afin de recueillir la majeure partie de l'alcool employé. Le résidu trouble est versé dans une capsule et évaporé au bain-marie. Vers la fin de l'opération, on remue le produit avec une spatule en os, afin de bien mélanger les principes abandonnés par l'alcool et l'eau, et d'avoir un extrait homogène.

Comme pour les extraits aqueux, il est convenable d'employer 2 kilog. d'alcool à 22 ou 24° par 500 gram. de substances.

Extraits alcooliques ou résineux. On doit toujours employer de l'alcool à 34° ou 36°, afin de ne pas dissoudre la matière extractive aqueuse qu'ils ne doivent pas contenir, sans quoi, si l'on veut les obtenir bien purs, on est

obligé, pour les en débarrasser, de les laver avec de l'eau chaude, quand ils sont en consistance pilulaire.

Au reste la marche de la préparation est absolument la même que celle adoptée pour obtenir les extraits hydro-alcooliques.

Extraits vineux. On préparait jadis les extraits d'absinthe, de fumeterre, etc., en traitant ces plantes avec le vin blanc. Ces extraits ne sont plus en usage. De tous ceux de cette espèce, il n'y a que celui qu'on prépare avec la racine d'ellébore noir, en la traitant par l'alcool, le vin et le sous-carbonate de potasse, qui soit encore employé et seulement dans la préparation des pilules toniques de Bacher.

Extraits aqueux étherés et extraits hydro-alcooliques étherés. Dans la préparation des extraits aqueux étherés on ne doit avoir en vue que d'obtenir le principe soluble dans l'eau et le principe aromatique.

Dans la préparation des extraits hydro-alcooliques étherés, le but est d'obtenir les principes solubles dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther.

On emploie les plantes aromatiques à l'état sec, bien conservées et de premier choix. Quoique sèches, elles contiennent encore beaucoup d'huile essentielle. Chacune d'entre elles fournit, par 30 grammes et selon sa nature, depuis 2 grammes $1/2$ jusqu'à 7 grammes $1/2$ et plus d'huile tant fixe que volatile et aromatique.

Voici la manière d'opérer :

La substance est préalablement pulvérisée, placée ensuite dans un cylindre à déplacement, pourvu de tous ses accessoires; vous versez alors dessus un poids égal d'éther sulfurique; vous déplacez ensuite cet éther par l'alcool à 33° et à son tour l'alcool est déplacé par l'eau. Avec ce dernier mensture vous lessivez, sans discontinuer la substance, jusqu'à ce que le liquide qui passe soit insipide et incolore, l'extrait étheré est distillé à part dans une petite cornue, pour retirer presque tout l'éther. L'extrait alcoolique est mêlé à l'extrait aqueux, et soumis aussi à la distillation, pour retirer la majeure partie de l'alcool. Ce qui reste dans le bain-marie de ces deux derniers extraits, est recueilli avec soin, placé dans une capsule, et évaporé jusqu'à la consistance d'extrait pilulaire bien rapproché; alors le résidu de l'éther, qui n'est que de l'huile fixe ou volatile est ajouté à la masse extractive et incorporé rapidement au moyen d'un pilon. Si on veut obtenir ces extraits secs, il faut attendre, avant d'ajouter les essences, que la masse extractive soit plus rapprochée que ne le comporte l'état pilulaire. Après avoir incorporé les huiles, on étend la masse sur les bords de la capsule, quelques minutes après on retire ce vase de dessus le bain-marie; et quand il est presque refroidi, on enlève l'extrait avec la pointe d'un couteau.

Au mois de janvier dernier, M. Payen a publié dans les *Annales de physique et de chimie* (tome XIII, page 59), un appareil qu'il nomme *extracteur à distillation continue*. Tous ceux qui s'occupent de l'analyse des substances végétales, ou qui demandent des solutions très chargées, soit de sels, soit d'autres principes solubles, peuvent tirer de grands avantages de cet appareil, qui offre des applications aussi heureuses que multipliées; mais nous laisserons parler l'auteur.

Extracteur à distillation continue, par M. Payen. Les appareils propres à déterminer les propriétés physiques et la composition élémentaire des corps, se sont tellement perfectionnés entre les mains des célèbres chimistes de notre époque, qu'ils semblent ne plus rien laisser à désirer. Il n'en est pas de même des appareils et ustensiles destinés à l'extraction ou à la séparation des principes immédiats; aussi, les travaux entrepris dans cette voie sont-ils presque toujours lents, difficiles et dispendieux.

Ces inconvénients sont plus particulièrement sentis lorsqu'il s'agit, par exemple, d'extraire d'une substance

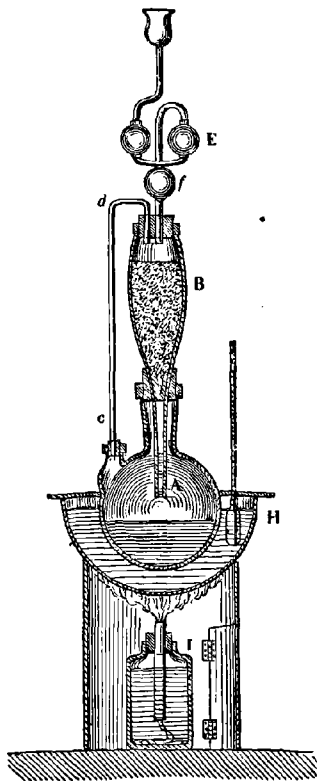
organisée la totalité des principes solubles, dans l'éther, l'alcool, et d'autres véhicules volatiles et d'un prix plus ou moins élevé.

Il faut, en effet, beaucoup de temps et de soins minutieux pour opérer, avec ces liquides, des filtrations, lavages à épuisement, et des distillations successives, afin d'isoler les principes dissous et de reprendre une partie du dissolvant; l'action de l'air, d'ailleurs, outre les pertes qu'elle occasionne, vient parfois compliquer les résultats en donnant naissance à de nouveaux produits.

Ces difficultés disparaîtront si l'on fait usage de l'appareil simple et facile à diriger que j'ai disposé dans la vue de les résoudre.

Au moyen de l'extracteur à distillation continue, on réalise les conditions d'un épuisement spontané, en évitant les transvasements à l'air et réduisant aux proportions les plus minimales le temps absorbé par les manipulations, la dépense des réactifs, ainsi que les chances d'erreurs résultant de l'impureté de ceux-ci, et de la déperdition des produits extraits.

On comprendra sans peine les avantages de cet appareil en examinant sa construction: il se compose d'un ballon A, fig. 824, surmonté d'une allonge B, la pointe effilée de celle-ci entre jusqu'à la moitié de la profondeur du ballon. Les parties supérieures de ces deux vases communiquent entre elles par un rubet latéral cd. L'ensemble du système offre deux capacités closes; il était donc nécessaire de pourvoir aux dilatations et contractions des gaz et vapeurs; telle est la fonction du tube de sûreté à triple effet E, dont la première boule, f, condense d'ailleurs une portion des vapeurs, et fait



824.

retomber le produit liquide dans l'allonge.

Lorsqu'on veut se servir de l'extracteur pour épuiser par l'éther ou l'alcool, une substance en concentrant tous les produits des lavages, on garnit le col de l'allonge avec un tampon de fil de coton (1); on remplit sa panse aux deux tiers de la hauteur avec la substance en poudre sèche, on verse dessus le liquide, en quantité

(1) Lavé préalablement, ainsi que tous les bouchons, avec les mêmes liquides.

suffisante pour mouiller toutes les parties, remplir les interstices, filtrer dans le ballon et le remplir à moitié. On assujettit alors les bouchons à l'embouchure de l'allonge et à la tubulure du ballon; on fait plonger la moitié de celui-ci dans un bain-marie d'eau H. L'appareil reste maintenu dans sa position verticale à l'aide d'un support ordinaire qui embrasse le col du ballon.

Le bain-marie, recouvert d'une plaque en deux parties, est chauffé par une lampe à l'alcool I, dont la mèche peut être tellement abaissée que la température de l'eau, indiquée par un thermomètre, soit entretenue de 38 à 40 degrés centésimaux.

L'éther dans le ballon est ainsi porté et maintenu en ébullition; sa vapeur s'élève et se condense en partie dans le tube latéral. Le liquide résultant de cette condensation retombe distillé sur la substance que contient l'allonge. L'excès de vapeur et l'air dilaté se dégagent par le tube de sûreté; mais une partie de la vapeur se condense dans les trois boules, dont la première verse immédiatement son liquide dans l'allonge, et concourt à l'épuisement de la substance. Afin de régulariser la filtration, on place à la superficie bien nivelée de la substance pulvérulente trois disques de diamètres gradués, en papier à filtre.

La concentration de la solution filtrée s'opère continuellement dans le ballon; elle alimente la distillation qui fournit également, d'une manière continue, l'éther épuré à la substance, qui s'épuise par une filtration incessamment reproduite.

On parvient sans peine à régler pour plusieurs heures consécutives la température de cette sorte de circulation.

Nous citerons un exemple qui fera bien comprendre les avantages de la méthode et de l'appareil.

Deux décilitres de bois, en poudre, ont été lavés pendant trente heures, sans interruption, avec un demi-litre d'éther, et sans demander, pour la surveillance de l'opération, à différentes reprises, plus d'une heure de temps.

Il eût fallu pour obtenir les mêmes effets en opérant sur un litre à l'air, employer au moins 5 litres d'éther, opérer plus de dix rectifications, y consacrer presque tout son temps durant trois jours, respirer constamment la vapeur d'éther, et courir quelques chances d'incendie.

On peut facilement modifier cet extracteur dans les formes et les dimensions de ses parties; il peut être utile, comme nous l'avons presque toujours fait, de placer

l'allonge dans une cloche renversée, afin de mettre de l'eau froide dans l'intervalle entre deux vases. La modification du tube de sûreté rend l'usage de cet appareil plus commode; elle permet d'ajouter le dissolvant par ce tube, et de faire rentrer dans l'allonge le liquide condensé dans les boules; il suffit pour cela de refroidir un peu le ballon.

L'épuisement continu, au moyen de l'alcool, peut être rendu plus économique en échauffant le bain-marie, au moyen d'une lampe à l'huile dont le niveau soit constant; la flamme et la distance seront réglées de façon à entretenir la distillation de l'alcool, sans dégagement sensible de vapeur au travers du tube de sûreté.

On pourrait même placer le bain-marie sur un foyer ordinaire, où l'on brûlerait du charbon ou tout autre combustible usuel; mais alors il faudrait consacrer beaucoup plus de temps à surveiller l'appareil et diriger le feu.

L'emploi de l'extracteur à distillation continue, nous semble destiné à rendre plus faciles et moins dispendieuses diverses opérations des laboratoires. On s'en servira quelquefois avec avantage pour épuiser certaines matières par l'eau distillée; dans ce cas, on remplacerait par de l'huile ou une solution saline (1) l'eau du bain-marie.

Il est bien probable que la facilité avec laquelle on pourra extraire ainsi les matières grasses et résineuses, les huiles essentielles, permettra d'étudier ces substances, même dans les organes et les produits naturels qui n'en renferment que de faibles proportions.

Nous pourrions citer encore, pour compléter cet article, plusieurs procédés et appareils propres à la fabrication des extraits de teinture, et pour lesquels les auteurs ont pris des brevets d'invention. L'un est destiné à extraire et concentrer tout à la fois la matière colorante dans un générateur à vapeur; l'autre consiste « à hâter, dit l'inventeur, la dissolution de la matière colorante dans l'eau ou la vapeur d'eau, au moyen d'un agitateur mis en mouvement par une force motrice quelconque; » le troisième a pour objet d'extraire la matière colorante par pression et par ascension, comme on peut le faire facilement, au moyen de la presse à vapeur de Rommerhausen, etc. Mais nous préférons renvoyer les lecteurs à la description des brevets, pour qu'ils jugent eux-mêmes les procédés dans leur application possible et manufacturière.

A. ROUGET DE LISLE.

F

FAIENCE (*angl.* earthen ware, *all.* steingut). La faïence est une espèce particulière de poterie que nous ne pouvons définir d'une manière nette et exacte sans mettre sous les yeux du lecteur le tableau de la classification des poteries qu'a donné M. Alexandre Brongniart, l'illustre directeur de la manufacture royale de porcelaine de Sèvres, dans le beau traité des arts céramiques qu'il a publié à la fin de sa carrière.

On verra par ce tableau, que toutes les poteries, depuis les simples terres cuites, dont les molécules sont à peine liées les unes aux autres, comme les briques et

les vases les plus communs, jusqu'aux porcelaines dont les molécules se sont enchevêtrées les unes dans les autres, parce que la pâte a reçu un commencement de fusion, forment une série presque continue. Les poteries qu'on appelle faïences communes ou faïences fines occupent les quatrième et cinquième ordres, et forment la transition entre la première et la seconde classe.

(1) La solution de chlorure de calcium, par exemple, dont le degré d'ébullition varie à volonté, suivant la densité qu'on lui donne.

TABLEAU DE LA CLASSIFICATION DES POTERIES.

CLASSES.	NOMS ET CARACTÈRES.	ORDRES.	NOMS ET CARACTÈRES.
I.	<p>POTERIE A PATE TENDRE, c'est-à-dire rayable par le fer, argilo-sableuse, calcariifère, la plupart fusible au feu de porcelaine.</p> <p><i>Nota.</i> Du XII^e siècle avant J.-C. au XV^e siècle après, avec une lacune de vingt siècles.</p>	4 ^e ordre.	<p>TERRES CUITES.</p> <p>Pâte argilo-sableuse.</p> <p>Surface matte.</p> <p>Sans aucune glaçure.</p> <p style="text-align: right;"><i>Sous ordre.</i></p> <p>A. LA PLASTIQUE (moulée).</p> <p>B. LES USTENSILES.</p> <p>Briques, fourneaux (moulés).</p> <p>C. LES POTERIES MATTES.</p> <p>Jarres, urnes (tournées).</p>
		2 ^e ordre.	POTERIES LUSTRÉES.
		3 ^e ordre.	POTERIES VERNISSÉES.
		4 ^e ordre.	POTERIES ÉMAILLÉES.
II.	<p>POTERIE A PATE DURE, c'est-à-dire non rayable par l'acier, opaque, argilo-siliceuse, infusible.</p> <p><i>Nota.</i> Du XVI^e au XVIII^e siècle.</p>	5 ^e ordre.	FAIENCE FINE.
		6 ^e ordre.	GRÈS CÉRAMÉ.
III.	<p>POTERIE A PATE DURE, translucide, argilo-siliceuse, alcaline, ramollissable.</p> <p><i>Nota.</i> Du XVII^e au XIX^e siècle.</p>	7 ^e ordre.	PORCELAINE DURE.
		8 ^e ordre.	PORCELAINE TENDRE NATURELLE.
		9 ^e ordre.	PORCELAINE TENDRE ARTIFICIELLE.

Les faïences communes ont une pâte colorée ou blancheâtre, tendre, c'est-à-dire assez facilement rayable par le fer, à texture lâche, à cassure terreuse ; par une glaçure rendue opaque au moyen de l'étain, on dissimule la grossièreté de cette pâte. Ces faïences sont d'origine italienne. Elles constituent un genre qui renferme toute terre cuite ou brique revêtue d'un émail opaque.

Les faïences fines, au contraire, ont une pâte blanche, encore opaque, mais à texture fine, qui est dense et sonore ; on n'a pas besoin de chercher à en dissimuler les défauts ; aussi ne les recouvre-t-on que d'un vernis vitro-plombifère. Ces faïences sont d'origine anglaise.

Les fabrications de toutes les espèces de poteries ont des principes et des procédés communs. Nous ne donnons dans cet article que les détails qui ont plus particulièrement trait aux faïences communes, qui sont d'ailleurs les seules poteries méritant réellement ce nom ; les faïences fines se rapprochent beaucoup des grès cérames et même des porcelaines, et c'est avec raison que M. Brongniart les a mises dans une classe distincte des premières. Nous renvoyons donc à l'article POTERIE pour la faïence fine, ainsi que pour tout ce qui concerne l'examen des matériaux tant naturels qu'artificiels employés, leur préparation, le façonnage des pièces, le posage des enduits vitreux, et la cuisson.

FAIENCE COMMUNE OU ÉMAILLÉE. L'époque connue de la fabrication de la faïence commune est moderne en Europe, et même, par toute la terre, ne remonte pas au-delà du quatorzième siècle. Les Per-

sans et les Arabes paraissent seuls avoir connu cette faïence avant les Européens. On admet généralement que des ouvriers arabes, ou bien espagnols, mais tenant leurs procédés des Arabes, introduisirent des tles Baléares en Italie l'émail opaque stannifère. A ce sujet, nous ne pouvons mieux faire que de citer les paroles de M. Brongniart. « Le nom de *majolica*, donné alors dans presque toute l'Italie à cette faïence, dérive, suivant Scaliger, de *majorica*, Majorque ; ce nom transformé, par coquetterie de langage, comme le dit Fabio-Ferrari, en celui de *majolica*, ne laisse aucun doute sur cette filiation ; cette introduction aurait eu lieu vers 1445, à peu près à l'époque où Luca della Robbia, sculpteur de Florence, fit ses figures et bas-reliefs en terre cuite, et les empâta dans un émail d'étain. » Il ne faut pas confondre, toutefois, les sculptures en terre cuite, mises à l'abri des altérations atmosphériques, par un émail dur, et qui constituent la *terra invetriata* de Luca della Robbia (1420) avec la *majolica* (1450), qui n'est qu'une transformation des poteries vernissées faites depuis longtemps à Pesaro. Ces poteries vernissées furent d'abord engobées, dans le but de cacher la couleur de la pâte que laissait voir leur vernis transparent, d'une couche mince d'une argile blanche, dont on les revêtait en les plongeant dans une bouillie de cette argile ; on cuisait à une basse température, et on les passait ensuite à un vernis, ou fondant, composé d'oxyde de plomb, de potasse et de sable très fin. Entre 1450 et 1500, on substitua à cette engobe l'émail stan-

nifère. La fabrication de la majolica se fit d'abord à Castel-Duranto et à Florence, sous la direction des frères Fontana d'Urbini. Toutes les principales villes d'Italie voulurent ensuite avoir leurs manufactures de cette faïence qui avait obtenu une grande vogue. Parmi ces dernières se trouvait Faenza, où travaillait Guido Selvaggio.

Toutes ces manufactures faisaient bien plutôt des objets de luxe, que des vases ou ustensiles destinés à l'usage domestique; c'étaient des services de table destinés aux princes de l'époque, revêtus de sculpture d'une grande délicatesse et de peintures splendides. La majolica fut dans l'état le plus florissant, de 1540 à 1560. A partir de cette dernière époque, après la mort des frères Fontana, cette fabrication qui avait été une branche des beaux-arts, devint simplement une branche du commerce des potiers, et ses produits allèrent constamment en se dégradant.

Quoique Girolamo della Robbia, petit-neveu de Luca, soit venu en France vers 1530, et ait contribué, assure-t-on, à la décoration en carreaux émaillés du château de Madrid, à Boulogne, près Paris, il paraît que les procédés de fabrication de la faïence italienne majolica étaient entièrement perdus ou inconnus en France, vers 1560. A cette époque, en effet, Bernard de Palissy entreprit, à Saintes, les recherches qui le conduisirent, après un travail de vingt-cinq ans, au résultat qu'il ambitionnait d'atteindre, c'est-à-dire de faire une coupe semblable à une coupe émaillée d'une grande beauté qui lui avait été montrée. Bernard de Palissy, comme il le dit lui-même, « a porté son secret dans la fosse, et nul ne s'en est ressenti. » Aussi, après sa mort et après celle de ses successeurs immédiats qui fabriquèrent sans doute par routine, on cessa de faire de riches faïences dans le genre de celles assez nombreuses laissées par notre célèbre potier. Les faïences de Palissy sont caractérisées par un style particulier et par des représentations d'objets naturels en reliefs colorés d'une très grande vérité. Entre autres objets, on remarque les coquilles fossiles du bassin de Paris, moulées sur nature, et qui peuvent être utilement employées, selon l'observation de M. Brongniart, pour faire reconnaître les vraies faïences de Palissy et les distinguer des faïences postérieures, fabriquées sans doute dans le Midi, et qui portent surtout des reptiles en relief. Dans l'émail de Palissy, on trouve souvent un grand nombre de petites gerçures.

A partir de Bernard de Palissy, l'art de fabriquer cette sorte de faïence dégénéra considérablement en France, de même qu'en Italie. Les objets ont revêtu des formes sans aucun goût, et la pâte très grossière n'est plus suffisamment recouverte par l'émail, dont les gerçures deviennent de plus en plus nombreuses. On n'en a plus fabriqué que pour les vases de cuisine destinés à aller sur le feu, les carreaux de revêtement des fourneaux, et les poêles.

Cependant, dans ces cinq dernières années, on a cherché à perfectionner ces produits, parce que les gerçures faisaient le plus mauvais effet dans les revêtements extérieurs des cheminées, qu'il est fortement de mode de garnir en faïence, au lieu d'employer la tôle ou le cuivre. On s'est appliqué à faire une faïence ingercable, et on a à peu près réussi. Nous avons été assez heureux pour aider à résoudre le problème, et nous avons vu, depuis peu, l'une des solutions que nous avons trouvées à Paris, appliquée avec beaucoup de succès, à Berlin, par M. Feilner, qui fabrique de très beaux ornements du meilleur goût et d'une grande richesse. La nouvelle faïence est telle que l'on peut la recouvrir facilement de toutes les couleurs habituellement en usage pour peindre sur porcelaine. M. Brongniart a fait peindre des panneaux de cheminée qui ont parfaitement réussi. Nous avons de fortes raisons de croire que l'art du fabricant de faïence émaillée est en train de se régénérer;

notre plus grand désir est que le potier trouve dans ce qui va suivre des renseignements qui puissent l'aider à perfectionner son industrie encore fort imparfaite au jourd'hui dans notre pays.

La pâte de la faïence émaillée est composée d'argile plastique, de marne argileuse et de sable; quelquefois on y ajoute du ciment. Les proportions de ces substances employées sont variables suivant les diverses contrées, parce que ces matières elles-mêmes n'ont pas partout la même composition; les proportions varient aussi selon l'objet qu'on se propose de confectionner. Nous allons nous borner, pour le moment, à indiquer sommairement la série des opérations le plus généralement suivies. Ces matières sont mêlées dans une caisse rectangulaire qu'on appelle gâchoir; on met assez d'eau pour que les corps pesants étrangers se séparent par décantation. A la sortie du gâchoir, la pâte est tamisée une fois, et elle se rend ensuite dans des fosses d'une grande dimension; on la relève au bout d'un temps plus ou moins long, qui dépend de l'état de l'atmosphère, et on la place sur des renverseurs, des tablettes, ou on l'applique contre des murs, pour qu'elle se raffermisse.

Quand la pâte a acquis une consistance convenable, on procède au façonnage, qui s'exécute en formant avec la pâte, bien battue, corroyée et foulée par le marchage de l'ouvrier, des balles d'une grosseur calculée sur le volume de la pièce qu'on veut fabriquer; quelquefois on se contente d'ébaucher d'une manière assez soignée, mais le plus souvent on pratique le tournassage. L'ébauchage et le tournassage ont lieu sur le tour. Les pièces qui ne sont pas arrondies et les garnitures se font au moule de plâtre.

On fait arriver les pièces à une certaine dessiccation en les abandonnant sur des planches dans des salles où passent les cheminées des fours, et on procède ensuite à la cuisson. Cette cuisson est double; elle fournit d'abord le biscuit, par une température qui s'étend du rouge-cerise au rouge-blanchâtre; on émaille le biscuit, et on cuit de nouveau à une température un peu supérieure. Ces deux cuissons sont nécessaires, parce qu'il est très difficile de mettre l'émail sur le cru, à cause de l'eau qu'il faut d'abord chasser et qui ferait bouillonner l'émail. Elles s'exécutent dans le même four, qui est généralement rectangulaire et terminé par un cylindre couché; il est à bouche latérale, foyer inférieur, et n'a généralement qu'un seul laboratoire. On cuit le cru ou biscuit dans la partie supérieure, et le biscuit émaillé dans la partie inférieure.

Le biscuit est très poreux, et c'est pourquoi on le recouvre d'un émail épais. Mais il se présente alors un grave inconvénient, c'est que cet émail, au lieu de faire une couche continue, tressaille, se fendille, se gère; alors les matières grasses, se plaçant dans les fentes, pénètrent dans les biscuits, et font contracter aux ustensiles une très mauvaise odeur, outre qu'ils prennent une apparence fort désagréable à l'œil, parce que les gerçures, d'abord insensibles, sont devenues noires et trop visibles.

Quand on veut obtenir la faïence qui ne va pas sur le feu, celle qu'on a appelée faïence blanche, rien n'est plus simple que d'éviter les gerçures; il suffit de faire en sorte que la pâte contienne une quantité suffisante de chaux, qui augmente la fusibilité de l'argile; alors le biscuit n'a plus à l'avance aucune gerçure, forme un corps plus continu, et quand on le revêt d'émail celui-ci adhère plus facilement à la pâte, dont la fusibilité a été rapprochée de la sienne. Mais la chose n'est pas aussi facile quand on veut obtenir la faïence brune, qui va sur le feu; M. Bastenaire-Daudenart prétend qu'il suffit de diminuer la proportion de chaux employée dans la faïence blanche, pour que les pièces puissent supporter l'action du feu et rester ingercables. Ainsi il dit que le mélange des argiles et des marnes, convenables pour la fabrication de la faïence blanche et brune, doit renfer-

FAIENCE.

mer de la silice, de l'alumine et du carbonate de chaux, à peu près, dans les proportions suivantes :

	Faïence blanche.	Faïence brune.
Alumine ferrugineuse.	35	38
Silice.	58	57
Carbonate de chaux.	7	5
	<u>400</u>	<u>400</u>

Nous doutons fortement de l'efficacité de ces proportions, qu'on a cependant regardées longtemps, dans tout ce qui a été dit sur ce sujet, comme une règle incontestable. Ni les expériences directes, ni les analyses chimiques, n'ont confirmé cette règle. Tout ce qu'il y a de vrai, c'est qu'à mesure qu'on augmente la quantité de chaux dans la pâte de la faïence, on la rend plus fragile. Pour avoir une faïence qui aille bien sur le feu, il faut arriver à supprimer la chaux, ou au moins à en employer les proportions les plus faibles qu'il soit possible de faire. Mais alors on est exposé à avoir des gerçures.

Voici les analyses de plusieurs pâtes de faïences privées de leur émail, qui vérifient les prémisses que nous venons de donner. Les onze premières ont été faites dans le laboratoire de Sèvres (*Traité des arts céramiques*, vol. II, p. 23); les trois dernières ont été faites par nous.

FAIENCE.

Si on se rappelle que nous disions plus haut que la faïence de Bernard de Palissy était recouverte d'un grand nombre de gerçures, on voit, d'après l'analyse n° 12, qu'il y a une très grande analogie de composition et d'apparence entre cette faïence ancienne et la faïence avec laquelle les potiers ont aujourd'hui l'habitude de fabriquer les poêles en faïence. On voit aussi que la présence de la chaux dans la pâte fait disparaître les gerçures, lorsque, du moins, le biscuit a été assez cuit, car souvent les gerçures proviennent uniquement d'un défaut de cuisson et se présentent même alors dans les faïences dites ingerçables. Ce n'est pas à la chaux seule qu'appartient cette propriété d'empêcher une faïence de gercer. Si notre principe est vrai, c'est-à-dire si c'est en rendant la pâte plus fusible, en facilitant l'aggrégation de ses molécules, que la chaux empêche les gerçures, tout alcali fixe doit, en effet, produire le même résultat. C'est ce que nous avons vérifié, en introduisant de la soude et de la potasse dans la pâte. A cause de la facile dissolution de ces deux bases dans l'eau, nous avons dû d'abord les fixer en formant ce qu'on appelle des frittes. Nous avons en conséquence calciné ensemble : 1° 4 partie de sable de Belleville et 1/2 partie de soude du commerce; 2° 1 partie de grès

COMPOSITION DE LA PATE DES FAIENCES ÉMAILLÉES.

NOMS DES FAIENCES.	Silice.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Fer.	Acide carbonique et perte.	OBSERVATIONS.
1. Faïence italienne de Luca della Robia.	49,65	45,50	22,40	0,47	3,70	8,58	Fait une vive effervescence.
2. Faïence majolica.	48,00	47,50	20,42	1,47	3,75	9,46	Fait effervescence, fusible en émail verdâtre, mélangé de jaunâtre, et comme cristallisé en aiguilles.
3. Faïence de Bernard de Palissy.	67,50	28,54	4,52	0,00	2,05	0,42	La pâte ne fait aucune effervescence, n'est pas fusible.
4. Faïence d'Espagne (ancienne).	46,04	48,45	47,64	0,87	3,04	13,96	Fait effervescence, fond comme le n° 5.
5. Faïence de Valence (Espagne) (moderne).	51,55	20,52	43,64	4,24	2,63	10,42	Fait effervescence, fond en émail concave vert sale, jaunâtre, texture cristallisée.
6. Faïence de Manassés, près Valence.	54,71	48,80	49,69	traces	2,20	4,60	Cette poterie était couverte du lustre Burgus. (Voir page 100.)
7. Faïence de Delft.	49,07	46,49	48,04	0,82	2,82	13,09	Fait effervescence, fond comme le n° 10.
8. Faïence de Perse.	48,54	42,05	49,25	0,30	3,44	16,72	Fait effervescence, fond en verre homogène transparent, cristallisé sur les bords.
9. Faïence de Nevers.	56,49	49,22	44,96	0,74	2,42	6,50	Fait effervescence, fond en beau verre homogène, transparent.
10. Faïence de Rouen.	47,96	45,02	20,24	0,44	4,07	12,27	Fait effervescence, fond en verre bouteille translucide.
11. Faïence de Paris.	64,50	42,99	46,24	0,45	3,04	6,10	Fait effervescence, fond en verre brun avec bords et taches jaunâtres cristallisés.
12. Faïence pour poêles (gercée).	74,9	22,4	4,6	0,5	0,7	0,2	Ne fait aucune effervescence, infusible.
13. Faïence pour poêles (ingerçable).	56,3	26,6	44,7	traces	4,3	4,1	Fait effervescence, fond comme le n° 11.
14. Autre faïence pour poêles (ingerçable).	55,4	29,2	43,2	traces	0,9	4,3	Fait effervescence, fond comme le n° 11.

FAIENCE.

pilé et 1/2 partie de soude; 3° et 4° les mêmes sable et grés avec de la potasse. Nos frites formées, nous avons préparé des carreaux formés de :

1 partie d'argile de Gentilly,
2 parties de sable de Belleville;
ou bien 1 partie d'argile de Gentilly,
2 parties de la fritte n° 1.

et successivement en employant chacune de nos frites.

Tous ces derniers carreaux étaient ingérçables; le premier seul était gerçé. Cette expérience est décisive; c'est bien en rendant la pâte de la faïence plus fusible, quel que soit l'ingrédient capable de reproduire ce résultat qu'on emploie, qu'on évite les gerçures.

Nous avons voulu aller plus loin; nous nous sommes demandé pourquoi il fallait chercher cette fusibilité, et nous avons trouvé que les gerçures provenaient certainement de l'emploi du sable dans la composition de la pâte. L'usage du sable provient de la nécessité où l'on est d'avoir une faïence qui supporte assez bien les changements de température un peu brusques. Ainsi que nous l'avons entendu dire à M. Guy Lussac dans le cours qu'il nous faisait à l'École Polytechnique, si on employait l'argile à l'état natif, elle éprouverait par la cuisson un retrait d'où il résulterait des crevasses. Pour empêcher cet inconvénient, on amaigrit ou dégraisse l'argile, c'est-à-dire qu'on lui ajoute du sable ou de l'argile déjà cuite, et qui partant n'est plus soumise au retrait. Les grains de cette substance ajoutée laissent entre eux des interstices que remplit l'argile nouvelle. Ne pouvant pas se retirer, et offrant à la compression une assez grande résistance, ces grains rendent la forme invariable, quand la température s'élève. Mais la forme reste tellement invariable, que le biscuit de la faïence est alors formé de parties distinctes à peine liées entre elles, et qui laissent des interstices visibles à la loupe, d'où proviennent les gerçures. Si, par un alcali introduit dans la pâte, on attaque ou dissout les grains de sable qui maintenaient à distance ces parties, les interstices disparaissent, mais aussi la faïence ne supporte pas aussi bien les changements de température. Cela est tellement vrai, qu'en remplaçant, dans la faïence gerçée de nos poêles ordinaires, le sable par du ciment très fin, c'est-à-dire par du biscuit pilé très fin, nous avons diminué considérablement les gerçures, et que prenant de l'argile de Gentilly, la lavant fortement, la mettant en bouillie pour la priver de tout sable et de toute matière étrangère, nous avons fabriqué avec cette argile, sans aucun mélange, de la faïence tout à fait ingérçable.

C'est ce dernier procédé que nous avons vu employer, à Berlin, par M. Feilner, qui réduit en bouillie claire, à la mécanique, une argile plastique analogue à celle de Gentilly, fait passer cette bouillie dans de longs conduits où elle abandonne le sable, avant de la laisser se rendre dans des fosses où elle se dessèche. Cette terre est mise, sans aucun mélange, en mottes de la grosseur correspondante aux dimensions des carreaux de poêle qu'il s'agit d'obtenir. Les mottes sont ensuite moulées par compression, au moyen d'une presse double à levier, telle que, quand on moule inférieurement un carreau, on place supérieurement une motte, qui à son tour, est moulée quand la presse se relève; à ce moment on enlève le carreau inférieur, on le remplace par une motte et on redescend la presse, qui comprime cette dernière motte, tandis qu'on enlève le carreau supérieur, et ainsi de suite. La faïence ainsi fabriquée présente un glacé magnifique, exempt de toute gerçure. Nous pensons que ces indications suffiront pour mettre nos poêliers, dont les procédés sont si imparfaits, sur la voie d'améliorations qu'il leur sera facile d'introduire dans la fabrication.

Quoi qu'il en soit, voici les principales compositions de pâtes aujourd'hui employées. D'après M. Bron-

FAIENCE.

gniart, la faïence brune, qui, pour les ustensiles de ménage, est destinée à aller au feu, se compose à Paris de :

Argile plastique d'Arcueil.	30
Marne argileuse verdâtre supérieure au gypse.	32
Marne calcaire blanche des terrains gypseux.	40
Marne sableuse ou sable impur marneux jaunâtre, supérieur au terrain gypseux de Picpus.	28
	400

Quant à la faïence blanche, dit encore M. Brongniart, elle se compose à Paris de :

Argile plastique d'Arcueil.	8
Marne argileuse verdâtre.	36
Marne calcaire blanche.	28
Sable impur et marneux jaunâtre.	28
	400

Nous avons vu employer, pour cette dernière faïence, au faubourg Saint-Antoine, dans une des plus importantes fabriques de ce quartier où il y a tant de fabriques de faïences, la composition suivante :

Argile plastique d'Arcueil.	25
Marne verte.	49
Marne blanche.	28
Terre à four de Picpus.	28
	400

À Tours (Indre et Loire), on fabrique deux sortes de faïence, l'une dite *caillou* ou *terre à feu*; elle est brune au dehors, blanche en dedans et résiste très bien aux changements de température qui ont lieu dans le service de la table et de la cuisine; elle se compose de parties égales de marne calcaire de Chambray et d'argile figuline impure dite terre de *pâtis* ou de *prés*; l'autre, qu'on nomme faïence ordinaire, est blanche et composée des mêmes éléments que la précédente, mais on introduit, en outre, dans sa pâte, une terre qui est une marne calcaire d'eau douce, dite terre de *Fondête*.

À Nevers (Nièvre), où selon l'opinion de de Thou, que partage M. Brongniart, furent importés vers 1600, de Faenza, en Italie, les procédés de fabrication de faïence italienne, par une personne de la suite du duc de Gonzague, et où on suppose que se sont conservés par tradition les procédés de fabrication primitifs, on emploie pour la composition de la faïence commune :

TERRE BLANCHE, marne argileuse d'un blanc sale qu'on extrait près de la ville, dans un lieu nommé la Raye de Porteneul.	33
TERRE JAUNE, argile figuline, sableuse, friable, non effervescente, extraites aux Chaumoines.	50
TERRE GRISE, argile figuline friable, mais moins sableuse, non effervescente, extraite aux Neuf-Piliers.	46
	99

Il y avait autrefois à Rouen un centre de fabrication de faïences communes qui produisait des objets d'une grande richesse de décoration. Le nombre des manufactures de faïence était très considérable; aujourd'hui il est bien diminué. Il n'y a plus guère que la fabrique de M. Lambert qui soit en état de répondre à toutes les exigences du commerce. L'argile qu'on y emploie est tirée principalement de la forêt de Lalonde, près Rouen, de Saint-Aubin-la-Campagne, de Rose-Roger, de Thuit-Hébert et de Forge-les-Eaux. On y ajoute du sable fusible de Decize, ou bien un sable provenant du

FAIENCE.

broyage d'un grès jaune des environs de Pithiviers. Au Havre, on fabrique la faïence commune avec les argiles de Saint-Aubin, les marnes des prairies et des terres des bords de la mer. Les proportions sont :

Argile rouge de Saint-Aubin.	45
Terre de mer (Marne).	22
Terre de pré (Marne).	33
	400

Enfin, à Lunéville (Meurthe) et Sarreguemines (Moselle), se trouvent deux grands centres de fabrication de faïence émaillée, de la plus haute importance, dont les produits sont justement renommés. Nous ne savons point exactement les terres qui y sont employées; mais tout ce que nous venons de dire prouve surabondamment qu'on ne peut fixer a priori les mélanges qu'il convient de faire dans telle ou telle localité, que ces mélanges doivent être appropriés aux ressources du pays. Pour trouver ceux qui sont les plus convenables, il faut faire les analyses des terres qui sont à meilleur marché, et qui présentent une plasticité suffisante.

Quelques essais pratiques conduiront rapidement à former une pâte qui présente une des compositions mentionnées dans le tableau précédemment donné, et qui satisfasse aux conditions voulues par les habitudes locales.

Les différentes proportions que nous venons de rapporter ne concernent que la fabrication des vases et ustensiles de ménage. Il nous reste à parler des procédés employés dans la fabrication des carreaux et panneaux destinés aux poêles, aux cheminées, etc. Cette fabrication n'a guère été étudiée jusqu'à présent.

La pâte des poêles de Paris est faite avec l'argile plastique qui se trouve au sud, à peu de profondeur, et au-dessous des couches de calcaire grossier qui vont en s'amincissant sur la pente nord du plateau de Gentilly, Arcueil, Vanvres, Vaugirard, etc., avec le sable argilo-ferrugineux de Belleville, et du ciment résultant de biscuit broyé. Ces substances sont employées sans aucune préparation préliminaire; elles sont *marchées* par un ouvrier qui se promène en décrivant une sorte de spirale du centre à la circonférence du tas, et réciproquement de la circonférence au centre. Le mélange s'opère ainsi. Une marchée est composée en volume de :

Argile plastique de Gentilly ou terre grasse.	540
Ciment.	225
Sable de Belleville.	420
	885

Les poêliers font souvent une autre composition plus soignée destinée à être placée à la surface extérieure des pièces, et à rendre l'émail plus uni. Ils appellent cette composition *terre à sable*; elle est formée de :

Argile plastique de Gentilly.	540
Sable de Belleville.	278
	818

Elle est étendue en couche mince sur l'autre pâte, dont elle corrige les inégalités provenant du ciment qui est en grains trop gros. Au lieu du sable employé dans cette composition, on pourrait mettre du ciment tamisé très fin; les gerçures dont sont recouverts les panneaux et carreaux seraient beaucoup moins apparentes. Mais cette précaution augmenterait peut-être trop le prix de cette faïence.

L'inspection du tableau qui donne la composition des faïences fait connaître de suite un moyen certain de faire disparaître les gerçures ou tressaillures des faïences destinées aux poêles. On voit, en effet, que ces faïences

FAIENCE.

ne contiennent pas de chaux. Il n'y a donc qu'à leur appliquer un principe connu et appliqué déjà aux faïences destinées à l'usage de la table et aux pièces qui ne doivent pas aller au feu. Il n'y a qu'à introduire, dans la pâte, de la chaux à l'état de carbonate, afin de faire convenablement adhérer l'émail. Toutefois, il est à craindre de donner à la faïence, par cette introduction, une fragilité qui l'empêche de supporter, sans se briser, les changements de température assez brusques qu'éprouvent les petits poêles en usage en France. Le premier fabricant qui ait tenté cette amélioration, à Paris, M. Pichenot, n'avait pas pensé à cet inconvénient, car il a pris un brevet pour l'introduction du carbonate de chaux dans la pâte d'une faïence qu'il nomma à la fois *ingerçable* et *réfractaire*. L'expérience vint bientôt lui apprendre son erreur, car tous les poêles qu'il fit ne tardèrent pas à se briser sous l'action de la chaleur. Ce n'est qu'en prenant certaines précautions qu'il est possible de faire servir au chauffage les faïences ingerçables. Les précautions sont indiquées par ce qui se passe en Suisse et en Allemagne où les faïences pour poêles ne sont généralement pas gerçées. Dans ces contrées, les poêles sont de véritables meubles, des meubles tenant une grande place, ayant environ 2 mètres de hauteur, 4^m,20 de largeur et 0^m,70 de profondeur. Dans ce meuble, qui ressemble par sa forme et à ses dimensions à une grande armoire, est construit le poêle véritable en briques, isolé des plaques ou carreaux émaillés, qui, alors, ne reçoivent pas directement l'action du feu, et ne servent que d'enveloppe extérieure au foyer de chaleur placé intérieurement. L'usage de la faïence ingerçable calciferèe doit donc être borné à la construction de très grands poêles ou de panneaux de cheminée, ou de carreaux qui ne sont pas exposés à un feu vif, ou à de brusques changements de température.

M. Pichenot a indiqué plusieurs compositions pour sa pâte; mais elles reviennent toutes à la composition suivante qu'il emploie ordinairement :

Argile plastique de Vaugirard ou de Gentilly.	25
Marne argileuse de Ménilmontant, ou plutôt craie de Meudon.	25
Sable.	43
Ciment composé de débris de cazettes et de biscuit de faïence.	37
	100

Mais l'émail des plaques assez grandes qu'il est parvenu à construire présente l'inconvénient d'être plus ou moins ondulé; ce qui peut nuire à leur emploi dans la peinture et est d'ailleurs assez désagréable à la vue. J'ai reconnu qu'en employant un mélange de parties égales d'argile de Gentilly et de craie passée au tamis, on obtenait un émail très glacé; mais les pièces gauchissent. Pour obvier à ce nouvel inconvénient, on peut placer, sur la pâte ordinaire qui ne gauchit pas, une couche mince de cette pâte tamisée, dans laquelle on a introduit une certaine quantité de ciment très fin. Il est préférable toutefois, ainsi que je l'ai constaté, d'employer une marne calcaire (comme celle de la plaine d'Ivry près Paris), qui est en même temps siliceuse, et renferme, outre les autres éléments, 26 pour 100 de sable.

On obtient une pâte très ductile, qui se dessèche aisément sans se fendre ni se fendiller, et qui peut donner de très grandes pièces très planes, en faisant le mélange suivant :

Argile plastique de Gentilly.	32
Marne sablonneuse d'Ivry.	38
Ciment de terre cuite.	30
	100

Cette pâte, employée par M. Vogt, a surtout l'avantage de ne pas être courte comme celle de M. Pichenot, qui présente de grandes difficultés pendant le travail.

Le moulage des plaques, carreaux et panneaux ne s'opère pas tout à fait comme dans les autres fabrications. Nous allons, pour cette raison, le décrire en peu de mots.

Le marcheur ayant rendu la pâte suffisamment homogène et plastique, en forme de gros ballons qu'il marche en plaques circulaires d'un diamètre plus ou moins grand, suivant la dimension de la croûte qu'il veut obtenir. Il place ensuite ces plaques l'une sur l'autre, jusqu'à ce qu'il ait formé un cylindre d'environ un mètre de hauteur ; il change ensuite ce cylindre en un parallépipède rectangle. P représenté dans la

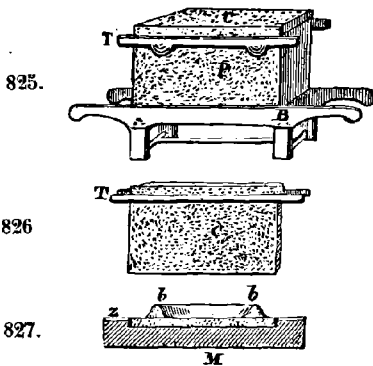


fig. 825, ayant pour base la plus grande plaque que l'on veut obtenir. Le parallépipède est placé sur un bancard à pied bas AB, et on le transporte dans l'atelier du moulage. L'ouvrier mouleur indique, au moyen de deux règles T, l'épaisseur des croûtes qu'il veut enlever ; il fixe ces règles sur les faces verticales du parallépipède, à l'aide de petits morceaux de pâte, puis avec le fil de laiton, qui est, comme on sait, la scie du potier, il enlève successivement les croûtes qu'il veut mouler. Pour enlever et transporter cette croûte C sans la déchirer, l'ouvrier en soulève un des côtés, puis prenant les deux règles T (fig. 826) qui lui ont servi pour limiter l'épaisseur de la croûte, il en serre le bord soulevé, et transporte alors la plaque, ainsi suspendue, dans le moule M (fig. 827). Ce moule est une plaque de plâtre d'une épaisseur convenable sur laquelle on pose un cadre en fer Z, qui donne les limites en largeur, longueur et épaisseur de la plaque. Plus ordinairement, au lieu de ce cadre en fer, le moule a des rebords en plâtre ; mais alors il faut autant de moules que l'on veut faire de pièces différentes ; avec les cadres en fer, il n'y a besoin que de plaques de plâtre.

Le mouleur place sa croûte dans le moule, la tamponne et la comprime le plus également possible. Avec une racle en fer, il enlève tout ce qui, de la surface supérieure, excède la hauteur des rebords du cadre Z. Il place ensuite les colombins (b, b) faits avec la même pâte et qui sont destinés à maintenir la plaque, à la transformer en carreau de poêle.

La pâte prend tout son retrait en séchant dans des salles qui sont situées au-dessus des fours et où passent leurs cheminées ; le retrait est

Pour la pâte ingerçable, environ. . . 55 p. 4000
 Pour la pâte ordinaire gercée. 90 p. 4000

Quand la pâte est sèche, on enfourne les pièces. Le four présente, comme le four du faïencier ordinaire, la

superposition de deux demi-cylindres couchés sur leur axe. Il est composé d'une chambre inférieure voûtée, qui sert de cendrier, et dans laquelle on place la composition d'émail pour être fondue, d'un laboratoire moyen et d'une chambre supérieure nommée enfer ; le foyer est antérieur.

On place toutes les pièces en échappade en plusieurs lits, de champ ou verticalement ; les inférieures portent elles-mêmes les supérieures, dont elles sont séparées par des tasseaux ou briques longues. On place d'abord trois lits de pièces émaillées et ensuite deux lits de biscuit.

La cuisson se fait au bois et dure vingt-quatre heures. Nous ne mettons pas en doute qu'on pourra facilement employer la houille pour cuire toutes les poteries, dès qu'on trouvera que ce changement donnera une économie. On apprécie le degré de l'élévation de la température par la couleur de l'incandescence que l'on juge à travers deux visières pratiquées dans la porte du laboratoire, l'une en bas, l'autre en haut.

Quand les pièces sont cuites en biscuit, on passe à l'émail. L'émail de la faïence pour poêles est à peu près le même que l'émail blanc de la faïence ordinaire pour ustensiles de ménage. Nous allons donner maintenant quelques détails sur la fabrication de ces émaux dont nous ne nous sommes pas encore occupés.

On fait deux émaux. L'un pour la partie brune des vases que l'on place à l'extérieur, l'autre pour la partie blanche qui est à l'intérieur.

L'émail brun est rendu opaque par une matière terreuse. On réduit en poudre, on mélange, et on met en bouillie claire dans l'eau les proportions suivantes :

Minium.	52	ou bien	53
Manganèse.	7		5
Poudre de brique fusible (on prend à Paris celle de Barcelles).	41		42
	100		100

La fabrication de l'émail blanc exige plus de précautions : il est rendu opaque par le peroxyde d'étain. Dans un petit four à réverbère qu'on appelle *fournelle*, on fait oxyder ensemble du plomb et de l'étain ; on obtient une poudre jaunâtre qu'on nomme la calcine. On em ploie pour cela environ les proportions suivantes :

Plomb. 84	} Fournissant :	Oxyde de plomb. 90
Étain. 16		Oxyde d'étain. 20
400		410

La calcine obtenue, on la mêle avec des matières siliceuses et salines, et place le mélange au fond du foyer du four, dans une place qu'on nomme bassin. Les proportions des mélanges varient un peu suivant les localités, la nature des pâtes et le but qu'on se propose. M. Bastenaire-Daudenart (*Art de fabriquer les poteries communes*, page 303) indique les quatre compositions suivantes : la composition n° 1 est celle qui est la plus chargée d'étain, la plus dure ; la composition n° 2 est celle qui renferme le plus de plomb, est la plus tendre et aussi plus communément employée. Quand on n'a pas de sable de Nevers, qui est un peu fusible, on le remplace par du sable quartzeux pur, et alors on augmente un peu la dose du fondant (n° 3 et 4).

N° 4.

Calcine composée de :	Oxyde d'étain.	23	} 44
	Oxyde de plomb.	77	
		100	
Minium.			2
Sable de Decise, près Nevers.			44
Sel marin.			8
Soude d'Alicante.			2
			400

FAIENCE.

N° 2.

Calcine composée de :	Oxyde d'étain.	48	} 47
	Oxyde de plomb.	82	
		<u>400</u>	
Sable de Decise, près Nevers.			47
Sel marin.			3
Soude d'Alicante.			3
			<u>400</u>

N° 3.

Calcine composée de :	Oxyde d'étain.	23	} 45
	Oxyde de plomb.	77	
		<u>400</u>	
Sable quartzeux lavé.			45
Minium.			2
Sel marin.			5
Soude d'Alicante.			3
			<u>400</u>

N° 4.

Calcine composée de :	Oxyde d'étain.	48	} 45
	Oxyde de plomb.	82	
		<u>400</u>	
Sable quartzeux lavé.			45
Sel marin.			7
Soude d'Alicante.			3
			<u>400</u>

Nous avons vu employer, par les fabricants de poêles du faubourg Saint-Antoine à Paris, la composition suivante :

N° 5.

Calcine composée de :	Oxyde d'étain.	47	} 43
	Oxyde de plomb.	83	
		<u>400</u>	
Sable de Nevers.			43
Minium.			3
Cailloux de rivière pilés.			3
Sel marin.			6
Potasse du commerce.			2
			<u>400</u>

On évalue à 60 ou 70 degrés du pyromètre de Wedgwood la température nécessaire pour fondre l'émail dans le bassin.

La masse fondue est broyée, réduite en poudre très fine, et la poudre est ensuite mise en suspension dans l'eau, où elle doit faire une bouillie fine. Quelques faïenciers sont dans l'habitude de colorer cette bouillie en rouge clair par un peu de minium ajouté. Quand la pièce doit être émaillée tout entière, on la trempe dans la bouillie; quand elle ne doit l'être qu'intérieurement, on verse une portion d'émail avec une tasse dans l'intérieur, où on le promène par un mouvement approprié, et on rejette l'excédant dans le baquet contenant l'émail. Quand la pièce doit être émaillée seulement à l'extérieur, on procède à la fois par immersion et par arrosement.

Les pièces émaillées à épaisseur convenable sont retouchées au pinceau dans les parties où l'émail manque; on en ajoute toujours d'ailleurs sur les parties saillantes, et on en ôte un peu dans les creux, parce que l'émail fondu peut couler, et alors les saillies laissent percer la couleur de la pâte, et les creux sont empâtés.

Pour augmenter l'épaisseur de l'émail, certains fabricants saupoudrent aussi, à l'aide d'un tamis, les pièces fraîchement trempées avec de l'émail en poudre fine. Quelques poêliers les saupoudrent avec un peu de minium.

FAIENCE.

Enfin, avec une brosse, on enlève l'émail qui est sous le pied des pièces pour les empêcher d'adhérer sur les supports pendant la cuisson, et pour économiser l'émail mis en excès dans des endroits inutiles. C'est une opération très nuisible pour la santé des ouvriers.

L'émail de la faïence peut être coloré en jaune, en vert pur et en vert pistache, en bleu et en violet, par les oxydes métalliques suivants :

Émail jaune.

Émail blanc.	94
Jaune de Naples, c'est-à-dire oxyde d'antimoine.	9

Émail vert pur.

Émail blanc.	95
Battiture de cuivre (protoxyde).	5

Émail vert pistache.

Émail blanc.	94
Protoxyde de cuivre.	4
Jaune de Naples.	2

Émail bleu.

Émail blanc.	95
Oxyde de cobalt à l'état d'azur.	5

Émail violet.

Émail blanc.	96
Peroxyde manganèse.	4

Au lieu de colorer entièrement l'émail, on peut décorer de différents dessins la surface des pièces par plusieurs procédés dont les fabricants font des secrets. Un des moyens qui réussit bien consiste à saupoudrer l'émail coloré sur la faïence, fraîchement émaillée mais non cuite, et recouverte d'une feuille de carton ou de clinquant percée de petits trous qui dessinent les ornements qu'on peut obtenir. La poudre colorée ne s'attache qu'aux points de la faïence non recouverts par la feuille de clinquant ou de carton.

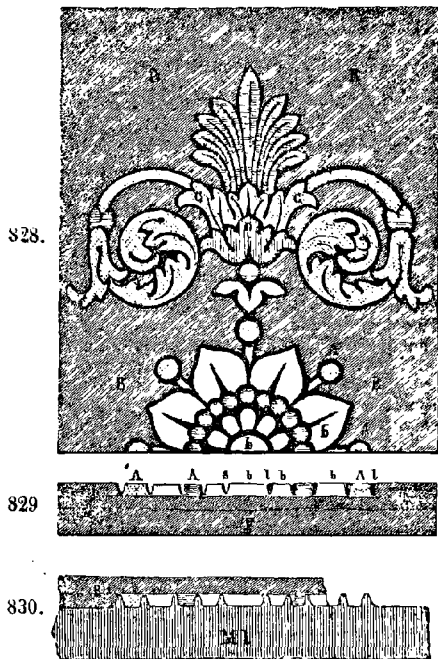
Les carreaux de revêtements employés pour garnir les fourneaux sont fabriqués par les procédés que nous avons donnés. Quand on veut que l'émail stannifère, dont ils sont aussi recouverts, ne gerce pas, il faut employer pour faire la pâte des compositions analogues à celles que nous avons recommandées.

Les carreaux de revêtement étaient autrefois fort en usage pour l'ornement des édifices. Les planchers et murs au rez-de-chaussée de la plupart des anciens châteaux, et surtout des résidences et chapelles royales en étaient ornés. Cet usage est bien tombé aujourd'hui. Toutefois il serait à désirer que l'on se servît des très beaux et très grands panneaux en faïence que fabriquent si bien quelques poêliers de Paris, pour tapisser, par exemple, les salles de bain. On pourrait employer non seulement des faïences émaillées en blanc, mais encore des faïences incrustées et vernissées, comme celles que fait M. Vogt, qui a poussé très loin ce genre d'ornementation pour la fabrication des carreaux de poêles.

M. Vogt fait d'abord un modèle en terre sur lequel sont en creux tous les ornements de couleurs différentes de celles du fond (fig. 830). Il coule sur ce modèle un plâtre ML qui présente en saillie tout ce qui est en creux dans le modèle. Il obtient ainsi son moule. Il remplit avec des pâtes colorées tous les creux. Ainsi, dans la pièce que M. Brongniart, à qui nous empruntons cette description, prend pour exemple, les feuilles h (figure 828) sont blanches, les perles A sont jaune d'ocre les enroulements ou volutes (travail pointillé) sont jaunes, le culot D est vert, la palmette est brune; la pâte colorée s'arrête aux lignes noires qui sont en saillie; on couvre le tout d'une couche de quelques millimètres d'é

FAIENCE.

paisseur de la pâte brune B, qui fait le fond sur lequel les ornements sont incrustés, et qui doit être appliquée sur la pâte grossière, et jaunâtre T, base des plaques en question.



On ôte alors le moule ML, et la croûte à fond brun B est creusée de sillons *l* (fig. 829) limités par les saillies du moule. Ces sillons sont remplis ensuite par de la pâte noire ou de tout autre couleur, et forment les contours et traits bruns des ornements.

La pièce, étant séchée, est cuite en biscuit, recouverte alors d'un vernis plombé et transparent, et passée une seconde fois au feu pour vitrifier ce vernis.

Quoique nous ayons vu travailler M. Vogt, nous ne pouvons indiquer les moyens qu'il emploie pour colorer et composer ses pâtes très diverses. On conçoit qu'il a dû faire un grand nombre d'essais, souvent bien infructueux, avant d'arriver à accorder ses terres, c'est-à-dire à faire en sorte que par la dessiccation et la cuisson elles se retirent toutes de la même quantité sans la production d'aucun fendillement, d'aucune gerçure. Il est bien juste qu'un fabricant soit payé de ses peines par la vente exclusive des produits qu'il est par-

FARINE.

venu à exécuter après bien des efforts dispendieux. BARRAL.

FANAL. Voyez PHARE.

FANONS. Voyez BALEINE.

FARINE (*angl.* flour, *all.* mehl). On désigne sous ce nom un grand nombre de substances réduites en poudre par le moyen de meules; mais il s'applique plus particulièrement aux céréales. Les procédés employés pour obtenir les farines étant décrits à l'article MOULINS, nous ne nous occuperons ici que de leur nature et des moyens de reconnaître leurs falsifications.

Les principes constituants de la farine de blé sont une matière azotée neutre plus ou moins abondante, des matières grasses, de la fécule (voyez AMIDON), et des sels alcalins ou terreux (presque exclusivement des phosphates, voyez ENGRAIS, p. 4354 et 4355).

Lorsqu'on humecte avec de l'eau la farine de blé, de manière à en former une pâte ferme et homogène, et qu'on malaxe ensuite cette dernière sous un mince filet d'eau, il reste entre les mains de l'opérateur, lorsque l'eau passe tout à fait claire, une substance d'un blanc-grisâtre, élastique, tenace, d'une odeur fade, à laquelle on a donné le nom de *gluten*. La liqueur trouble qui s'écoule entraîne l'amidon avec quelques débris de gluten, ainsi que tous les produits solubles. En laissant reposer cette liqueur, la fécule se dépose; en soumettant ensuite cette liqueur à l'ébullition, on voit se former à sa surface des écumes qui se contractent sous forme de flocons grisâtres, et qui présentent la plus grande analogie avec l'albumine coagulée. En filtrant et évaporant au bain-marie le liquide jusqu'à consistance sirupeuse, il est facile d'y reconnaître la présence du sucre et d'une matière gommeuse analogue à la dextrine sinon identique avec elle. Enfin, si l'on examine de plus près le gluten, on voit qu'on peut par l'action des dissolvants le séparer en quatre substances distinctes; mais ces substances, ainsi que l'albumine végétale, ayant toutes sensiblement la même composition, nous les réunirons sous le nom générique de gluten.

Cela posé, voici un tableau de l'analyse de plusieurs farines, d'après Vauquelin.

Les farines contiennent toujours de l'eau qu'elles ont puisé dans l'atmosphère depuis leur mouture, ou que le blé contenait avant cette opération. Le minimum est de 6 pour 100, et le maximum de 20 à 25. En moyenne, il faut compter sur 47 pour 100. Dans les analyses précitées de Vauquelin, la dessiccation était imparfaite.

Les meuniers n'ignorent pas que de la farine desséchée, exposée dans un lieu humide, ne tarde pas à s'échauffer, à se pelotonner, à se gâter: si on la pèse alors, on trouve que son poids est augmenté de 12 à 15 pour 100, et même plus. Quoique l'amidon sec attire aussi l'humidité de l'air, il ne présente aucun des phénomènes ci-dessus, qui sont dus à l'altération des matières azotées qui composent le gluten.

	FARINE brute de fro- ment.	FARINE de méteil.	FARINE de blé dur d'Odessa.	FARINE de blé tendre d'Odessa, 1 ^{re} qualité.	FARINE de blé tendre d'Odessa, 2 ^e qualité.	FARINE de servies, dite seconde.	FARINE des boulan- gers de Paris.	FARINE des hospices, 2 ^e qualité.	FARINE des hospices, 3 ^e qualité.
Eau.	40,000	6,000	42,000	40,000	8,000	42,000	40,000	8,000	42,000
Gluten.	40,960	9,800	44,550	42,000	42,000	7,300	40,200	40,300	9,020
Amidon.	74,490	75,500	56,500	62,000	70,840	72,000	72,800	74,200	67,780
Sucre de raisin.	4,720	4,220	8,480	7,360	4,900	5,420	4,200	4,800	4,800
Dextrine.	3,320	3,280	4,900	5,800	4,600	3,300	2,800	3,600	4,600
Son resté sur le tamis.	0,000	4,200	2,300	4,200	0,000	0,000	0,000	0,000	2,000
	400,490	400,000	98,730	98,360	400,340	400,000	400,000	97,900	400,200

FARINE.

L'influence de l'humidité sur les farines est très redoutable. D'une part, elle produit une altération du gluten, qui rend celui-ci impropre à produire une bonne panification; de l'autre, elle favorise la formation des sporules de divers champignons, qui plus tard se développeront abondamment dans le pain. Les farines des blés de 1844 ont présenté, en 1842, pendant un été très chaud, cet inconvénient au plus haut degré. Les sporules, évidemment réunis sur la partie corticale du grain, se développaient surtout dans la partie inférieure des pains, toujours saupoudrée de son ou de recoupette. La superposition des pains favorisait leur développement; il en était de même de l'humidité et de la chaleur. Du reste, pendant le développement de ces champignons, la température s'élevait beaucoup, et le pain, bientôt envahi tout entier, ne présentait plus qu'une masse rougeâtre et repoussante. Des lavages énergiques du grain infecté, suivis d'une dessiccation rapide et des brossages réitérés, diminuent le nombre des sporules. En réduisant la proportion d'eau dans le pain, augmentant la dose de sel, et forçant la température de la cuisson, on rend leur développement moins facile.

Jetons maintenant un coup d'œil rapide sur les autres céréales :

Nous avons parlé de l'orge à l'article BIÈRE, ce qui nous dispense d'y revenir ici.

À côté de l'orge et du froment vient se placer le seigle, qui, dans quelques pays, constitue pour la majeure partie la pâte du pain de la classe pauvre, et que les classes plus aisées font quelquefois entrer par goût dans le pain. Quoique la farine de seigle soit moins blanche que celle de froment, elle donne un pain d'une saveur agréable, qui a la propriété d'être hygrométrique, et de se conserver frais pendant fort longtemps.

Le seigle possède, en outre, la précieuse faculté de croître dans des terrains impropres à la culture du froment.

Après le seigle vient le sarrasin, dont l'usage est beaucoup moins répandu, et qui n'offre qu'un intérêt secondaire. Sa farine a une saveur propre, et ne donne qu'un pain lourd et mal levé : elle est caractérisée par la présence de matières résineuses et huileuses particulières, qui causent une sorte d'ivresse aux animaux qui en mangent pour la première fois.

Le maïs ou blé de Turquie est surtout très productif dans les pays chauds; à la Havane, par exemple, on en fait jusqu'à quatre récoltes successives dans la saison. Il constitue un aliment très agréable, d'une digestion facile. Les individus qui en mangent, pendant quelque temps, présentent des symptômes d'accumulation de graisse dans leurs tissus; ce qui ne paraît pas étonnant, lorsqu'on se rappelle qu'un boisseau de maïs peut fournir un litre d'huile grasse.

On distingue deux variétés principales de riz, suivant leur origine, le riz de la Caroline et le riz du Piémont. Le riz renferme très peu de gluten. Cette substance a été, il y a quelques années, l'objet d'un Mémoire présenté à l'Institut, dont l'auteur, d'après des expériences qu'on a tout lieu de croire exactes, a prouvé que 1/7 de farine de riz ajoutée au pain lui donne la faculté de fixer une beaucoup plus grande quantité d'eau. Il supputait, d'après ces expériences, qu'il en résulterait une économie considérable sur la quantité de céréales consommées chaque année en France; mais, en définitive, comme le fait judicieusement observer M. Dumas, un homme qui mange un pareil pain ne consomme en réalité que le pain supposé sec qui entre dans son estomac, quoiqu'il ingère en même temps de l'eau, qui s'en va par les urines ou la transpiration.

Outre les farines des céréales et les féculs proprement dites (voyez AMIDON), il existe une troisième

FARINE.

classe de farines qui jouent un grand rôle dans l'alimentation : ce sont les farines des légumineuses, c'est-à-dire des fèves, des haricots, des pois et des lentilles, et qui sont caractérisées par la présence d'une certaine proportion de soufre.

Parlons maintenant des caractères qui servent à distinguer la farine de froment et des substances avec lesquelles on la falsifie.

Les meilleures farines sont d'un blanc mat, virant plutôt au jaunâtre qu'au gris, et douces au toucher; on n'y distingue à l'œil ni aucune parcelle de son; elles développent une très légère odeur agréable à sec ou quand on les humecte. Délayées et pétries avec moitié de leur poids d'eau, elles donnent une pâte susceptible de s'allonger et de s'étendre en nappes minces et élastiques, homogènes, dans lesquelles on ne doit rencontrer ni insectes, ni grumeaux, ni aucuns corps étrangers.

La farine abandonne son eau hygrométrique par une exposition prolongée au contact de l'air, et a une faible chaleur. En conséquence, les farines qui perdront le moins de leur poids, dans une étuve à courant d'air à 400°, seront celles qui auront le plus de valeur.

Les falsifications les plus habituelles des farines s'effectuent avec la fécule de pommes de terre, et les farines de féverolles, de haricots ou de seigle.

La farine de féverolles est souvent employée à cause de l'œil jaunâtre fort recherché qu'elle donne à la farine, mais le pain en prend une teinte rose vineux qui décelez la fraude; celle de haricots donne au pain un goût amer et désagréable; celle de seigle lui communique une saveur caractéristique très prononcée. Pour reconnaître la présence de ces mélanges dans les farines, le procédé le plus exact après la panification et le plus simple, consiste à en prendre un échantillon et à verser dessus un peu d'eau bouillante; l'odeur qui se dégage décelez immédiatement la fraude.

Quant à la fécule de pommes de terre, elle peut avoir été ajoutée avant ou après la mouture; dans ce dernier cas, la fraude est plus facile à découvrir. Moins de 40 p. 100 de fécule n'offriraient guère de bénéfices au fraudeur; s'il y en avait plus de 30 p. 100, la panification deviendrait impossible. On peut presque toujours reconnaître la présence de la fécule par une analyse microscopique, mais le moyen le plus exact et le plus simple est le suivant, dû à M. Gay-Lussac, et perfectionné par M. Boland, habile boulanger de Paris :

On traite 20 grammes de farine, comme pour en extraire le gluten, mais en ayant soin de recueillir tout le liquide amylicé dans un grand verre conique à pied; on laisse déposer pendant 2 1/2 à 3 heures, puis on décante tout le liquide surnageant le dépôt. On enlève à l'aide d'une cuillère à café la couche supérieure grisâtre, mélange d'amidon, d'albumine et de gluten sans cohérence. On laisse ensuite la masse restée au fond du verre se dessécher en repos, jusqu'à ce qu'elle soit devenue assez solide pour pouvoir s'enlever d'un seul morceau. La portion arrondie qui forme le sommet des pains coniques, et qui contient les premières parties déposées, sera la plus riche en fécule, s'il y a un mélange de celle-ci dans l'échantillon essayé. On sépare avec le tranchant du couteau 4 grammes environ de cette partie, on le broie dans un mortier d'agate avec un peu d'eau, on l'étend d'eau, et la liqueur filtrée se colorera en bleu par une solution d'iode, s'il y a de la fécule. Suivant que ce phénomène se reproduit sur une deuxième couche enlevée parallèlement à la première, puis sur une troisième, etc., on en conclut que la farine contenait à peu près 1, 2 ou 3/20^{es} de son poids de fécule. Si la première couche enlevée au sommet du cône donnait, après la trituration, un liquide qui, filtré, ne se colorait pas sensiblement en bleu par l'iode ou qui prit une

FARINE DE POMME DE TERRE.

légère teinte violacée rougeâtre disparaissant bientôt spontanément, on en conclurait que la farine n'est pas mélangée de fécule. Ce procédé est fondé sur ce fait que les grains de fécule, ayant un volume plus considérable et une texture plus lâche, se déchirent et se désagrègent en partie par le broyage au point de céder à l'eau assez de leur substance pour que la liqueur filtrée se colore en bleu par l'iode, tandis que, dans la farine pure, les granules de l'amidon, plus petits, plus plats et plus résistants, ne sont pas sensiblement entamés, et que l'eau, après le broyage et la filtration, ne se colore pas par l'iode, ou donne au plus une très légère nuance vineuse et instable.

Ce procédé permet bien de constater la présence de la fécule dans la farine, mais il n'en donne que très grossièrement la proportion, et l'on n'en connaît pas de plus simple.

M. Boland essaie également, pour gluten, de la manière suivante, toutes les farines qu'il reçoit : on prend 50 grammes de la farine à essayer, et on les place dans une capsule ; on verse au milieu du tas de farine environ 20 centimètres cubes d'eau, et on délaie avec une cuillère ou une spatule, de manière à obtenir une masse plastique bien consistante. On la pétrit entre les doigts pendant 2 minutes, puis on laisse l'hydratation s'achever en repos pendant 45 minutes en été et 4 heures en hiver. On immerge alors dans un seau d'eau froide un tamis en toile métallique fine, dans lequel on malaxe la pâte avec précaution pour en retirer le gluten : les parties solubles et l'amidon s'échappent à travers les mailles du tamis ; enfin, on achève le lavage du gluten en le malaxant fortement, pendant 40 minutes, sous un courant d'eau froide. Le gluten obtenu est fortement pressé, puis essuyé légèrement, et pesé ; on l'introduit alors au fond d'un tube de cuivre qu'on porte au four ou, à son défaut, dans un bain d'huile chauffé à 140° ; il se dessèche promptement, et on le retire, avant qu'il ne se colore, pour en prendre aussitôt le poids. On a donc ainsi la proportion du gluten humide et du gluten sec, qui se contrôlent mutuellement. On conçoit que l'addition de 40 à 45 p. 100 de fécule serait indiquée par une diminution correspondante dans la proportion du gluten. Ce procédé n'est pas absolu pour déterminer la valeur ou la pureté d'une farine, essayée sans objet de comparaison, car la proportion de gluten varie du simple au double, et même plus, comme nous l'avons vu dans les différentes espèces de blés ; mais la nature du gluten peut, dans tous les cas, fournir des indications très utiles sur la qualité de la farine essayée ; plus il est souple, élastique, tenace, extensible, homogène, exempt de mauvaise odeur et de coloration brune, plus il se soulève et augmente de volume par sa dessiccation rapide au four, et plus il est probable que la farine dont il provient est de bonne qualité. Il importe donc beaucoup d'exécuter l'essai du gluten indiqué par M. Boland.

Enfin, on falsifie quelquefois la farine, dans le but d'en augmenter le poids, en y mélangeant du plâtre, de la craie, de la cendre d'os, ou d'autres matières terreuses analogues. On reconnaît facilement cette fraude par l'incinération, la farine pure ne laissant qu'une proportion très faible de cendres.

FARINE DE POMME DE TERRE. Depuis longues années on s'est occupé de la panification de la pomme de terre, ou plutôt de l'emploi de la fécule ou de la pomme de terre pour obtenir par leur mélange avec la farine de blé un pain économique ; l'adulteration des farines par la fécule a même été employée sur une très grande échelle, dans la meunerie et la boulangerie, pendant les dernières années de disette, surtout depuis qu'on est parvenu à enlever complètement à la fécule la saveur propre qu'elle possède par un lavage

FARINE DE POMME DE TERRE.

avec une solution très faible de carbonate de soude. Il est évident que l'emploi de la pomme de terre réduite en farine eût été moins coûteux que celui de la fécule. D'ailleurs, la pulpe de la pomme de terre qui reste dans la farine est un peu glutineuse, légèrement azotée, et facilite la panification, de telle sorte que l'on peut mélanger la farine de pomme de terre à la farine de blé dans une proportion beaucoup plus forte que la fécule. En outre, cette farine est beaucoup moins sujette à s'avarier que celle de blé, de sorte qu'en la mélangeant à cette dernière dans la proportion de 20 à 30 p. 100, on réduirait de plus de 9/10^e la proportion des farines qui sont annuellement avariées dans les transports ou dans les magasins, ce qui serait d'un immense avantage surtout pour la marine.

La transformation des pommes de terre en farine s'opère de deux manières : 1° en les faisant cuire à la vapeur, les divisant, les faisant sécher et les réduisant en poudre ; 2° en les coupant par rouelles, les faisant macérer dans l'eau et les faisant sécher avant de les réduire en farine.

La farine de pommes de terre cuites offre rarement la blancheur exigée par le commerce et conserve un léger goût de pomme de terre. La pomme de terre crue, coupée en tranches et desséchée à l'air, donne un produit d'apparence cornée, susceptible il est vrai de se réduire en farine, mais qui se moisit souvent et se colore toujours, par la concentration à la surface et par l'altération au contact de l'air des sucres qu'elle renferme. Au commencement de ce siècle, plusieurs personnes, et notamment, en 1843, M. de Lasteyrie, indiquèrent l'emploi de macérations et de lavages méthodiques à l'eau pour enlever aux tranches de pommes de terre la matière âcre qu'elles contiennent, et produire ainsi une farine plus blanche et plus saine ; toutefois, ce procédé ne se répandit pas, par suite du long espace de temps qu'exigeait la macération, et surtout parce qu'aucun industriel ne s'en occupa. En Allemagne, depuis nombre d'années, on traite la pomme de terre, comme il vient d'être dit, en faisant précéder les lavages à l'eau froide par une macération dans de l'eau aiguisée d'acide sulfurique. Dans ces derniers temps, on a aussi essayé le procédé suivant : on commence à laver la pomme de terre au moyen d'un laveur mécanique ; de ce laveur elle est amenée dans un coupe-racines qui la débite en tranches minces d'environ deux millimètres d'épaisseur. Ces dernières tombent dans un grand bac renfermant de l'eau saturée de chaux, afin de leur conserver toute leur blancheur en enlevant la partie jaunâtre qui vient recouvrir leur surface aussitôt qu'elles sont débitées. Après que les tranches ont suffisamment trempé dans cette eau de chaux, on la fait écouler et on la remplace immédiatement par de l'eau fraîche pour les laver de nouveau. Lorsqu'on a ainsi répété ce lavage plusieurs fois, on soumet ces tranches à une forte pression pour en exprimer la majeure partie de l'eau, et on achève la dessiccation à l'étuve. Par ces divers procédés on obtient des galettes minces et d'un beau blanc susceptibles d'être facilement réduites en farine, mais dans lesquelles on retrouve encore, à un degré assez prononcé, la saveur propre à la pomme de terre.

Enfin M. Auguste Clerget a proposé de perfectionner le procédé indiqué par M. de Lasteyrie, et d'employer pour la macération et le lavage, de l'eau chauffée à 30 à 40°. Une société se forma pour l'exploitation de ce procédé, mais ayant négligé le concours d'hommes pratiques et écrasée par des frais généraux exorbitants, elle s'est liquidée sans avoir même, on peut dire, livré de produits au commerce. C'est cette fabrication, qui en d'autres mains et mieux dirigée eût pu donner des résultats industriels, que nous allons sommairement décrire.

FARINE DE POMME DE TERRE.

Dès que la pomme de terre commence à germer, la fécula commence à disparaître; il est donc nécessaire ici, comme dans les féculeries, que le travail commence immédiatement après la récolte de ce tubercule pour être terminé, autant que faire se pourra, avant la germination. Le reste du temps la force motrice de l'usine peut être employée, soit à la mouture des cossettes, soit à tout autre usage.

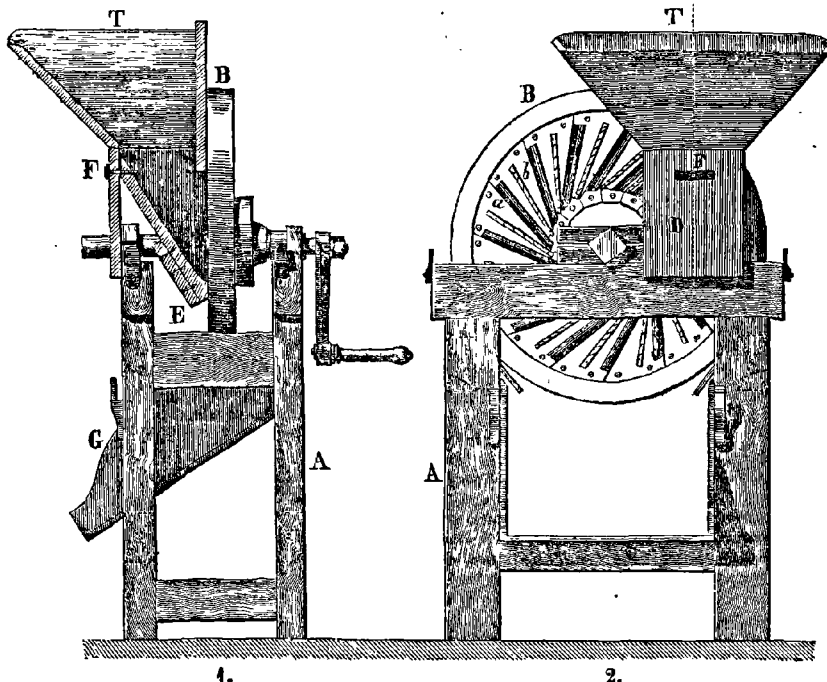
Les pommes de terre sont d'abord lavées dans des tambours à claire-voie, qui tournent dans des bâches pleines d'eau, en tout semblables aux laveurs mécaniques employés dans les féculeries. De ces laveurs la pomme de terre passait entre deux meules-brosses garnies en chiendent et tournant dans l'eau. Nous pensons que l'emploi successif de deux laveurs ordinaires eût produit plus économiquement le même effet. De là, les pommes de terre lavées se rendent dans un bassin, d'où un dragueur à godets et à claire-voie les extrait pour les conduire à un coupe-racines.

Nous avons vu employer avec avantage, pour débiter

FARINE DE POMME DE TERRE.

fin en gutta-perka, qui les conduit dans les bassins de macération préalablement remplis d'eau à 35 ou 40 degrés. Ce n'est point un lavage que l'on cherche à produire; on s'efforce surtout de détruire, par une fermentation activée par la température à laquelle on opère, les principes âcres et sapides de la pomme de terre, tout en prévenant, autant que possible, la dissolution de la fécula ou de la pulpe sous l'action du ferment que renferme ce tubercule. A cet effet, on modère la fermentation, et on enlève de temps à autre les produits qui en résultent en changeant l'eau de macération. La conduite de l'opération offre peu de difficultés; celle-ci est terminée, après trente-six ou quarante-huit heures, selon la quantité relative d'eau employée, sa température et le nombre de lavages.

Les cossettes, lorsqu'on les retire des bassines de macération, sont assez molles, sans odeur, bien que les premières eaux de macération en eussent une très forte. Il est indispensable de les soumettre immédiatement à une pression aussi forte que possible, sous une



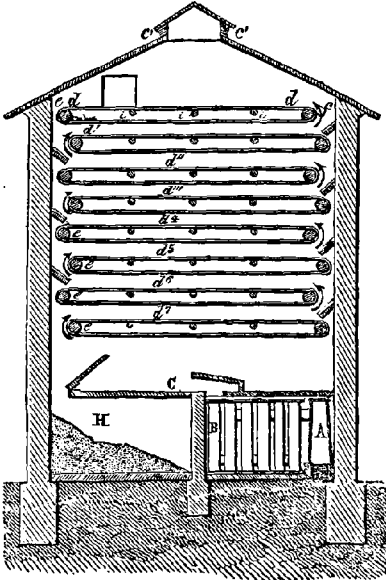
les pommes de terre en cossettes, un coupe-racines construit par M. Corrège, et analogue à celui de M. Burette, représenté en élévation et en coupe par les fig. 1 et 2 : A, bâti en charpente; B, roue sur laquelle sont montées les lames; T, trémie; D, plomb mobile ou volet qui forme le fond de la trémie; E, centre du mouvement du volet; F, vis au moyen de laquelle on change à volonté l'inclinaison du volet; G, couloir par où s'échappent les cossettes à mesure qu'elles sont coupées; aa, lames tranchantes; bb, rainures à travers lesquelles passent les tranches coupées. La machine est recouverte d'une chemise en planches, supprimée dans le dessin, qui sert à retenir les cossettes qui pourraient s'attacher à la roue et être lancées en tous sens par la force centrifuge.

Le coupe-racines que nous venons de décrire débite les pommes de terre en tranches minces ou cossettes qui tombent au fur et à mesure sur une chaîne sans

presse hydraulique, pour en exprimer toute la quantité d'eau qu'elles sont susceptibles d'abandonner par ce moyen. Enfin on achève de les dessécher à l'étuve : cette dessiccation est d'autant plus facile, qu'elles ont été plus fortement pressées, et présente d'assez grandes difficultés lorsqu'il s'agit d'opérer en grand. Des essais, que nous avons fait faire à titre d'expert, nous ont convaincu que la dessiccation des cossettes devait se faire dans une grande exploitation au moyen de séchoirs mécaniques analogues à ceux employés dans les lavoirs à blé ou autres, et être conduite avec une grande rapidité.

Le séchoir mécanique qui nous paraît le plus approprié à la dessiccation des cossettes est celui représenté fig. 3; il se compose d'une étuve chauffée par un calorifère AB : l'air chaud fourni par le calorifère s'élève, entre dans l'étuve par la trappe C, suit les directions sinueuses marquées par des flèches sur la

figure, et sort en haut de l'étuve en c'. La cossette est étendue au sortir de la presse, soit immédiatement, soit après un pelletage préalable, sur une aire sèche et bien aérée pour la faire ressuer. De là elle passe sur une



3.

toile sans fin *d*, à l'étage supérieur, tendue entre deux cylindres *e*, *f*, et supportée par des rouleaux *i*, *j*, *k*. D'autres toiles *d'*, *d''*, ... *d'*, disposées au-dessous par étages, sont mises en mouvement alternativement en sens contraire, et avec des vitesses égales, par des roues d'engrenage adaptées sur l'axe de chaque cylindre *e*, *f*, ... Il s'ensuit que les cossettes, qu'un distributeur mécanique amène d'une manière régulière sur la toile sans fin supérieure, se distribue avec la même régularité sur les toiles inférieures, et que, rencontrant, au fur et à mesure qu'elle descend, de l'air de plus en plus chaud et plus sec, elle se dessèche graduellement, et tombe enfin dans le récipient *H* à l'état convenable pour être emmagasinée ou livrée au moulin.

Les cossettes desséchées sont ensuite réduites en farine dans des moulins à blé, et on en sépare par le blutage le son provenant de la pellicule de la pomme de terre.

Aujourd'hui sans emploi, les procédés qui viennent d'être décrits peuvent certainement aussi s'appliquer à d'autres substances amylacées, parmi lesquelles nous citerons en première ligne le *marron d'Inde*, qui pourra être réduit en farine alimentaire après qu'on aura enlevé, par des macérations et lavages appropriés, la saveur âcre et particulière qu'il possède.

P. DEBETTE.

FAUX ou **FAULX** (*angl.* scythe, *all.* sense). Instrument dont on se sert pour couper les fourrages, etc.; il se compose d'une grande lame mince en acier légèrement arquée, tranchante du côté concave, pointue à un bout, et terminée à l'autre par une poignée en queue qui sert à la fixer, au moyen d'une virole et d'un coin, à l'extrémité d'un manche en bois de 1^m,50 au moins de longueur. La surface inférieure de la faux est convexe; du côté du dos, il y a une nervure dont l'acute la saillie est en dessus, et qui, prenant naissance

à la queue, va former la pointe. C'est à cette disposition que la faux, quoique très mince (elle n'a pas 4^{mm} d'épaisseur), doit toute sa fermeté. Cette nervure a en outre pour objet de renverser et d'entraîner les plantes au fur et à mesure que la faux les coupe, pour en former l'*ondin*.

La fabrication des faux a longtemps été concentrée en Allemagne, et surtout en Styrie. Actuellement neuf de nos départements, du midi et de l'est de la France, alimentent presque exclusivement le commerce intérieur.

L'acier naturel ou de cémentation est fourni au fabricant de faux en barres minces de 25^{mm} sur 50^{mm}. Il les casse en tronçons de 0^m,24 à 0^m,25, qu'il classe en diverses catégories, suivant l'aspect de leur cassure. Les barreaux de nature *ferreuse* sont mis à part et destinés à fournir l'étoffe dont se compose le dos des faux; on les étire au martinet en barres de 30^{mm} de large sur 8 à 10^{mm} d'épaisseur, qu'on coupe par longueurs de 0^m,65. On assemble ces barres par *trousses* de 16, que l'on corroie et que l'on réduit en barres carrées de 20^{mm} de côté sur 0^m,65 de long. On étire, de la même manière, les tronçons d'acier fin, destinés à faire les tranchants des faux, en barres de 20^{mm} sur 10^{mm}, qui sont soudées à plat sur les premières et étirées en barres de 25^{mm} de large sur 7 à 8^{mm} d'épaisseur; l'acier fin y entre pour 1/3 et l'étoffe pour 2/3. Un ouvrier raffineur, avec son compagnon, corroie 350^k d'acier en 18 heures; le déchet est de 7 1/2 p. 100.

Des mains du *raffineur*, ces barreaux passent dans celles du *martineur*, qui, en deux chaudes, ébauche les faux, forme la pointe, le talon, et recourbe à angle droit le bout qui doit servir à faire la queue, le tout à l'aide d'un martinet de 45 à 50^k qui bat environ 300 coups par minute. La pièce ébauchée porte 0^m,80 de long, 22^{mm} de large près de la crosse, 16^{mm} au milieu et 10 au petit bout près de la pointe; son épaisseur est de 5^{mm} près de la crosse et de 4^{mm} au bout opposé; la crosse ou queue a 80^{mm} de long, 30^{mm} de large et 4^{mm} d'épaisseur. On donne ensuite une chaude suante à la pièce, et on la courbe convenablement, en relevant en même temps, à l'extrémité de la queue, le petit *portreau* qui sert à la fixer contre le manche.

On élargit alors la lame sous un martinet de 30^k; le maître, après l'avoir chauffée vers le bout, saisit la crosse de la main gauche, et le bout de la main droite avec une petite tenaille; il promène dans le sens de la longueur la pièce renversée sur l'enclume, pour former la nervure, puis dans le sens de la largeur pour étendre la lame. Il emploie trois chaudes sans changer cette disposition, puis en donne une quatrième, du côté de la crosse, pour en former le talon. La faux est ensuite remise à un ouvrier qui, avec un marteau à main et sur un tas de fer, la redresse en partie, après l'avoir légèrement réchauffée; cette opération se termine sous un petit martinet de 15^k battant de 300 à 400 coups par minute. Enfin un autre ouvrier termine la nervure en la battant dans l'angle, à coups redoublés, avec un marteau à panne légèrement arrondie. Cette opération, ainsi que les deux précédentes, exige une grande habileté de la part de l'ouvrier.

Il reste à donner à la poignée ou *queue* la direction convenable, à imprimer la marque du fabricant, à affranchir à la cisaille le côté du tranchant, à tremper, recuire et affûter la faux, opérations qui n'exigent aucune description particulière.

Les faux de Styrie ne pèsent que 500 grammes; celles que l'on fabrique dans d'autres parties de l'Allemagne et en France en pèsent 700 à 800.

On donne le tranchant aux faux par un martelage, et ensuite avec une pierre à sifuiser, dont chaque faucheur doit être pourvu; ce martelage s'exécute à l'aide d'un marteau à manche très court, et d'une petite en-

FAUX.

clume que le faucheur plante en terre, entre ses jambes. Le marteau et l'enclume ont des formes différentes : c'est-à-dire que le marteau est à panne et tête de l'enclume légèrement bombée. Indépendamment de son enclume et de son marteau, le faucheur doit être muni d'un étui ou *coffin* plein d'eau, suspendu par un crochet à sa ceinture, et renfermant une pierre à aiguiser. Lorsqu'on aiguisé la lame avec la pierre, il faut faire attention à l'usage que l'on veut en faire; pour les herbes fortes, la luzerne, les gros foin, le tranchant doit en être court; il devra être long et aplati pour les herbes fines.

La *faucille* (angl. sickle, all. sichel) est un instrument qui sert à couper ou à scier le froment, le seigle, et en général toutes les céréales dont les graines ne tiennent pas dans l'épi et qui tomberaient à terre si on les fauchait. C'est une lame d'étoffe d'acier recourbée en demi-cercle de 0^m,20 à 0^m,25, large de 25^{mm} environ, à tranchant taillé en lime d'un seul côté, et dont un des bouts est façonné en queue propre à recevoir un petit manche qui, tantôt est placé dans le plan de la lame, tantôt s'élève un peu au-dessus, ce qui évite au moissonneur la peine de se baisser.

On commence à remplacer la faucille, dans les environs de Paris, par la *faux flamande*, employée depuis longtemps dans le nord de la France. Elle se compose d'une lame de 0^m,80 de long et d'un manche en bois de 30^{mm} de diamètre sur 0^m,50 à 0^m,60 de long; ce manche, qui est coudé à angle droit à 0^m,45 environ de chacune de ses extrémités, porte à sa partie supérieure, près de la poignée, une espèce d'anneau en cuir, qui sert à faciliter la manœuvre de l'instrument. On réunit les chaumes que l'on veut couper à l'aide d'un bâton léger terminé par un crochet de fer. Tandis que l'ouvrier a sa faux dans la main droite, il tient le crochet de la main gauche par le milieu, de manière à ce que la partie courbée soit parallèle à la lame et au-dessus d'elle; le crochet soutient la paille vers la moitié de sa hauteur, tandis que la faux la coupe à 5 à 40 centim. du sol. Un grand avantage de cet instrument, c'est que celui qui s'en sert n'a pas besoin de se pencher, ce qui ménage ses forces et lui permet de faire plus d'ouvrage; il laisse aussi moins de chaume. Le sciage à la faucille arrange, il est vrai, plus régulièrement la paille, qui prend moins de volume; il donne un blé moins difficile à battre; enfin, beaucoup de mauvaises graines, échappant à la faucille et restant dans le chaume, le grain est plus propre. Mais le fauchage ne coûte que la moitié du sciage, la récolte est beaucoup plus prompte, la paille demeure plus longue, le sol est mieux nettoyé, et il n'est plus nécessaire d'y faire dispendieusement passer la faux pour enlever le chaume.

Nous avons vu employer avec succès, dans diverses parties de l'Allemagne, en lieu et place de la faux flamande, une *faux à rateau*, qui ne diffère de la faux ordinaire que par l'addition faite à l'extrémité du manche, d'une espèce de rateau composé de bagnettes ayant la même courbure que la faux, et dont l'objet est de rassembler les tiges des céréales à mesure qu'on les coupe, et de les coucher doucement les unes à côté des autres, afin de ne pas les ébranler, et que l'ouvrier qui doit faire les gerbes ait moins de peine à les former; ce procédé procure, sur les précédents une économie considérable sur la main-d'œuvre.

FÉCULE (FABRICATION DE LA). La fabrication de la fécula a pris depuis quelques années en France un développement remarquable, et aujourd'hui ses produits sont expédiés jusqu'en Angleterre. A mesure que les produits de la culture, ont forcé les fermiers à planter en grand la pomme de terre, qui ne présente pas pour son exploitation manufacturière à beaucoup près autant de difficultés que la betterave, les prix de vente de la fécula ont baissé rapidement. Ils sont maintenant ré-

FÉCULE.

gés sur ceux des pommes de terre; et de ce bon marché sont résultés des emplois tout nouveaux, et des consommations toujours croissantes et presque sans limites. La dextrose, les gommes employées dans l'appât des tissus; la glucose ou sucre de fécula, introduit en grand par son bas prix dans la fabrication des bières, des vins naturels pour les améliorer, même en Bourgogne, et par la pureté qu'elle atteint, remplaçant aujourd'hui le sucre ordinaire dans toutes les préparations des liqueurs, des sirops de pharmacie, etc., tous ces débouchés ont développé rapidement la fabrication de la fécula; et bientôt il n'y aura pas une grande ferme qui n'ait son atelier complet pour convertir la pomme de terre, qui ne peut être ni transportée ni vendue, en fécula, produit éminemment transportable et dont le placement se fait à la halle presque aussi facilement et aussi régulièrement que celui des farines.

C'est que cette fabrication est très simple, qu'elle n'exige que des machines peu coûteuses à établir, et s'organise parfaitement avec les travaux de la culture. On y emploie avantageusement les bœufs et les chevaux pour moteur, et comme là les frais généraux d'administration sont nuls, et qu'au besoin le fermier pourrait encore avec avantage se contenter de fabriquer et de vendre sa fécula sans bénéfice, pour écouler les pommes de terre nécessaires à sa culture, il en résulte que le nombre de ces établissements peut se multiplier presque sans limites.

Ainsi qu'il arrive dans toutes les industries qui s'appliquent à des objets de grande consommation et à bon marché, de nombreuses tentatives et des inventions de toute nature ont été faites pour perfectionner cette fabrication, si simple qu'elle soit; mais de même que pour le sucre de betterave, il reste peu de chose de toutes ces inventions, après un an ou deux d'emploi et de vogue; et les fabriques qui prospèrent le plus sont celles qui sont montées le plus simplement.

En décrivant les outils que l'on peut adopter avec pleine sécurité, nous dirons un mot de ceux que l'on a cherché sans succès à leur substituer.

Nous donnons ici la description et le plan (fig. 834 et 832) d'une fabrique qui a été construite par M. Firmin Raveau, architecte, et dont nous avons monté les machines et étuves, pour M. Legrand, fermier et propriétaire à Guित्रy, près Vernon (Eure).

Cette fabrique peut servir de modèle par la disposition générale, le choix des appareils et la simplicité de combinaison des transmissions de mouvement. Avec quatre chevaux attelés, elle travaille facilement et dans la perfection 200 hectolitres de pommes de terre par jour, et conduit, au besoin, en même temps, un moulin à broyer les tourteaux de colza pour la ferme.

Des silos et des soins à donner à la pomme de terre emmagasinée. Les silos destinés à recevoir la pomme de terre et la conserver saine et à l'abri de la gelée, sont établis près de la fabrique et parallèlement à elle, de manière à pouvoir, au moyen d'un appareil mécanique appelé *dragueur*, conduire la pomme de terre sans main-d'œuvre, du magasin à la fabrique, par une galerie couverte.

Ces silos, qui doivent être d'une grande capacité pour recevoir la pomme de terre destinée à cinq ou six mois de fabrication, c'est-à-dire 30,000 hectolitres, sont ordinairement creusés dans la terre sur un mètre ou deux, pour réduire les frais de construction, soutenir les murs contre la poussée d'une si grande charge, et préserver de la gelée les produits emmagasinés.

La pomme de terre doit autant que possible être rentrée sèche et avec le moins de terre adhérente que l'on pourra.

Les pommes de terre sont apportées en sacs de 4 hectolitre, après avoir été mesurés toujours sur le terrain,

tant pour la comptabilité de la ferme, que pour celle de la fabrique, qui doivent être soigneusement séparées. On les monte à dos d'hommes par deux portes réservées sous comble aux deux extrémités des silos, tant pour rendre facile l'arrivage et le déchargement de plusieurs charrettes à la fois, que pour diminuer les frais de transport à l'arrivée et à la sortie des silos ; on les porte sur des planches mobiles, qu'on installe momentanément sur les sommiers du comble, dans toute la longueur du silo, et on les verse à droite et à gauche jusqu'à ce que le silo soit plein jusqu'au niveau des entrants qui ne doivent jamais être recouverts, ni enveloppés de pommes de terre, parce que, avec la fermentation et la chaleur qui se développe toujours, ces pièces de bois s'échaufferaient et s'altéreraient promptement.

Quand on rentre la pomme de terre par des temps de pluie et de boue, ce qu'on doit éviter autant que possible, elle est inévitablement mouillée et sale, aussi

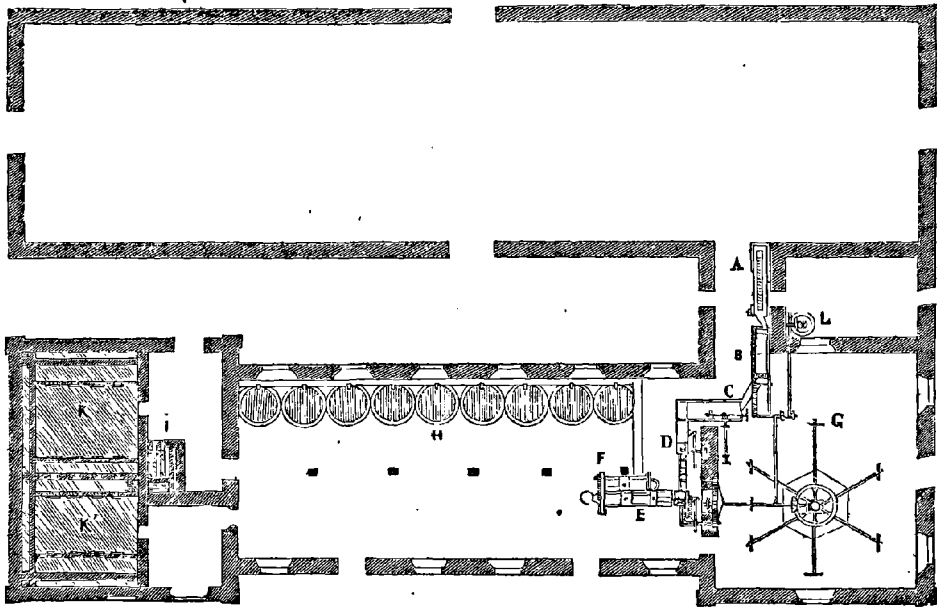
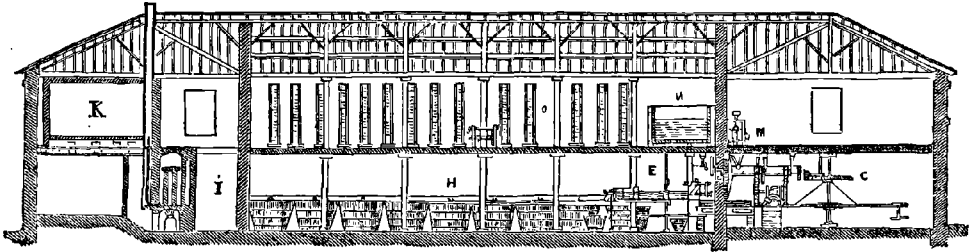
tables, et ne pas laisser les ouvriers remplir le silo de boue avec leurs sabots, qu'ils doivent toujours laisser à la porte.

Quand le silo est plein, on ferme avec soin les fenêtres, et on les calfeutre de paille, ainsi que les portes qui ne communiquent pas avec la fabrique.

Il est de la plus haute importance de préserver la pomme de terre de la gelée qui, même légère, en altère la qualité, et forte, la perd entièrement. Aussi doit-on réserver toujours des places vides au milieu des pommes de terre, dans le silo, pour y placer deux ou trois poêles dans lesquels on fait du feu pendant les grandes gelées.

Quand la récolte est abondante, et que le silo ne la peut pas recevoir en entier, on établit, dans une partie sèche et élevée des terres cultivées en pommes de terre, des silos momentanés, creusés en terre de 1 mètre au plus, garnis de paille et d'une couche complète de terre de 20 à 25 centimètres d'épaisseur. Quelques

834.



832.

faut-il encore lui donner de la surveillance pour di- | manufacturiers aux environs de Paris se contentent
minuer au moins des inconvénients quelquefois inévi- | de l'amonceler sur le sol et de la recouvrir de paille,

en ayant seulement soin de la préserver, par un toit ou des planches, de la neige ou de la pluie, qui seules l'altèrent, disent-ils, et la font geler. Ce moyen est bon à employer quand on n'a pas de silo, et que l'on reçoit la pomme de terre à peu près au fur et à mesure des besoins de la fabrication; mais on s'exposerait gravement, nous en sommes convaincus, en l'adoptant pour tous les produits d'une récolte destinés à alimenter une fabrique pendant l'hiver entier.

Un soin indispensable pour conserver à la pomme de terre toute sa qualité, est de la remuer de temps en temps dans le silo, afin d'empêcher la fermentation qui s'y développe très rapidement, surtout si elle a été rentrée par des temps de pluie et de boue.

La pomme de terre, comme la betterave, perd toujours à attendre la fabrication. C'est au moment où elle vient d'être récoltée, en pleine maturité, qu'elle contient et donne le plus de féculé; et, si on perd un mois au commencement de la campagne, il est évident qu'on ne le rattrape pas à la fin, puisque la pomme de terre rend moins de produits, surtout dans le mois de mars, à l'époque où le travail de la germination commence à se faire et où la féculé disparaît.

La première condition d'un travail bien organisé doit donc être de faire en été, et d'avance, tous les travaux de réparation et d'amélioration ou d'accroissement que l'on a jugé nécessaires, et de ne pas attendre pour cela le mois de septembre et d'octobre, comme font tant de fabricants. Il faut aussi que les outils soient tous essayés d'avance, le calorifère et les étuves nettoyés et réparés, et tout en ordre, pour commencer la fabrication le plus tôt possible, aussitôt les premières voitures de pommes de terre rentrées. Il y a des fermiers qui ont soin de planter de la pomme de terre à une époque et dans une position où elle sera plus hâtive, pour commencer aussi leur travail quinze jours plus tôt.

Il faut surtout pousser le travail avec autant d'activité que de régularité, et si la fabrication est réglée à 200 hectolitres, il faut que, chaque jour, les 200 hectolitres soient écrasés. Tous les efforts doivent être faits pour que la fabrication soit terminée à la fin de février ou dans la première quinzaine de mars. Aussi est-il très important, dans un grand établissement, d'avoir largement les machines nécessaires à la fabrication pour faire le plus possible par jour. Une augmentation bien légère, dans les intérêts des premiers établissements, donne une somme annuelle de bénéfices considérables.

Série des opérations que subit la pomme de terre pour être transformée en féculé.

La fabrication de la féculé se compose de quatorze opérations :

Figure 831. Plan de la féculerie.

Figure 832. Coupe en long.

1° Montage de la pomme de terre du silo à la fabrique, et en même temps au-dessus du premier laveur au moyen du *dragueur* A.

2° Lavage au premier laveur B.

3° Passage au second laveur C.

4° Déchirage de la pomme de terre lavée à la *rape* D.

5° Montage de la pulpe de la *rape* au tamis cylindrique E, au moyen d'une chaîne à godets.

6° Séparation de la féculé et de la pulpe dans un tamis cylindrique E.

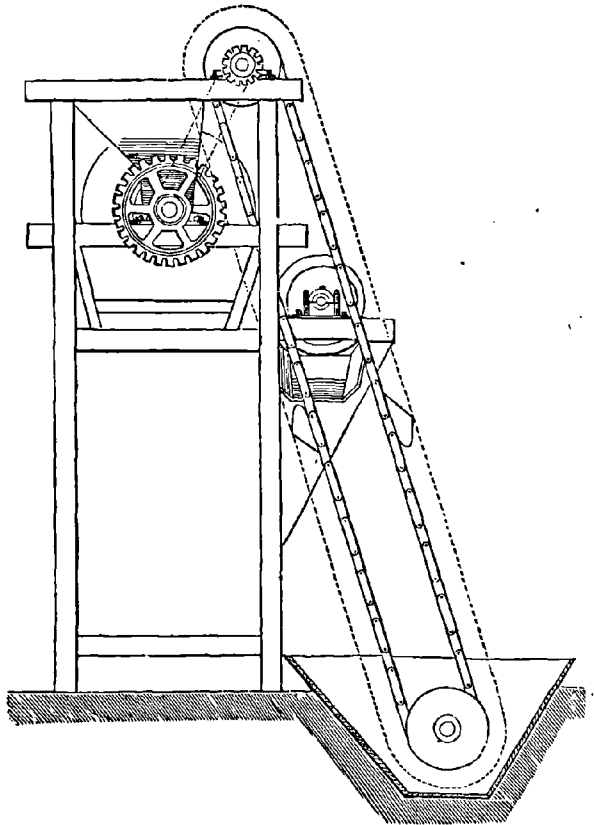
7° Séparation du petit son, que l'eau entraîne mélangé avec la féculé, dans un petit tamis cylindrique F.

8° Repos et décantation des fécules dans les cuves en bois H.

9° Lavage à grande eau de la féculé déposée dans les tonneaux et passage dans des tamis de soie à la main.

10° Montage au hâloir dans les bachots ou demi-tonnes, où elle a été après le lavage.

11° Exposition de la féculé humide en morceaux de 2 ou 3 décimètres cubes sur des étageres, dans un séchoir à air libre dit *hâloir* O.



833.

12° Ecrasage de la féculé séchée au hâloir à l'aide d'un gros rouleau de bois.

13° Séchage dans une étuve chauffée K.

14° Ecrasage au rouleau, et passage au blutoir M pour la vendre en sacs.

Dragueur. Fig. 833. Le dragueur est un plan incliné en madrier de chêne, pris entre deux longuerines qui lui servent de guides, au pied duquel est une grille en bois sur laquelle on jette la pomme de terre à la brouette pour en séparer déjà les principaux cailloux qu'elle contient, et dont l'enlèvement est très important pour la conservation des machines. Sur ce plan court une chaîne sans fin, composée de deux chaînes Galle à très longues mailles, séparées de 0^m,25 et réunies par plusieurs tasseaux en fer placés perpendiculairement au plan, pas-

sant par-dessus deux tambours de fonte ajustés en haut et en bas du plan, et dont le mouvement, imprimé par le manège au moyen d'une forte chaîne Galle, se transmet à la chaîne sans fin. Celle-ci, agissant sur le plan, et à travers la trémie avec grille, où l'on a versé les pommes de terre, les entraîne sur les tasseaux, et les conduit en haut du plan, où elles sont versées dans la trémie du premier laveur. Il faut donner sept à huit tours par minute de vitesse à ce dragueur.

2^e et 3^e laveurs. Pour faire de belle fécule, et aujourd'hui qu'on l'emploie dans les apprêts des tissus et surtout des toiles blanches, on est extrêmement difficile pour la blancheur et l'éclat de la fécule, la première condition et la plus importante c'est un lavage parfait.

Dans beaucoup de fabriques, on laisse baigner la pomme de terre dans de grands tonneaux, avant de la passer au laveur, afin que la terre qui y adhère ait le temps de se détremper et ne résiste pas au lavage.

Dans d'autres, on plonge la pomme de terre sortant du silo dans un baquet plein d'eau placé auprès du dragueur, et d'où un ouvrier la jette à la pelle sur cet outil.

Mais ces procédés occasionnent une grande main-d'œuvre, et le travail est plus économique et plus parfait en les passant successivement à deux laveurs, dont le premier sert à détremper la pomme de terre et à enlever presque toute la terre et les cailloux, et le second avec de l'eau toujours propre achève le travail du premier et rince la tubercule.

Le laveur est un tambour à jour, composé de deux plateaux circulaires en fonte, montés sur un arbre tournant en fer, et réunis pour former le tambour par des baguettes de fer rond de 43 millim. de diamètre, ne laissant entre elles que 4 centimètre de passage pour l'échappement des cailloux. Plus de jeu entre les tringles laisserait passer les petites pommes de terre, et quoiqu'en vidant le grand et fort coffre de chêne plein d'eau qui est placé sous le tambour, et dans lequel ce dernier tourne, on ait soin de faire passer l'eau dans un panier à claire-voie pour ne laisser perdre aucune pomme de terre; cependant, celles qu'on en retire ne sont jamais aussi bien lavées que dans le laveur: ce serait donc encore une main-d'œuvre perdue.

Le tambour du laveur, tournant avec son arbre sur des paliers fixés sur le coffre de bois, plonge au tiers de toute sa hauteur dans l'eau, et les 42 tours par minute qu'il fait avec un diamètre de 0^m,80, en faisant sauter vivement la pomme de terre sur chaque tringle de fer, la nettoient parfaitement. L'eau de ces laveurs est renouvelée au moins deux ou trois fois par jour au moyen d'une large porte réservée au bas du coffre et fermée par un tampon et une barrette à vis comme le trou d'homme des chaudières à vapeur. Un tour d'hélice en bois ou en métal fixé sur l'axe à l'autre extrémité du laveur, prend la pomme de terre pour la vider au dehors. Du premier laveur on la passe au second, et du second elle tombe sur une grille de bois, qui la conduit à la râpe et où un enfant la pousse à la main en ayant soin de ne laisser passer aucun caillou, précaution très essentielle, car à chaque caillou qui passe toutes les lames de la râpe sont fortement endommagées.

Râpe. La râpe ou cylindre dévrateur est un tambour de fonte de 0^m,50 à 0^m,60 de diamètre et de 0^m,27 à 0^m,32 de largeur, armé sur toute sa circonférence de lames de soie fines, espacées de 10 à 15 millimètres; mais mieux de 10 millimètres, le râpage est plus fin.

Ce tambour tourne sur un axe porté solidement sur des paliers et un bâti de fonte. Au-dessus du tambour est une capote mobile en tôle, tenue par des clavettes, et au-dessous, dans le sens où le mouvement entraîne la pomme de terre, est une planchette inclinée et une auge, où tombe la pulpe, et d'où elle est prise par

une chaîne à godets qui la conduit dans un tamis cylindrique.

Sur le devant de la râpe et du côté de l'arrivée des pommes de terre, est une table horizontale en bois avec un plateau mobile en fer, parfaitement dressés sur leurs arêtes et qui, au moyen de deux vis de serrage, sont amenés parallèlement, avec une grande exactitude, tout contre les lames de la râpe, de manière à ne laisser passer que la pulpe très fine sans aucun morceau de pomme de terre qui ait échappé à la râpe. Un poussoir en bois, à charnière en haut et à ressort en bas, reposant sur la planche mobile, serre la pomme de terre que le jeune ouvrier fait tomber sur la râpe avec une râclette en bois, en retirant à la main les cailloux.

Un levier placé à sa main, lui permet, si un caillou venait à passer inaperçu dans la râpe, de faire sauter les ressorts qui pressent le poussoir contre le cylindre, et d'avoir ainsi le temps de dégrener la râpe au moyen de la poulie folle. Un robinet fait couler constamment et abondamment de l'eau sur la râpe pour délayer la pulpe. Une râpe doit faire de 7 à 900 tours par minute, et elle pourrait traiter au besoin 250 hectolitres de pommes de terre par heure.

La pulpe tombe dans un coffre, d'où une chaîne formée de longues lames accouplées comme la chaîne Galle, et de godets en tôle, et montant sur un plan incliné en bois, va porter cette pulpe dans la trémie du tamis cylindrique, en même temps qu'un autre robinet y verse de l'eau.

Tamis cylindrique. Le tamis cylindrique E, fig. 834, est composé de trois cylindres en fer recouverts de toile métallique, tournant sur un axe en fer au moyen d'une chaîne, et au-dessus d'un coffre en bois. Ces trois tamis sont séparés l'un de l'autre par deux tambours en cuivre fixés solidement au coffre du tamis.

La pulpe qui arrive sur le premier tamis, abondamment délayée dans l'eau, est bien vite séparée de cette eau, qui emporte la fécule dans le coffre et va tomber dans le premier tambour, où elle est de nouveau délayée par une forte injection d'eau et des agitateurs, fixés sur l'arbre tournant.

De là elle est versée et séchée de nouveau sur le second tamis, et enfin délayée de nouveau dans le deuxième tambour et définitivement séchée sur le troisième tamis, qui la jette au dehors, complètement séparée de la fécule, d'où elle est emportée pour servir à la nourriture des vaches et des moutons.

Le tamis doit faire vingt-quatre à vingt-cinq tours par minute; plus de vitesse donnerait un mauvais tamisage. Il peut suffire facilement avec 3 mètres de longueur à 200 hectolitres de pommes de terre.

La fécule entraînée par l'eau va passer dans un autre tamis cylindrique, F, plus petit et plus fin, qui en sépare le menu sou, et elle se rend par une rigole dans les cuves de dépôt.

Le tamis est l'outil qui, dans toutes les féculeries, a subi le plus de modifications, parce qu'on n'est pas encore fixé sur le meilleur système. On l'a fait longtemps avec un seul tambour en son milieu et tournant avec l'arbre. Celui-ci tamisait mal, la pulpe n'est pas épuisée; il faut la délayer de nouveau dans l'eau.

Puis on a fait de longs plans inclinés en toile métallique, sur lesquels l'eau descendait en emportant la fécule, pendant que la pulpe était montée par des râcloirs mécaniques en mouvement. Ce système prend beaucoup de force. Il détruit très rapidement les toiles métalliques et ne donne pas plus de fécule que les autres; c'est à notre avis un mauvais système.

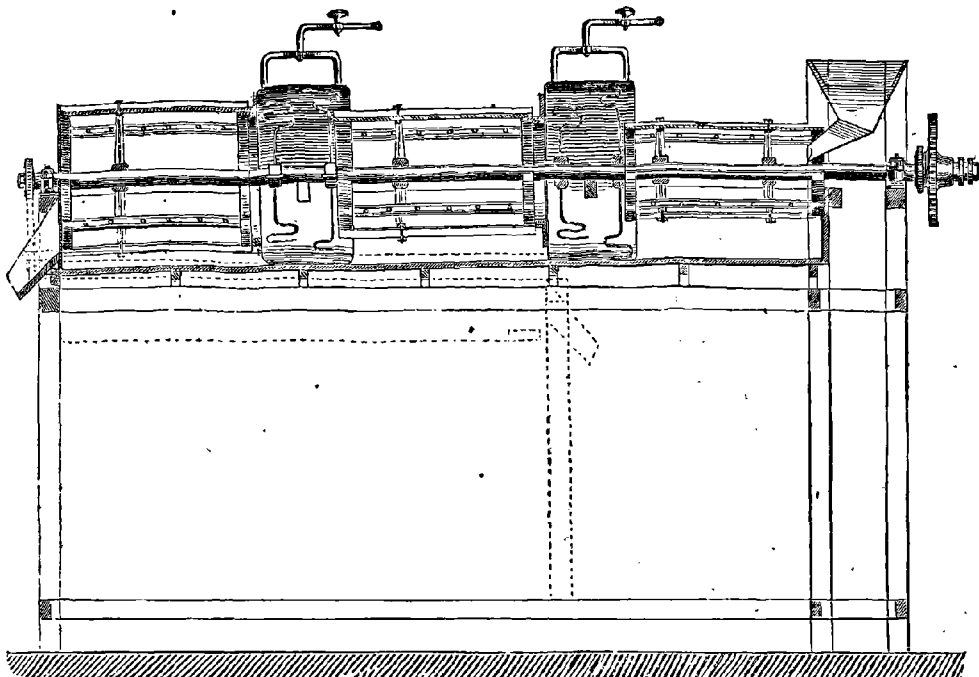
Enfin, on a fait de petits plans inclinés sur le même système, qui, dit-on, marchent très bien. Mais nous sommes convaincus que le meilleur système est le tamis à tambour fixe, parce qu'il sèche et délaye plusieurs fois la pulpe. A notre connaissance, l'invention des tam-

bours fixes et des tambours multiples est due à M Pasquier, propriétaire à Trou, près Versailles.

Un manège, G, conduit toutes ces machines avec des bœufs ou des chevaux; quatre chevaux, quand les machines sont bien montées, suffisent pour travailler 200 hectolitres de pommes de terre.

la main, et enfin on en remplit ainsi successivement des baquets dits *bachots*, où on la tasse de manière à les remplir, et on la monte au hâloir O, dans les bachots au moyen d'un treuil.

L'eau est fournie à toute la fabrique par un réservoir N, de grande capacité et alimenté largement par



834.

Le manège de Guित्रy est très léger. L'arbre vertical tourne sur un pilier fixe en fer forgé, qui soutient le plancher du magasin placé au-dessus, et les bras en bois sont reliés ensemble, et après l'arbre vertical, par des cordes métalliques qui lui donnent une grande légèreté.

Il est bon de donner cinq ou six bras à un manège, dans le cas d'augmentation du travail.

La transmission et la multiplication de mouvement se font au moyen de roues droites, de poulies et de chaînes Galle.

Décantage. La fécula délayée dans l'eau et sortant du tamis à petit son, se rend par une rigole fixée au mur dans la cuve H de dépôt, qu'elle remplit successivement au moyen de petites vannes.

En quatre heures la fécula est complètement déposée, et on décante l'eau surabondante, que l'on envoie sur les terres pour les fumer. Ces eaux ne doivent pas rester près de la féculerie, car elles deviennent très rapidement infectes.

On fait couler sur le premier dépôt une nouvelle charge d'eau et de fécula, que l'on décante de même. Puis, quand elle a atteint une épaisseur de 0^m, 25 dans des cuves de 4^m, 10 ordinairement de haut, on procède à son lavage.

Lavage. La fécula déposée est encore salie par de la terre.

On la délaie à grande eau dans des tonneaux, en la laissant reposer et la tamisant dans un tamis en crin, à

des pompes. Pour travailler par jour 200 hectolitres de pommes de terre il faut de 400,000 à 420,000 litres d'eau.

Là, les bachots sont renversés et les morceaux de fécula encore tout pénétrés d'eau sont jetés sur le sol du hâloir qui est recouvert d'une couche épaisse de plâtre, qui boit une partie de cette eau; les morceaux sont ensuite placés sur les échelles. On les sépare les uns des autres pour les sécher le plus possible et diminuer ainsi les frais d'étuvage.

Au bout de quinze ou vingt jours, quand on n'est pas pressé par le manque de place au hâloir; ou par la vente, les pains sont déjà bien séchés; si le temps est favorable, ils se délitent bientôt, et tombent en poussière des échelles.

Dans les grands froids de l'hiver, ils gèlent souvent, et M. Pasquier nous a assuré que la fécula ainsi gelée était plus belle. On porte alors la fécula à l'étuve, en la chargeant dans de petits wagons placés sur un chemin de fer qui court dans toute la longueur du hâloir; mais avant de la mettre à l'étuve, on l'écrase sur une aire en plâtre au moyen d'un lourd rouleau de bois, tenu par un long manche. Il faut exiger de tous les ouvriers *du blanc*, c'est-à-dire de ceux qui font le travail du lavage de la fécula, du hâloir et de l'étuve, la plus grande propreté. Ils ne doivent monter au hâloir qu'en quittant leurs sabots et prenant des chaussons, laissés exprès au bas de l'escalier, car on marche à dans la

FECULE

fécule, et elle serait très-vite perdue d'ordures. Dans une féculerie bien montée, il y a toujours deux étuves, que l'on charge, et que l'on chauffe alternativement avec le même calorifère, pour pouvoir laisser reposer la fécule douze heures après qu'elle est complètement étuvée. La fécule est chargée sur des cadres en bois garnis de toiles au fond, et placés sur des châssis, de manière à laisser 8 ou 10 centimètres d'espace entre chaque rang de cadres. La fécule s'y étend en couche de 3 ou 4 centimètres, et toutes les précautions doivent être prises dans la construction de l'étuve, d'abord pour qu'il n'y ait pas de bois qui puisse prendre feu; les incendies dans une étuve chauffée à 70° et avec de la fécule aussi sèche, étant très-dangereux; ensuite, pour conserver le plus possible la chaleur, au moyen de doubles murs, de doubles portes, et de l'absence complète de toute fenêtre.

On chauffe très-moderément pendant quatre heures, sans dépasser 45 à 50°, pour éviter que la fécule humide ne s'altère; on pousse ensuite vivement le feu de manière à atteindre 65 à 70°, et en dix-huit ou vingt heures l'étuvage est complet. Au moyen de registres, on jette toute la chaleur dans l'autre étuve que l'on a remplie d'avance, et on laisse reposer pendant douze heures l'étuve dont le séchage est fini, pour laisser retomber un peu la température, et aussi parce que la fécule achève de se sécher.

Au milieu de chaque opération, on ouvre la porte de l'étuve, et les ouvriers y pénètrent pour aller remuer avec des râclettes en bois tous les cadres, pour renouveler les surfaces. Le calorifère que nous avons monté à Guiry, et qui nous appartient, est d'un système tout nouveau et qui a donné les résultats les plus remarquables. Nous en avons donné la description et les plans, dans ce Dictionnaire, à l'article CHAUFFAGE, voir les fig. 468 et 469. Son principe est de pouvoir à volonté sécher, en faisant passer dans l'étuve un grand courant d'air, ou, au contraire, de monter rapidement la température de l'étuve, en faisant circuler de nouveau dans le calorifère l'air déjà chauffé de l'étuve. Nous avons monté l'étuve de Guiry en moins d'une heure de 70 à 105°. Ce calorifère, monté dans deux ou trois féculeries, et depuis dans plusieurs hôtels, fonctionne parfaitement bien.

La fécule perd à l'étuve environ 25 p. 100 de son poids, quand elle a été un temps suffisant au haloir; quand elle arrive au haloir, elle retient environ 35 à 40 p. 100 d'eau; et enfin, séchée et prête à livrer au commerce, elle en contient encore de 7 à 8 et 10 p. 100.

La fécule au sortir de l'étuve est mise en sac au magasin, ou en tas, où elle peut rester sans inconvénient un temps indéfini.

A mesure que l'on en a besoin, on la pile au rouleau, et on la passe à un blutoir M en soie, qui fait 30 tours par minute, et dont le cylindre commandé par une courroie, ou mieux une chaîne sans fin, reçoit à chaque tour plusieurs secousses vives qui le font retomber sur ses paliers, pour faire passer mieux la fécule. Ces secousses sont données par un excentrique à 2 cames fixées sur le bout de l'arbre tournant, et rencontrant un heurtoir en fonte.

Il nous reste à donner quelques détails économiques sur cette fabrication.

La pomme de terre rend de 16 à 18 p. 100 de fécule sèche, et les sons retiennent encore un peu de fécule, ce qui les rend si nourrissants pour les bestiaux.

Les machines nécessaires pour une féculerie coûtent, avec les pompes au complet et montées, de 45 à 16,000 fr. dans le meilleur système avec le calorifère.

Les frais de fabrication pour 200 hectolitres de pommes de terre par jour, pesant moyennement 80^h l'hectolitre, peuvent être comptés comme suit :

FER.

	hect.	f. c.	f. c.
200 hectolitres de pommes de terre.	200	4 75	350 "
1 contre-maitre.			2 25 "
2 ouvriers manœuvres, et 4 enfant pour approcher la pomme de terre, etc.	3	4 60	4 80 "
3 hommes au blanc et 2 étuveurs.	5	2 "	10 "
Entretien des machines, tamis, toiles.			40 "
Intérêts du capital de l'usine sur 150 jours de travail, à 75,000 fr. de dépense, bâtiments compris, à 6 pour 0/0.			30 "
Houille pour le calorifère.	3	3 "	9 "
Frais généraux, bureau.			5 "
Transport de la fécule au lieu de la vente; 2700 ^h par jour.	2700	75	20 25 "
Imprévu.			20 "
Total.			461 30
Soit les 100 ^h de fécule.			47 8
Prix de vente des 100 ^h de fécule.			22 "
Bénéfice par 100 ^h de fécule.			4 92
Et par jour, pour 200 hect. de pommes de terre.			436 70

PH. GROUVELLE.

FENDERIE. Voyez FER.

FER (*angl.* iron, *all.* eisen). Le fer métallique est d'un gris-bleuâtre, malléable, ductile et le plus tenace des métaux; il ne se rompt que sous une charge de 75 kilogr. par millimètre carré de section; poli, il possède beaucoup d'éclat; il a une saveur et une odeur distinctes, mais faibles. Il perd une partie de sa ténacité et devient cassant par l'érouissage; on lui rend ses propriétés en le faisant recuire. Pur, il est absolument fixe, et extrêmement difficile à fondre, et peut-être même n'est-on pas encore parvenu à le liquéfier, car il est probable que lorsque cela arrive, on doit l'attribuer à l'absorption d'une certaine quantité de carbone; mais il jouit de la précieuse propriété de se ramollir à une température bien inférieure, et de pouvoir alors se souder sur lui-même et prendre sous le marteau toutes les formes que réclament les arts. Il est magnétique. Sa dilatation linéaire, de 0 à 400°, est de 1/846°. Le fer ne s'altère pas dans l'air sec, à la température ordinaire, mais lorsqu'on le chauffe, il se recouvre d'une pellicule d'oxyde très mince qui présente, à mesure qu'elle augmente d'épaisseur, le phénomène des anneaux colorés, les diverses couleurs se produisant dans le même ordre et aux mêmes températures que pour l'ACIER (voyez ce mot). Au rouge, il s'oxyde rapidement et se recouvre d'écaillés d'oxyde dites *battitures*, parce qu'elles se séparent aisément par l'action du marteau; cette oxydation rapide explique le soin que l'on prend, en travaillant le fer; de le garantir autant que possible, comme nous le verrons, de l'action oxydante de l'air, lors du réchauffage, et l'importance de l'amener à la forme voulue en lui faisant subir le moins de chaudes possible.

Le fer obtenu en réduisant à une basse température un oxyde par l'hydrogène est pyrophorique, c'est-à-dire qu'il s'enflamme spontanément au contact de l'air même après qu'il a été refroidi; il perd cette propriété lorsqu'on augmente sa cohérence, en le chauffant au rouge en vase clos et le laissant refroidir à l'abri du contact de l'air. Très divisé et chauffé au blanc, il brûle dans l'air et dans l'oxygène en répandant une lumière extrêmement vive.

L'air humide oxyde lentement le fer qui se recouvre d'une couche jaunâtre d'hydrate de peroxyde de fer qu'on appelle *rouille*; une partie de l'hydrogène qui se dégage par la décomposition de l'eau, se combine à l'état naissant avec de l'azote venant de l'air, pour donner de l'ammoniaque qui reste en combinaison avec la

rouille. Le fer décompose très rapidement l'eau au rouge : l'hydrogène se dégage, et l'oxygène s'unit au fer pour donner de l'oxyde magnétique.

L'acide nitrique étendu dissout lentement le fer ; l'acide nitrique concentré l'oxyde également et avec une très grande rapidité, mais la plus grande partie du fer reste à l'état de peroxyde, sans se dissoudre. L'acide sulfurique le dissout aisément en présence de l'eau qui se décompose ; concentré, il n'a aucune action sur lui à froid, mais il le dissout à la chaleur de l'ébullition en se décomposant en partie et donnant lieu à un dégagement d'acide sulfureux. Les hydracides, tels que l'acido hydro-chlorique, etc., le dissolvent rapidement, même à froid, en dégageant de l'hydrogène, et le transforment en protochlorure, etc., l'eau régale le dissout rapidement, avec dégagement de vapeurs rutilantes, et il se produit du perchlorure.

Le fer ayant une grande affinité pour l'oxygène, réduit tant par voie sèche que par voie humide un grand nombre d'oxydes métalliques, tels que ceux d'argent, de cuivre, de plomb, etc., et même dans certaines circonstances la potasse et la soude.

Le fer se combine aisément et directement, à l'aide de la chaleur avec tous les gazolites, c'est-à-dire avec les corps simples non métalliques, l'hydrogène et l'azote exceptés ; mais lorsqu'on le chauffe dans un courant de gaz ammoniac sec, il décompose ce corps avec dégagement d'hydrogène, et il retient en combinaison de 7 à 9 p. 400 d'azote et peut-être aussi de très peu d'hydrogène, et devient extrêmement cassant et même friable.

Le fer se combine, par voie sèche, en plusieurs proportions avec le carbone, et selon que la proportion en est plus ou moins considérable, il constitue les fers du commerce, l'acier, ou la fonte.

Le fer est naturellement grenu et de qualité d'autant meilleure que le grain est plus fin et plus brillant ; par l'écroutissage ou le martelage, il devient nerveux, c'est-à-dire qu'il présente une disposition fibreuse ; la cassure d'un bon fer présente un nerf tordu très blanc et brillant ; si on le martelle à froid dans le sens de sa longueur ou si on le trempe, il reprendra sa texture grenue ; il paraît que cette texture est due à la présence du carbone ; pendant l'élaboration la quantité en diminue, ce qui, joint à l'action du marteau ou du laminage, le fait passer à l'état nerveux ; mais il renferme encore une petite quantité de carbone qui suffit pour lui faire reprendre, lors de la trempe, la texture grenue. Lorsque, par une série de chaudes trop répétées ou mal conduites, on dépasse l'état nerveux, le fer est dit *brûlé*, le nerf qui existe encore a perdu son éclat, et, lorsqu'il est à texture grenue, il présente souvent des irisations qui tiennent à ce que tout le carbone peut se brûler et même le fer s'oxyder un peu ; il perd alors une grande partie de sa ténacité. Le fer poli présente souvent des taches brunes qui portent le nom de *paillies* ou de *cendres* suivant qu'elles sont plus ou moins grandes, et qui diminuent de beaucoup sa valeur ; ces taches paraissent dues à une interposition de scories ou d'oxyde de fer, et proviennent d'un corroyage imparfait lors de la fabrication.

Les fers du commerce se distinguent en *fers forts* qui se laissent forger et courber à froid et à chaud et en *fers rouverains*, qui cassent à froid ou à une température plus ou moins élevée.

Les fers forts se divisent eux-mêmes en trois catégories :

Le *fer fort dur* ou *fer aciéreux*, qui est le plus résistant au feu par suite de la plus forte proportion de carbone qu'il renferme ; il est très dur, et est particulièrement employé pour la fabrication de l'acier de cémentation, des câbles en fer, des canons de fusil, des tôles fortes de machines à vapeur, et en général pour

tous les objets qui réclament une grande résistance.

Le *fer fort mou*, plus ductile que le précédent, moins résistant et plus facile à produire ; présente moins de résistance au feu ; se travaille aisément à froid et à chaud, et convient surtout à la fabrication des objets, comme les fers et clous de cheval, les jantes de roues, le fil de fer, les essieux, etc., qui exigent une certaine ductilité jointe à beaucoup de résistance.

Le *fer demi-fort*, ne cassant ni à chaud ni à froid, et possédant les qualités des deux variétés précédentes, mais à un degré moins élevé ; on l'emploie surtout à faire les pointes de Paris et le gros fil de fer.

Les fers rouverains se divisent également en deux catégories :

Les *fers métiés* ou fers cassant à chaud doivent cette propriété à une certaine proportion de soufre ou d'arsenic ; ils présentent une cassure plus foncée et plus terne que les autres fers ; lorsqu'ils sont nerveux, leur nerf est plus gros que celui des fers forts et terne, et leurs fibres, mises à nu par la rupture, sont criquées ou fendues dans le sens transversal ; enfin le nerf est coupé en lames au lieu de présenter, comme les fers forts, une cassure crochue et hérissée d'aspérités 0,003 de soufre rendent le fer insoudable.

Les *fers tendres* ou fers cassant à froid doivent cette propriété à du phosphore ; leur cassure est à grains plats, blancs et brillants, unie et sans arrachements. Ils sont ordinairement très lamelleux. Ils se travaillent bien à chaud et sont ordinairement débités en verge de fenderie pour la fabrication des clous.

Les *fers brûlés* cassent également à froid ; il ne s'y trouve plus de carbone, mais ils renferment beaucoup de silicium. Leur cassure est lamelleuse, blanche, légèrement bleuâtre, brillante et éminemment cristalline. Les lames sont plus grandes et plus anguleuses que celles du fer tendre.

Enfin il existe des fers rouverains qui sont à la fois cassants à froid et brisants à chaud ; ils ne peuvent presque être d'aucun usage.

Avant d'acheter ou de recevoir les fers, dans le commerce, on leur fait subir certains essais ayant pour but de reconnaître la qualité du métal ; on soumet en outre les fers finis à d'autres essais qui servent à mettre à nu les défauts de fabrication, mais ces derniers essais varient à l'infini selon la nature même des fers et l'usage auquel on les destine, nous ne parlerons ici que des essais généraux qui s'appliquent à tous les fers sans exception. Ceux-ci s'opèrent à chaud et à froid ainsi qu'il suit :

On chauffe au rouge-clair, dans une forge de maréchal, la barre à essayer, on la replie sur elle-même à cette température, et dès qu'elle est arrivée au rouge-brun ou la plie de nouveau. On laisse alors refroidir la barre, et, après l'avoir entaillée à froid au moyen d'une tranchette, si les dimensions ou la nature du fer l'exigent, on la plie jusqu'à la rupture ou jusqu'à réunion des deux parties du coude, ce qui, dans tous les cas, met à découvert la texture du métal. Les essais à chaud précités montrent si le fer est cassant au rouge-clair, au rouge-brun ou à ces deux températures, ou s'il résiste à l'une et à l'autre. Les essais à froid, indiquent si le fer est fort, tendre ou métié. Le fer tendre casse net ; la cisaille le brise, mais ne le coupe pas ; il craque sous cet outil. La cassure à froid peut indiquer, jusqu'à un certain point, si le fer est cassant à chaud ; le nerf de ce dernier présente des solutions de continuité perpendiculairement à sa direction. Les faisceaux de ce nerf forment pour ainsi dire des lames, ce qui ne s'observe pas dans les fers bons à chaud. Les fers forts résistent à la rupture à froid. Leur cassure est généralement fibreuse, et leur qualité est d'autant meilleure que leur nerf est plus blanc, plus long, plus fin et plus uniforme ; la cisaille les coupe comme une substance molle, sans

les rompre. Le fer dit brûlé se comporte de la même manière sous la cisaille, à l'opposé du fer tendre, auquel du reste il ressemble beaucoup.

Chaque maître de forges est dans l'usage de mettre sa marque sur les fers qu'il livre au commerce. Les marques les plus estimées sont les marques de Suède (L), (O O) et (J B), et la marque russe (C CMD), qui sont presque exclusivement achetées par les fabricants d'acier de cémentation.

Les fers du commerce renferment au plus 4/2 p. 400 de carbone ; au-delà, ce sont des fers fortement acideux, et lorsqu'il en renferment 4 à 2 p. 400, ils constituent l'ACIER, composé remarquable dont nous avons fait le sujet d'un article particulier.

Lorsque la proportion du carbone varie de 2 à 5 p. 400, il en résulte une nouvelle combinaison, connue sous le nom de fonte, fer fondu, fer cru, fer coulé (*angl.* cast iron, *all.* roheisen) qui présente des caractères essentiellement différents de ceux du fer. Le carbone qu'elle renferme est tantôt entièrement à l'état de combinaison, les fontes sont alors blanches, tantôt il s'est séparé en partie lors du refroidissement de la masse dans laquelle il se trouve disséminé à l'état de graphite, ce sont les fontes grises ; ces dernières passent du gris-clair au gris-noir. Enfin les fontes présentent, dans certains cas, des mélanges de parties blanches et de parties grises qui forment des espèces de taches sur le fond : ce sont les fontes truitées.

On distingue les fontes en fontes de moulage et en fontes d'affinage :

Les fontes de moulage sont d'un gris souvent très foncé (fontes noires) ; celles au charbon de bois, moins foncées et à grain fin, sont ordinairement employées en première fusion ; celles au coke sont d'un gris-noir à gros grains, et ne sont guère employées qu'en seconde fusion ; elles sont d'autant meilleures pour cet usage que le grain en est plus gros et la couleur plus foncée ; les impuretés qu'elles renferment ne permettent pas de les employer en première fusion au moulage d'objets délicats ou de résistance ; l'excès de carbone non combiné qu'elles renferment les rend d'ailleurs tout à fait aptes au travail en seconde fusion (voyez FONDERIE DE FER). Elles renferment toutes une forte proportion de silicium, et c'est à la présence de ce corps, qui possède une puissance de saturation plus grande que le carbone, qu'on attribue la séparation de ce dernier, à l'état de graphite, dans les fontes grises et noires.

Les fontes d'affinage sont grises, truitées ou blanches ; elles contiennent beaucoup moins de silicium que les précédentes, ce qui les rend beaucoup plus faciles à affiner, le silicium étant même plus difficile à séparer du fer que le carbone. Les fontes blanches se divisent elles-mêmes en deux classes : les fontes blanches à grandes lames, et les fontes blanches sublamellaires ou grenues et ordinairement cavernouses. La première espèce doit ordinairement ses propriétés à la présence d'une certaine proportion de manganèse, et est exclusivement employée à la fabrication de l'acier de forge ; cependant la présence du soufre peut aussi rendre les fontes blanches lamelleuses. Les fontes blanches sublamellaires le doivent souvent à du manganèse et sont alors employées à la fabrication de l'acier de forge. Les fontes blanches grenues sont ordinairement le produit d'un dérangement du fourneau, et dans ce cas elles donnent de très mauvais fer, ou bien elles résultent d'une surcharge en minerai. Ainsi, il existe beaucoup de fourneaux où l'on produit, suivant les besoins de l'usine, de la fonte grise de moulage ou de la fonte blanche d'affinage, en diminuant ou augmentant la charge en minerai.

Selon Roy, la fonte se dilate de 1/904 de 0° à 400° ; sa densité varie de 7,00 pour la fonte noire à 7,70 pour

la fonte blanche la plus dense. La fonte est encore plus fusible que l'acier ; elle se dilate en se solidifiant, la fonte grise plus que la blanche, et elle se contracte ensuite, de sorte que le retrait définitif est d'environ 1/96 dans chaque dimension ; c'est cette précieuse propriété qui permet aux fontes de moulage de reproduire, avec une extrême netteté, les détails et les ornements les plus délicats des moules.

La fonte blanche est plus fusible que la fonte grise, mais elle reste toujours à l'état de fusion pâteuse, tandis que la fonte grise acquiert une grande fluidité.

Les fontes grises sont, comme nous l'avons dit, caractérisées par la présence du silicium en quantité notable, 4 à 4 p. 400 ; elles sont peu dures, se laissent forer et liner d'autant plus aisément que leur couleur est plus foncée, et s'aplatissent sensiblement sous le marteau avant de se rompre. Selon que la fonte présente ces caractères à un degré plus ou moins élevé, on dit qu'elle est plus ou moins *douce*. En général le soufre blanchit les fontes, ou au moins affaiblit leur teinte, les gueuses sont aussi criblées de soufflures à la surface ; ces fontes sont donc peu propres au moulage, et donnent à l'affinage des fers rouvraïns. Le phosphore diminue la ténacité des fontes, mais il rend celles-ci très fluides et préférables à toutes autres, sous le rapport du fini des pièces, au moulage des objets d'art, qui n'exigent pas, comme les pièces de machines, une grande résistance ; à l'affinage elles donnent du fer tendre cassant à froid ; aussi toutes les usines à fer, qui emploient des minerais phosphorés, marchent presque exclusivement en fonte de moulage de première fusion, pour munitions de guerre, ornements en fonte, etc.

Les fontes blanches sont très dures et rayent le verre, mais elles sont très aigres et se laissent pulvériser. Il n'y a que la fonte blanche lamelleuse manganésée dont les caractères extérieurs ne changent pas par l'effet d'une solidification et d'un refroidissement très lent ; toutes les autres fontes blanches perdent, dans ce cas, leur éclat, et prennent une teinte grise plus ou moins prononcée. Réciproquement, en soumettant la fonte grise à un refroidissement brusque, ou la blanchit notablement. Ainsi, par exemple, on convertit souvent des fontes d'affinage, naturellement d'un gris clair, en fontes blanches sublamellaires ou grenues en les coulant *en coquille*, c'est-à-dire dans un moule métallique qui, étant bon conducteur du calorique, détermine une prompte solidification, que l'on précipite encore en jetant une assez grande quantité d'eau sur la coulée. On est dans l'habitude, en Allemagne, dans la plupart des hauts-fourneaux au charbon de bois, lorsque la fonte est trop graphiteuse pour le moulage en première fusion ou trop grise pour l'affinage (ce dernier cas est beaucoup plus rare que le précédent), d'arrêter le vent un peu avant la coulée, et d'introduire dans le creuset, par l'ouverture de la tuyère, une faible quantité de minerai de fer que l'on brasse avec la fonte, et qui, en se réduisant, brûle l'excès de carbone qu'elle renferme. Ce travail est assez long, très fatigant, et cause des arrêts qui, en diminuant la production journalière, augmentent les frais de l'usine ; aussi n'est-il pas à recommander, et il vaut beaucoup mieux augmenter la charge en minerai, en raison de la nature des produits que l'on veut obtenir, et faire varier, s'il est nécessaire, la composition du lit de fusion, de manière à obtenir des laitiers plus fusibles.

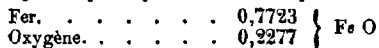
La ténacité des fontes est environ le quart de celle du fer forgé et le huitième de celle de l'acier trempé et en partie recuit ; mais leur résistance à l'écrasement est beaucoup plus considérable : elle est double pour la fonte grise et triple pour la fonte blanche par un refroidissement brusque.

Le fer s'allie à la plupart des métaux, mais la plupart de ces alliages n'ont aucun emploi dans les arts ;

introduit cependant en petite quantité dans nombre d'alliages, il pourrait leur communiquer de précieuses qualités; presque toujours on a été arrêté par les difficultés de la fabrication, et des recherches dirigées avec soin et persévérance dans cette voie donneraient certainement des résultats d'une haute utilité (voyez ALLIAGES, BOUCHES A FEU, DAMAS, ÉTAMAGE).

Le fer forme avec l'oxygène quatre combinaisons qui sont aisément réduites, à l'aide de la chaleur, par l'hydrogène, le charbon, le soufre, et en général par toutes les matières combustibles.

Le protoxyde de fer est, une base trop forte et en même temps trop avide d'oxygène pour qu'il puisse exister isolément; on ne connaît donc pas ses propriétés physiques. Son hydrate est blanc et s'altère spontanément au contact de l'air; il décompose l'eau lentement à la température ordinaire, et rapidement à l'aide de la chaleur. Les alcalis et les terres alcalines le précipitent de ses dissolutions; il est soluble dans l'ammoniaque. Le protoxyde de fer se compose de :



Le peroxyde de fer est opaque, d'un rouge-violacé en masse, et d'un rouge vif lorsqu'il a été porphyrisé; sa couleur est d'autant plus foncée et tire d'autant plus sur le violet qu'il a été plus fortement calciné; il n'est pas magnétique; il est infusible. Son hydrate est jaune-brun; il perd aisément son eau par la calcination.

Le peroxyde de fer fortement calciné ne se dissout facilement que dans les acides sulfurique concentrés et hydro-chlorique bouillants. L'hydrate natif se dissout en outre assez facilement dans l'acide oxalique bouillant; l'hydrate précipité est soluble dans tous les acides.

Le peroxyde de fer est une base faible isomorphe avec l'alumine; il se compose de :

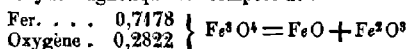


On l'obtient très pur en calcinant au rouge du nitrate de fer.

L'oxyde magnétique est d'un noir pur, opaque; sa poussière est noire; il est éminemment magnétique et même très souvent magnéti-polaire. Il se fond sans se décomposer. On l'obtient en faisant passer de la vapeur d'eau sur du fer métallique chauffé au rouge. Il n'est attaqué que par les acides forts; les acides sulfurique et hydro-chlorique le transforment en un mélange de sels de protoxyde et de peroxyde, l'eau régalé en sel de peroxyde.

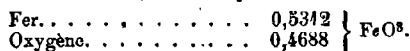
En prenant deux parties égales d'un sel de protoxyde de fer, le sulfate vert par exemple, dissolvant l'une dans l'eau bouillante et faisant bouillir l'autre avec un mélange d'acides nitrique et sulfurique, jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus de vapeurs rutilantes, mélangeant alors les deux dissolutions et saturant par de l'ammoniaque, il se forme un précipité noir qui conserve sa couleur à l'air et qui est très magnétique; sa poussière est brune; il est susceptible de former des sels cristallisés que l'on doit regarder comme des sels doubles analogues aux aluns. Cet hydrate perd toute son eau par calcination, sans passer à un état d'oxydation plus élevé.

L'oxyde magnétique est composé de :



L'acide ferrique n'a pas encore été isolé. En fondant ensemble de l'oxyde de fer et du nitre, on obtient un ferrate de potasse, qui se décompose spontanément au contact de l'eau et même peu à peu dans l'air en donnant lieu à un dégagement d'oxygène tandis que le fer

se sépare à l'état du peroxyde. Selon M. Frémy, qui a découvert cet acide, il est composé de :



Enfin quelques auteurs regardent comme un oxyde particulier, qu'ils désignent sous le nom d'oxyde des battitures, la couche d'oxyde qui se forme à la surface du fer métallique, lorsqu'on chauffe ce dernier au contact de l'air; mais nous ne pouvons partager cette opinion, parce que ce produit n'offre pas une composition homogène dans toutes ses parties, et que la proportion d'oxygène qu'il renferme va sans cesse en augmentant, de la surface intérieure qui était en contact immédiat avec le fer métallique à la surface extérieure. Il est noir, luisant, un peu métalloïde, à structure cristalline ou grenue, très magnétique et fusible à une haute température. Il renferme moyennement 27 p. 400 d'oxygène.

Les sels de protoxyde de fer solubles sont d'un vert-pâle; leurs dissolutions un peu étendues sont sensiblement incolores; elles sont précipitées en vert sale par les alcalis et leurs carbonates; le précipité est soluble dans l'ammoniaque et les bi-carbonates; le carbonate de chaux ne les trouble pas, même à chaud. Les phosphates et arsénates alcalins les précipitent en blanc, et le précipité verdit à l'air; les oxalates les précipitent en jaune-serin; les sulfures alcalins en noir; le prussiate rouge de potasse en bleu; et le prussiate jaune en blanc, le précipité décoloré rapidement au contact de l'air. Les succinates et benzoates solubles ainsi que l'hydrogène sulfuré ne les troublent pas. Elles précipitent, à l'état métallique, l'or de sa dissolution dans l'eau régale, en passant à l'état de sels de peroxyde. Lorsqu'on traite par l'acide nitrique une dissolution d'un sel de protoxyde de fer, la liqueur reste noire tant qu'il y reste du protoxyde, parce qu'elle retient en dissolution le bi-oxyde d'azote qui se forme; mais elle devient limpide dès que le fer est entièrement peroxydé.

Les sels de peroxyde ont généralement une réaction acide; les sels solubles sont bruns ou jaunes. Les alcalis, l'ammoniaque et leurs carbonates, et un grand nombre d'oxydes métalliques, en précipitent tout le fer à l'état d'hydrate de peroxyde hydraté d'un brun-jaunâtre. Il en est de même du carbonate de chaux, même à froid. Les phosphates et arsénates les précipitent en blanc-jaunâtre; les sulfures alcalins en noir; le prussiate jaune de potasse en bleu-intense; les succinates et benzoates, en brun, lorsqu'ils sont neutres; ils ne sont pas précipités par les oxalates et le prussiate rouge. L'hydrogène sulfuré les décolore et les ramène à l'état de sels de protoxyde, et il y a dépôt de soufre. L'acide sulfureux les réduit également au bout d'un certain temps à froid et presque instantanément à 400°. Lorsqu'on y ajoute une substance organique soluble dans l'eau et susceptible de se décomposer entièrement par l'action d'une chaleur élevée, on ne peut plus en précipiter le fer que par les sulfures alcalins et le prussiate jaune.

Les ferrates se décomposent spontanément au contact de l'eau en donnant lieu à un dégagement d'oxygène et à un dépôt de peroxyde de fer.

Les principaux sels de fer sont les suivants :

Le proto-sulfure, d'un jaune de bronze très sombre, très fragile, magnétique, indécomposable par la chaleur seule et fusible au rouge. Il s'effleurit à l'air humide et se change en sulfate de protoxyde. Il est facilement décomposé par le grillage. Les acides sulfurique et hydro-chlorique étendus le dissolvent avec dégagement d'hydrogène sulfuré pur, sans dépôt de soufre. Il se combine aisément par voie sèche avec les sulfures alcalins et les autres sulfures indécomposables par la chaleur. On le prépare aisément en projetant du fer dans du soufre fondu, ou en jetant du soufre sur du fer

chauffé au rouge, puis chauffant jusqu'au blanc pour chasser l'excès de soufre. Il correspond au protoxyde et se compose de :

Fer.	0,6277	} FeS.
Soufre.	0,3723	

Il se produit très fréquemment dans les opérations métallurgiques, il constitue ce que l'on appelle *matte ferrugineuses*, et il se trouve en proportion plus ou moins considérable dans toutes les autres *matte*.

Le persulfure de fer est un bi-sulfure qui contient :

Fer.	0,4574	} Fe S ² .
Soufre.	0,5426	

Il est très abondant dans la nature; il s'y rencontre également combiné avec du protosulfure, à l'état de *pyrite magnétique*. (Voyez aux *Minerais* : *pyrites*).

Le sulfate de protoxyde de fer ou *citriol vert*, est un sel soluble et cristallisable, très employé surtout pour le chaulage des blés, la désinfection des fosses d'aisances, la purification du gaz d'éclairage, etc. Nous reviendrons sur sa préparation et ses propriétés à l'article ALUN. En le torréfiant légèrement, on le convertit en sulfate sesqui-basique de peroxyde de fer, dont on extrait par distillation de l'acide SULFURIQUE fumant dit de *nordhausen*.

Le protochlorure anhydre est à peine coloré en masse, fusible et volatil au rouge; il s'obtient en faisant passer de l'acide hydro-chlorique gazeux et sec sur du fer métallique chauffé au rouge, on en chauffant en vases clos un mélange d'oxyde de fer et de sel ammoniac. Il est déliquescent; sa dissolution que l'on peut préparer directement, donne par la concentration et le refroidissement des cristaux hydratés d'un vert-pâle, qui se décompose par l'action de la chaleur. Le sel anhydre est composé de :

Fer.	0,434	} Fe Cl ³ .
Chlore.	0,566	

Le perchlorure de fer est d'un brun-rouge métalloïde très déliquescent et plus volatil encore que le protochlorure. Il correspond au peroxyde de fer et se compose de :

Fer.	0,340	} Fe ² Cl ⁶ .
Chlore.	0,660	

Son hydrate est décomposé par l'action de la chaleur. On ne connaît aucun moyen pour préparer le carbonate de fer anhydre, mais il se rencontre en abondance dans la nature. Quand on verse un carbonate alcalin dans une dissolution de protoxyde de fer, il se fait un précipité blanc qui verdit promptement, et jaunit ensuite à l'air en absorbant de l'oxygène. Ce précipité blanc est soluble dans le sel ammoniac. Quand le précipité est devenu tout à fait brun-jaune, on lui donne le nom de *safra de mars apéritif*. C'est alors, d'après M. Soubeiran, un mélange d'hydrate et de carbonate de peroxyde de fer, dans lequel la proportion du carbonate devient de plus en plus faible.

L'oxalate de protoxyde de fer est pulvérulent, d'un très beau jaune-serin, inaltérable à l'air, insoluble dans l'eau, mais légèrement soluble dans l'acide oxalique, avec lequel il forme un sel acide cristallisable en grains verts.

L'oxalate de peroxyde est très soluble dans l'eau et l'alcool; les dissolutions étendues sont jaunes et concentrées, d'un vert-bouteille foncé; il forme avec l'oxalate d'ammoniaque un sel double soluble que l'on peut obtenir en beaux cristaux vert-pomme.

L'acétate de peroxyde est rouge, incristallisable, employé dans la teinture. On le remplace presque toujours par le *pyro-lignite de fer* ou *boillon noir*, dont nous avons décrit la préparation à l'article acide ACÉTIQUE.

Voir, pour les *prussiates jaune et rouge*, et le BLEU DE PRUSSE, à ce dernier mot.

Minerais de fer.

Parmi les nombreux minéraux dont le fer est l'élément essentiel, les principaux sont :

Le fer métallique qui constitue les aérolithes, et se compose essentiellement de fer métallique, souvent en partie oxydé, renfermant un peu de nickel et quelquefois du cobalt et du chrome.

Le peroxyde de fer anhydre très abondant dans la nature et se présentant sous l'un des quatre états suivants :

1° Le fer oligiste, en cristaux, quelquefois considérables, dérivant d'un rhomboédre très voisin du cube, d'un noir métallique très brillant et souvent irisés. La forme de ces cristaux est souvent celle de grandes tables hexagonales; leur poussière est rouge; leur densité est de 5,00 à 5,20. Son gisement le plus remarquable est à l'île d'Elbe (voyez MINES);

2° Le fer micacé ne diffère du précédent qu'en ce que les cristaux sont très petits et sous la forme de paillettes hexagonales;

3° L'hématite rouge se présente en masses mamelonnées fibreuses, très dures, d'un rouge sombre, souvent métalloïde à la surface; cette variété est fréquemment mélangée d'oxyde de manganèse, et devient alors d'un rouge-brun presque noir;

4° Le fer oxydé rouge compacte, granulaire, ou terreux, qui forme des masses compactes, sans éclat, à cassure grenue ou terreuse, ou en grains accolés, sphériques ou aplatis, à cassure souvent fibreuse; leur poussière est rouge.

Pur, le peroxyde de fer anhydre renferme 69,34 p. 400 de fer métallique.

Le peroxyde de fer hydraté est encore plus répandu que le peroxyde anhydre; il est brun; sa poussière est d'un brun tirant sur le jaune; sa densité est de 3,9; il perd son eau par calcination et devient rouge. Pur, il contient 59,15 p. 400 de fer métallique. Les principales variétés sont :

L'hématite brune, en masses mamelonnées, à cassure fibreuse brune, et souvent noire, par un mélange de peroxyde de manganèse hydraté terreux.

Le fer oxydé hydraté en roche, compacte ou terreux, en fragments irréguliers, d'un brun tirant plus ou moins sur le jaune. Ordinairement de très bonne qualité. Comme variété, nous citerons le *minéral des prairies*, qui renferme constamment une certaine quantité de phosphate de fer, lequel lui donne souvent une teinte bleuâtre passant à l'olivâtre au contact prolongé de l'air; c'est un mauvais minéral qui donne du fer tendre, et n'est guère employé que pour la fabrication des fontes de moulage de première fusion.

Le fer oxydé hydraté granulaire, qui constitue la plus grande partie des minerais de France, et se divise :

1° en *minéral oolithique*, appartenant à la formation oolithique, où il se trouve en couches, composées de petits grains réunis par un ciment calcaire ou ferrugineux; ce minéral n'est jamais riche et donne presque toujours de mauvaise fonte, parce qu'il contient ordinairement de l'acide phosphorique; 2° en *minéral en grains* plus ou moins gros, quelquefois agglutinés par une pâte ferrugineuse à peu près de même composition, mais le plus souvent enveloppés d'argile, dont il est facile de les séparer par le débouillage; ce minéral est ordinairement de très bonne qualité, et se trouve remplissant des poches ou des crevasses dans les terrains tertiaires ou les terrains d'alluvion.

Les argiles colorées par du peroxyde de fer anhydre ou hydraté, en proportion trop faible pour constituer un véritable minéral de fer, portent le nom d'*ocre rouge* ou d'*ocre jaune* (voir ARGILE).

L'oxyde de fer magnétique ou fer oxydulé forme souvent des couches extrêmement épaisses, ou des amas considérables, dans les terrains anciens. Pur, il est d'un noir grisâtre, un peu métalloïde; sa poussière est d'un gris foncé sans mélange de rouge; il est magnétique et très souvent magnéti-polaire; il constitue alors l'aimant naturel. Il se trouve cristallisé ou en masses grenues et lamellaires; il cristallise en octaèdre régulier. Sa densité est de 5,10. Pur, il renferme 74,8 p. 100 de fer métallique. Il contient fréquemment une proportion variable de titane oxydé.

On distingue deux variétés de carbonates de fer : le fer carbonaté spathique et le fer carbonaté des houillères.

Le fer carbonaté spathique ne se rencontre que dans les terrains primitifs et de transition; quand il est pur, il est d'un blanc un peu blond et nacré; mais il prend souvent une teinte jaunâtre ou brune plus ou moins foncée, par suite d'un commencement de décomposition. Il cristallise en rhomboédres de 107°, et se présente ordinairement en masses lamellaires; sa densité varie de 3 à 3,8. Il renferme toujours une certaine proportion de carbonate de manganèse ou de magnésie, et quelquefois aussi du carbonate de chaux. Pur, il renfermerait 47,47 p. 100 de fer métallique. Il est facilement soluble dans les acides; il raie la chaux carbonatée, et est rayé par l'arragonite (modification isomérique de la chaux carbonatée, qui jouit de propriétés physiques différentes).

Le carbonate de fer se décompose complètement à la chaleur blanche; il se dégage un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, et le résidu contient à la fois du peroxyde de fer et de l'oxyde magnétique. Il se décompose lentement à l'air, et même dans l'intérieur des filons; il brunit d'abord, et il finit par se transformer en un mélange de peroxyde et d'hydrate de peroxyde sans changer de forme. Il paraît que, lors de cette décomposition, le carbonate de magnésie passe à l'état de bi-carbonate soluble, qui est entraîné par les eaux. Les fers spathiques arrivés au dernier point de leur décomposition spontanée portent le nom de *mines douces*, et sont alors très recherchés, parce que ce sont des minerais très riches et d'excellente qualité.

Le fer carbonaté des houillères ou fer carbonaté lithoïde se trouve principalement dans le terrain houiller. Tantôt il y forme des couches minces et bien réglées; il est alors presque toujours pauvre; tantôt il se trouve disséminé en rognons arrondis de toutes grosseurs dans la houille et les argiles qui l'accompagnent. Ces rognons sont fort riches; leur centre est souvent occupé par de la houille, de la chaux carbonatée laminaire ou des pyrites. Ce minéral est d'un gris plus ou moins foncé pouvant aller jusqu'au noir; sa cassure est compacte, quelquefois grenue ou oolithique. Il contient ordinairement du carbonate de chaux, de magnésie et de manganèse, mais en proportion beaucoup moindre que le fer spathique. Il est intimement pénétré d'argile bitumineuse et même de houille. Il contient presque toujours une certaine quantité de phosphate de chaux ou de fer, et il est mêlé mécaniquement de pyrites de fer, quelquefois de galène et de blende. C'est presque le seul minéral exploité en Angleterre, et c'est à son abondance sur les lieux mêmes où s'exploite la houille, que ce pays doit le développement immense qu'y a pris la fabrication du fer.

La *chamoisite* est un hydro-silicate de fer compacte, d'un gris foncé verdâtre, à cassure inégale, quelquefois grenue et presque terreuse, assez dure et très fortement magnétique. Elle fait gelée avec les acides. Sa densité est de 3 à 3,4; elle contient 46,7 p. 100 de fer métallique. On la trouve, dans le Valais, en couches peu étendues, mais épaisses, dans un calcaire coquiller grisâtre; on l'exploite pour les usines du pays et elle produit d'excellent fer.

Pyrites. Les combinaisons du fer avec le soufre portent le nom de pyrites. On en distingue trois espèces : la pyrite jaune, la pyrite blanche et la pyrite magnétique.

La *pyrite jaune* est très abondamment répandue dans la nature; elle est d'un jaune de lait métallique. Ordinairement cristallisée en cubes ou en masses globulaires rayonnées. Sa densité est de 4,83. Elle fait feu au briquet. Calcinée, elle donne du soufre. Elle est inattaquable par l'acide hydro-chlorique. C'est un bisulfure de fer FeS_2 .

La *pyrite blanche* a exactement la même composition que la pyrite jaune, mais elle en diffère totalement par ses formes cristallines qui dérivent d'un prisme rhomboïdal droit dont l'angle est de 106°. Sa densité est de 4,75. Elle est d'un jaune beaucoup plus pâle que la précédente; elle se trouve dans les mêmes gisements, mais elle y est moins abondante; elle est plus rarement cristallisée, et forme plutôt des boules et des rognons dans les argiles et marnes des terrains à lignites. Elle s'effleurit aisément à l'air et se convertit en sulfate, propriété qui est utilisée en grand pour la fabrication du sulfate de fer et de l'alun; il suffit de laisser les lignites terreux et les schistes pyriteux s'effleurir à l'air, de les lessiver, et de faire cristalliser, en ajoutant toutefois des sels de potasse lorsqu'il s'agit d'obtenir de l'alun.

La *pyrite magnétique* est d'un jaune de bronze foncé, à cassure inégale et attirable à l'aimant; sa densité est de 4,5 à 4,6; elle cristallise en prismes hexagones réguliers. Elle se trouve dans les terrains primitifs et de transition, et est beaucoup plus rare que les précédentes. C'est un mélange de bisulfure et de protosulfure de fer représenté par la formule $FeS_2 + 6FeS$.

L'altération des pyrites, dans les mines, donne lieu à du sulfate neutre de protoxyde et à plusieurs sous-sulfates de peroxyde qui n'ont d'intérêt que pour les minéralogistes.

Le *fer phosphaté* est toujours à l'état d'hydrate d'un gris clair ou incolore, mais il bleuit promptement au contact de l'air. Il ne se rencontre jamais en grandes masses; mais il se trouve souvent mélangé en petite quantité dans un grand nombre de minerais, qui donnent alors du fer cassant à froid.

Le *mispickel* est un arsénio-sulfure d'un gris-blanc métallique à cassure grenue que l'on trouve dans les terrains anciens. Sa densité est de 5,6. Au chalumeau, sur le charbon, il dégage une fumée épaisse d'arsenic et se fond en une boule qui offre l'apparence de la pyrite magnétique.

Les *arséniates de fer* sont assez rares, ordinairement cristallisés, d'un vert plus ou moins foncé, et donnent au chalumeau les mêmes réactions que le mispickel.

Préparation mécanique des minerais de fer. Les seuls minerais qui soient employés pour la fabrication du fer, sont les divers oxydes et les carbonates. Les minerais de fer oxydé magnétique, de fer oxydé rouge et de fer oxydé hydraté en roche sont ordinairement fondus tels qu'ils arrivent de la mine, après avoir été concassés en morceaux sous les pilons d'un bocard ou à l'aide d'un marteau à main. Les minerais en grains sont exposés à l'air pendant quelque temps pour permettre à l'argile qui les enveloppe de se déliter, ainsi que les pyrites qu'ils peuvent renfermer et qui se transforment en sulfates solubles, puis lavés, soit dans des espèces de paniers à claire-voie suspendus à une perche élastique, que l'on remplit de minéral et que l'on fait osciller dans l'eau qui entraîne les parties argileuses, soit dans des *patouillets*, machines très simples que la simple inspection du dessin que nous donnerons à l'article MÉTALLURGIE fera mieux comprendre que la description que nous pourrions en donner ici; enfin on soumet les fers carbonatés spathique et lithoïde et quelquefois les minerais de fer oxydé hydraté à un grillage ou plutôt à une

calcination, qui a pour but d'étonner les gangues et de chasser les matières volatiles qu'ils renferment tels que l'eau, l'acide carbonique, les matières bitumineuses, etc. Cette opération s'exécute soit en tas à l'air libre, soit le plus souvent dans des fours intermittents ou continus qui ont la plus grande analogie avec les fours employés pour la cuisson de la chaux. Il faut que la température soit peu élevée et ne dépasse pas le rouge; sans cela l'oxyde de fer réagirait sur les gangues et formerait avec elles des scories fusibles. Il convient, après le grillage, de laisser les minerais exposés en tas à l'air libre, pendant plusieurs mois et même plus s'il est possible; les pyrites sont ramenées, par la calcination, à l'état de protosulfure qui s'effleurit et qui est entraîné par les eaux pluviales, de sorte que la qualité du minerai s'améliore en proportion du temps qu'il est resté exposé à l'air.

En France, sur 1000^k de minerai traités dans l'ensemble des usines à fer de ce pays, il y en a 470^k de minerai brut, 740^k de minerai lavé et 90^k de minerai grillé; en Angleterre, au contraire, où la presque totalité du minerai est du *fer carbonaté lithoïde*, la proportion du minerai grillé est de 960^k sur 1000^k.

Teneur des minerais de fer. En Angleterre, la teneur moyenne des minerais grillés est de 40 p. 100 de fer métallique; en France, celle des minerais lavés est de 36 p. 100.

Prix de revient des minerais de fer. En Angleterre, ce prix varie avec celui de la fonte, de 4^l, 50 à 2^l, 50 les 100^k. En France, il est moyennement de 4^l, 32 rendu aux usines; dans ce prix, l'exploitation proprement dite entre pour 0^l, 37, le lavage pour 0^l, 33, le grillage pour 0^l, 02 et les transports pour 0^l, 59.

Essais des matières ferrugineuses. On fait les essais de fer à la plus haute température que l'on puisse produire dans les fourneaux d'essai, en chauffant les matières à essayer avec un flux convenable, dans un creuset en terre nu, ou mieux dans un *creuset brasqué* (voyez CREUSETS). Lorsqu'on opère dans des creusets nus, il faut nécessairement ajouter au mélange une certaine quantité de charbon pour réduire l'oxyde de fer, et il faut en ajouter un excès parce que l'air qui pénètre dans les creusets en brûle une partie; mais, si l'on en met trop, il peut arriver que l'excédant non brûlé porte obstacle à la réunion de la fonte en un seul culot. Dans les creusets brasqués, la présence même de la brasque dispense d'ajouter du charbon au mélange; elle permet de recueillir et de peser avec exactitude le culot entier, parce que d'un côté il ne contracte aucune adhérence avec le charbon, et que de l'autre aucune substance étrangère ne s'introduit dans la scorie, qui ne se compose par conséquent que des gangues ou matières mélangées avec de l'oxyde de fer et des parties fixes du flux ou fondant ajouté. D'ailleurs les creusets brasqués résistent mieux que les creusets nus, parce que la brasque soutient les parois au moment où elles se ramollissent. On doit donc préférer, pour les essais de fer, l'emploi des creusets brasqués.

Après que la matière ferrugineuse a été pilée et tamisée, on en prend un certain poids que l'on mélange exactement, sur une feuille de papier verni, avec un poids déterminé du flux convenable. On introduit avec précaution le tout dans le creuset; on y tasse légèrement la matière, et on fait tomber au fond, à l'aide d'une barbe de plume, les particules qui ont pu s'attacher aux parois; on remplit enfin le creuset de brasque tassée; on le lute sur un fromage, on y adapte un couvercle, et on le place dans le fourneau d'essai. Ce dernier est, soit une forge à tuyères, comme la *forge de selfström* (voyez DOCIMASIE), soit un fourneau à vent de même forme que ceux employés pour la fabrication de l'acier fondu, mais de dimensions beaucoup moindres.

L'essai terminé, on retire les creusets du feu, on les laisse refroidir, et on les casse pour en retirer le culot qui n'a aucune adhérence pour la brasque. On la pèse entier; puis, en frappant légèrement dessus, on en détache aisément le culot de fonte; mais comme la scorie, même lorsqu'elle est parfaitement fondue, présente presque toujours à sa surface une quantité variable de grenailles de fonte, on la casse grossièrement, on trie les morceaux qui ne renferment pas de grenailles, on réduit le reste en poudre, et en promenant un barreau aimanté dans cette poudre, on en extrait tous les grains de fonte, que l'on réunit au culot métallique; on pèse ce dernier, et en en retranchant le poids du culot total, on a, par différence, le poids exact de la scorie.

Dans le procès-verbal d'essai qu'il convient toujours de rédiger, il faut noter avec soin l'aspect du culot total, et décrire séparément les caractères de la scorie et de la fonte, parce que cela donne des indices sur la nature des substances contenues dans la matière ferrugineuse soumise à l'essai. On doit examiner si la scorie est compacte ou bulleuse; vitreuse, émaillée ou pierreuse; transparente, translucide ou opaque; si elle présente des indices de cristallisation; quelle est sa couleur par réflexion ou par réfraction dans les éclats minces, ou si elle présente des nuances qui indiquent qu'elle n'est pas homogène; un enduit métallique d'un rouge de cuivre, recouvrant la scorie, indique la présence du titane dans le minerai. Quant à la fonte, il faut la casser pour reconnaître sa ténacité et pour examiner son grain: cela est souvent très difficile; mais on y parvient néanmoins toujours, en enveloppant le culot dans une feuille de tôle mince ou de fer-blanc, le plaçant sur une enclume et frappant dessus à grands coups de marteau. Les fontes de bonne qualité s'aplatissent toujours un peu avant de se rompre; elles sont d'un gris plus ou moins clair et à grains fins ou moyens. Les mauvaises fontes se cassent facilement et sans changer de forme; il y en a même que l'on peut pulvériser; elles sont cristallines à la surface, blanches, lamelleuses, et souvent remplies de cavités remplies de cristaux; les fontes manganésées, qui présentent également une partie de ces caractères, donnent ordinairement une scorie tirant sur le jaune ou l'améthyste.

Avant de faire l'essai comme il vient d'être dit, il convient, pour arriver à une connaissance aussi exacte que possible de la matière à essayer, de la soumettre à quelques opérations très simples que nous allons décrire. On calcine et on grille un poids connu de minerai pour chasser l'eau, l'acide carbonique, les matières bitumineuses, et ramener le fer à l'état de peroxyde lorsqu'il n'est pas à l'état de silicate. On traite, par l'acide acétique ou l'acide nitrique faible et à froid, les minerais à gangue calcaire, pour dissoudre les carbonates de chaux et de magnésie par différence, en pesant le résidu de l'attaque après dessiccation. On traite ensuite par l'acide hydro-chlorique bouillant, ou mieux encore par l'eau régale, qui laisse les matières insolubles dans les acides, ordinairement du quartz ou de l'argile que l'on pèse; on remarquera que l'acide hydro-chlorique attaque presque toujours plus ou moins les argiles. Lorsque les matières à essayer renferment du fer titané, on les traite par l'acide sulfurique concentré, qui ne laisse que les gangues pierreuses.

Ces essais préliminaires permettent de déterminer la nature et la proportion du fondant qu'il convient d'ajouter dans l'essai par voie sèche. Ordinairement on a le choix entre divers fondants; mais si l'on veut vérifier l'exactitude de l'essai et se rapprocher autant que possible des procédés industriels, il est indispensable d'employer un flux fixe, ou qui contienne une proportion rigoureusement déterminable de substances volatiles,

que l'on détermine avec soin en le calcinant fortement à part.

Solent maintenant : A, le poids de la matière ferrugineuse non calcinée ou crue; B, le poids de la même matière calcinée; C, le poids total des fondants crus ajoutés; D, le poids des mêmes fondants calcinés; et le poids des matières insolubles dans l'acide hydro-chlorique ou sulfurique; R, le poids des matières fixes, solubles dans l'acide acétique, poids que l'on calcule aisément lorsqu'on connaît la perte qu'éprouve par calcination la matière ferrugineuse crue, et le poids du résidu du traitement de cette matière par l'acide acétique; M, le poids du culot de fonte et des grenailles; S, le poids de la scorie; et O, la perte de poids dans l'essai, qui représente la quantité d'oxygène dégagée par la réduction. On disposera ces quantités de la manière suivante, indiquée par M. Berthier dans son excellent Traité des essais par la voie sèche :

On a soumis à l'essai,			
A minerai cru = minerai calciné.	B		
On a ajouté C fondants crus = matières fixes.	D		
	Total des matières fixes.	B + D	
On a obtenu.	Fonte — M	} Total. M + S	Perte. O
	Scorie — S		
Fondants ajoutés.	D		
Matières vitrifiables.	S — D		
Matières insolubles dans l'acide hydro-chlorique.	T		
Matières solubles dans l'acide hydro-chlorique.	S — D — T		
Matières solubles dans l'acide acétique.	R		
Matières insolubles dans l'acide acétique et solubles dans l'acide hydro-chlorique.	S — D — T — R		

Lorsque le fer contenu dans la matière à essayer est à un degré connu d'oxydation, et que cette matière ne renferme qu'une faible quantité d'oxyde de manganèse, la quantité d'oxygène O doit correspondre à très peu près à la quantité de fonte M, et si cela a lieu, on est assuré que l'essai doit être exact. Lorsque cette perte O a été déterminée avec soin, elle fait connaître très approximativement la teneur en fer, quand bien même, par suite d'une chaleur trop faible ou trop peu prolongée, ou de l'emploi de flux non appropriés, l'essai n'aurait pas fondu ou n'aurait qu'imparfaitement fondu. Les essais se font ordinairement sur 40 à 20 grammes de minerai.

Pour mieux faire comprendre ce qui précède, nous prendrons un exemple particulier, pris dans les minerais les plus abondants, les hydrates à gangue argileuse :

Fer oxydé hydraté compacte d'Ernès (Mayenne). Il perd par calcination 0,406 d'eau, et laisse après l'attaque par l'acide hydro-chlorique 0,066 de quartz et d'argile :

40 ^{rs} de minerai cru = minerai calciné.	8 ^{rs} ,90	
0 ^{rs} ,44 de carbonate de chaux = chaux.	0 ^{rs} ,24	
	9 ^{rs} ,14	
Ont donné.	Fonte 5 ^{rs} ,84	} Total. 6 ^{rs} ,76
	Scorie 0 ^{rs} ,95	
Fondant ajouté.	0 ^{rs} ,24	Oxygène 2 ^{rs} ,42
Matières vitrifiables.	0 ^{rs} ,71	
Matières insolubles.	0 ^{rs} ,66	
Matières solubles.	0 ^{rs} ,05 (c'était de l'alumine).	

La fonte était gris clair et assez tenace. La scorie était vitreuse, transparente et couleur de quartz en-

fumé. La perte en oxygène de 2,42 correspond, à raison de 42 d'oxygène pour 400 de fonte, à 57,6 de fonte; l'essai en a donné 58,4.

Quelle que soit la nature d'une matière ferrugineuse, on peut toujours en déterminer la fusion à l'aide du borax, dont on ajoute de 40 à 30 p. 400, suivant que la matière est plus ou moins riche. Ce mode d'essai est par conséquent commode, et souvent employé lorsqu'on veut seulement déterminer la richesse du minerai; mais le borax étant volatil, on est privé de tout moyen de vérification, et ce flux a en outre l'inconvénient de communiquer à la fonte des caractères différents de ceux qu'elle aurait eus en faisant l'essai avec des flux terreux, tels que ceux employés dans les mines. Ces derniers flux peuvent se réduire à trois, le carbonate de chaux, les argiles et le quartz. Leur choix est basé sur la connaissance de la nature et de la proportion approximative des gangues, et on s'arrange toujours de manière à produire une scorie fusible. Sous ce rapport, on peut diviser les matières ferrugineuses à essayer en 5 classes : 1^o les matières presque pures, telles que les oxydes compactes et en masse, les battitures, etc., que l'on peut, à la rigueur, essayer sans addition, mais auxquelles il convient cependant d'ajouter un verre terreux fusible par lui-même, tel que celui que l'on obtient avec 3 parties d'argile et 2 parties de carbonate de chaux, afin de faciliter la réunion des grenailles de fonte en un seul culot; 2^o les matières à gangue presque exclusivement quarzeuse, certains minerais oxydés, par exemple, auxquelles il faut ajouter environ le poids de cette gangue d'argile alumineuse et 4 fois à 4 fois 1/2 la même quantité de carbonate de chaux; 3^o les matières à gangue argileuse ou siliceuse renfermant diverses bases, mais peu ou point de chaux; c'est le cas de la plupart des minerais en grains, des minerais carbonatés, des minerais qui ont pour gangue des roches primitives, des scories d'affinage, etc.; elles fondent très bien avec addition de 2 parties de carbonate de chaux par 3 parties de gangue; 4^o les matières calcaires ou alumineuses, renfermant peu ou pas de silice, tels que les minerais oolithiques, les fers spathiques, quelques minerais hydratés alumineux, etc.; lorsque ces matières sont calcaires, on emploie comme fondant de l'argile siliceuse; et lorsqu'elles sont alumineuses, on se sert d'un mélange de quartz ou d'argile et de carbonate de chaux, ou d'argile marneuse, ce qui revient au même; et 5^o les matières qui renferment de la silice et diverses bases susceptibles de former un verre terreux fusible, telles que quelques minerais hydratés, la chamoisite, les laitiers des hauts-fourneaux, les scories des forges catalanes et des cubilots, etc... On les essaie sans addition.

Lorsque l'on a un grand nombre d'essais de fer à faire, il peut être plus court, et il est certainement plus exact d'opérer par le procédé suivant, dû à M. Ebelmen : On attaque le minerai par l'acide hydro-chlorique auquel on ajoute un peu d'acide nitrique, si tout le fer n'est pas à l'état de peroxyde, on évapore à sec, on reprend par de l'acide hydro-chlorique étendu d'eau et on filtre; les gangues terreuses, quartz et argile restent sur le filtre; on étend d'eau la liqueur filtrée après l'avoir introduite dans un flacon assez grand, on la maintient à 40 ou 50°, et on y fait arriver de l'acide sulfureux, au moyen d'une dissolution concentrée à froid de cet acide préparée d'avance et contenue dans une fiole sous laquelle on place quelques charbons; le col de cette fiole est fermé par un bouchon que traverse un tube recourbé qui conduit le gaz acide sulfureux dans la dissolution hydro-chlorique; aussitôt que cette dernière, auparavant d'un beau jaune, est entièrement décolorée, par suite de la réduction du perchlorure de fer à l'état de protochlorure, on arrête le dégagement

gazeux, et l'on fait bouillir la dissolution pour chasser l'excès d'acide sulfureux jusqu'à ce que toute odeur de ce gaz ait complètement disparu. Il reste dans la liqueur de l'acide sulfurique dû à l'oxydation de l'acide sulfureux qui a effectué la réduction du perchlorure de fer en protochlorure; on dose cet acide en ajoutant du chlorure de baryum, qui le précipite à l'état de sulfate que l'on recueille sur un filtre, que l'on calcine et que l'on pèse; ce poids, multiplié par 0,465 ou par 0,670, donne celui du fer métallique ou du peroxyde de fer contenu dans la matière essayée; le manganèse et l'alumine ne donnent qu'une seule série de sels, leur présence n'affecte nullement l'exactitude des résultats obtenus.

Disons maintenant quelques mots sur l'analyse des fers, fontes et aciers. on les laisse digérer avec du brome ou de l'eau et de l'iode en excès, tout le fer se dissout, et il reste le carbone et le silicium à l'état de silice; on lave le résidu, on le dessèche, on le pèse, on le grille pour brûler le carbone on le pèse de nouveau, et on a ainsi la silice et, par suite, le silicium, et, par différence, le carbone total. On traite une autre partie du métal par l'acide hydro-chlorique, le carbone combiné se dégage à l'état d'hydrogène carboné, et le résidu que l'on traite comme le précédent contient de la silice et le carbone à l'état de graphite, non combiné, dont la présence constitue les fontes grises et noires. On a, par différence, la quantité de carbone qui entre dans la fonte à l'état de combinaison.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE.

Dans les premiers temps, on extrayait directement le fer de ses minerais en une seule opération. Cette méthode, encore usitée dans les Pyrénées et la Corse, ne peut être appliquée qu'à certaines variétés de minerais riches et d'une nature particulière.

Nous la décrivons à l'article FORGES CATALANES. Plus tard, on fondit les minerais riches à gangue fusible par elle-même, ordinairement des fers spathiques, après les avoir grillés, dans des fourneaux de 3 à 4^m de hauteur, à poitrine fermée, pour former une loupe de dimensions voulues par un petit mur en briques que l'on démolissait à chaque opération, pour enlever la loupe de fer en partie affiné produite; on terminait l'affinage en refondant le fer de loupe avec des battitures et des scories riches de l'affinage même dans un bas foyer, puis portant la nouvelle loupe sous le marteau. Cette dernière méthode, qui n'est plus usitée que dans quelques usines de la Thuringe, y est même actuellement presque abandonnée et remplacée par l'emploi de petits hauts-fourneaux de 7 à 8^m de hauteur, à poitrine fermée, qui donnent des fontes manganésées, qui sont ensuite affinées pour fer par la méthode allemande, ou pour ACIER, comme nous l'avons décrit à cet article.

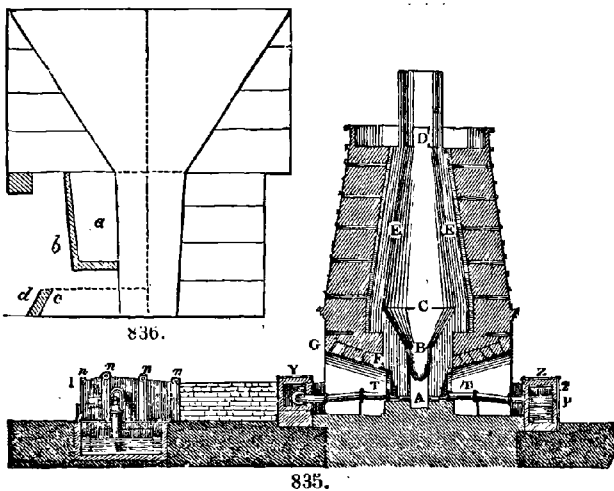
Depuis longtemps on fond les minerais de fer pour séparer les matières terreuses à l'état de laitiers, et en retirer de la fonte que l'on soumet ensuite à l'affinage pour la transformer en fer. Cette méthode, qui a l'avantage de s'appliquer à tous les minerais de fer, présente une grande économie de main-d'œuvre, ainsi que de combustible dans la plupart des cas, permet en outre d'opérer sur de très grandes quantités de minerai, et est la seule susceptible de fournir la quantité immense de fer que réclament actuellement les besoins de la consommation. Nous commencerons donc ici par traiter de la fabrication de la fonte.

FABRICATION DE LA FONTE.

Nous envisagerons successivement dans la fabrication de la fonte :

- 1° Le matériel ;
- 2° Le personnel ;
- 3° Les matières premières ;
- 4° La nature des produits ;
- 5° La conduite des hauts-fourneaux ;
- 6° La théorie de l'opération ;
- 7° Les conditions économiques de la fabrication ;
- Et 8° Les divers perfectionnements introduits dans ces dernières années dans la fabrication de la fonte.

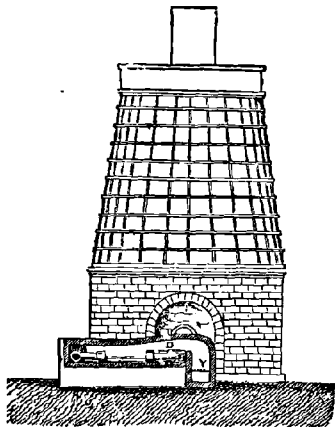
MATÉRIEL. Hauts-fourneaux. Avant d'entrer dans quelques détails sur la construction des hauts-fourneaux, il est indispensable de faire connaître le nom de leurs diverses parties, ce que nous ferons à l'aide des fig. 835 et 836 : D, est le gueulard par lequel on jette le minerai et le combustible dans le fourneau; le vide intérieur de ce dernier est formé par deux troncs de cônes renversés CD, BC, la cuve et les étalages, réunis par leur plus grande base, suivant une conférence C qui porte le nom de ventre. L'ouvrage est la portion du vide intérieur qui s'étend depuis les tuyères T jusqu'à la naissance des étalages B; cependant, on comprend aussi quelquefois sous ce nom toute la partie du fourneau comprise entre la sole A et les étalages B; le creuset est la partie du fourneau placée au-dessous des tuyères; la partie extérieure du creuset c (fig. 836) porte le nom d'avant-creuset. L'avant-creuset est fermé par un petit mur incliné recouvert d'une plate de fonte ou dame d, par-dessus laquelle s'écoulent les laitiers; la face opposée à la dame porte le nom de rustine. Le recouvrement ménagé sur la partie du creuset qui s'avance hors du fourneau s'ap-



pelle la fausse tympe a; il est soutenu et protégé à l'endroit où s'échappe la flamme par deux pièces de fonte, la tympe et le lacret b. On introduit le vent dans l'intérieur du fourneau, au moyen de une ou plusieurs ouvertures T, T, qui portent le nom de tuyères; on donne le nom de costières aux deux faces de l'ouvrage sur lesquelles sont placées les tuyères; dans les fourneaux qui n'ont qu'une seule tuyère, comme c'est le cas d'un grand nombre de fourneaux au charbon de bois, on appelle contrevent la paroi qui lui fait face E E, la chemise du vide intérieur se construit avec les matériaux les plus réfractaires que l'on puisse se procurer; on la sépare du massif du fourneau, construit ordinairement en briques communes, par un espace

vide que l'on remplit, soit avec du sable assez gros, soit avec du menu bois qui, en se carbonisant, laisse bientôt un résidu de charbon un peu élastique, de manière à ce que la chemise puisse se dilater sous l'action de la chaleur, sans entraîner avec elle le massif, qui, ayant une température rapidement décroissante du centre à la circonférence, ne tarderait pas à se fissurer.

L'emploi d'un courant d'air forcé exigeant une certaine quantité de force motrice, on place autant que possible les hauts-fourneaux dans des bas-fonds, afin d'utiliser les cours d'eau; d'un autre côté, on doit toujours placer la sole à 4 ou 2^m au-dessus du niveau des plus grandes crues, afin d'être à l'abri des inondations. On donne le plus ordinairement au massif des hauts-fourneaux la forme d'un tronc de cône ou celle d'une pyramide quadrangulaire : la première est la plus légère et la plus économique. Le massif est construit, comme nous l'avons dit, en pierres de taille ou en briques communes, et relié par de fortes armatures en fer (fig. 837).



837.

On conçoit aisément, en réfléchissant au poids énorme qu'elles ont à supporter, que les fondations des hauts-fourneaux doivent être établies de la manière la plus solide, et à l'abri de toute humidité. Elles sont généralement voûtées, ce qui favorise leur assèchement et produit une économie de matériaux; ces canaux servent aussi souvent à loger en partie les conduites d'air, qui doivent être accessibles sur tous les points, pour qu'on puisse vérifier au besoin s'il existe des fuites, et dans ce cas les réparer.

Le devant du fourneau est évidé et forme en se réunissant aux murs latéraux de l'avant-creuset une *embrasure* ou niche terminée par deux angles obtus; la voûte de l'*embrasure de travail* est ordinairement plate et soutenue par une ou plusieurs grosses barres de fonte qu'on nomme *marâtres*. Les tuyères et quelquefois la rustine présentent des embrasures analogues.

Il arrive quelquefois que pour obtenir plus de légèreté dans la construction, on supprime toute la partie du massif située au-dessous des étalages et on supporte la partie supérieure sur un rang de colonnes en fonte, comme cela a lieu à Hayanges, ce qui rend en outre les abords du fourneau et par suite le service plus facile.

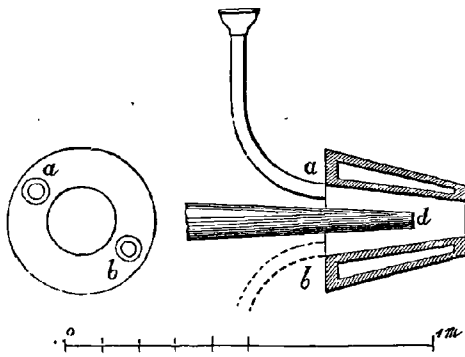
Le creuset et l'ouvrage ont ordinairement une section rectangulaire, cependant on leur donne quelquefois une forme circulaire; on les construit en pierre de taille ou en briques réfractaires. La cuve a une section circulaire et se construit avec des matériaux réfractaires, ordinairement d'une qualité inférieure à ceux qui

forment l'ouvrage. Les étalages sont construits de manière à se raccorder exactement avec la cuve et avec l'ouvrage, tantôt avec des briques réfractaires, tantôt avec un mélange damé de sable et d'argile réfractaire.

Les MACHINES SOUFFLANTES employées dans les usines à fer étant décrites dans un article spécial, nous n'en parlerons pas ici; l'air venant, soit de ces machines, soit d'un régulateur intermédiaire, arrive par des *buses* circulaires de 3 à 8 centim. de diamètre à l'embouchure, dans les *tuyères* en cuivre ou en fonte placées sur les *côtières* du fourneau, par lesquelles il pénètre dans l'intérieur. Dans les fourneaux soufflés à l'air froid, ces tuyères sont ordinairement simples, mais dans les fourneaux soufflés à l'air chaud, elles seraient très promptement détériorées si on n'y faisait constamment passer un filet d'eau pour les rafraîchir. Les fig. 838 et 839 montrent la disposition et la construction d'une

838.

839.



tuyère de ce genre; l'eau arrive par le tuyau *a* et s'écoule par le tuyau *b*; *d*, est la buse de la machine soufflante.

On marche quelquefois à tuyère fermée, c'est-à-dire en lutant la buse contre les parois de la tuyère, afin d'éviter les pertes d'air qui ont toujours lieu avec les tuyères ouvertes, mais cette disposition est moins commode pour le travail.

Les hauts-fourneaux au charbon de bois ont 4 ou 2 tuyères; ceux au coke en ont toujours au moins 2 et souvent 3 et plus.

Les dimensions des hauts-fourneaux dépendent du volume d'air qu'on y lance à la fois, de la nature du minéral et de celle du combustible, de la quantité et de la qualité de la fonte que l'on veut obtenir. Il est difficile de donner à ce sujet des règles théoriques, et on ne peut que se baser sur les faits qui nous sont indiqués par l'expérience.

La hauteur des hauts-fourneaux au charbon de bois est de 8 à 12^m; celle des hauts-fourneaux au coke est de 12 à 15^m et même au-delà. En parlant de la théorie des hauts-fourneaux, nous indiquerons l'influence de la forme de chacune des parties qui la composent; ici nous ne rappellerons que quelques données pratiques.

La hauteur de l'ouvrage varie de 1/6 à 1/3 de la hauteur totale du fourneau: elle doit être d'autant plus grande que les minerais sont plus réfractaires et que l'on veut obtenir de la fonte plus grise; on la diminue au contraire pour la fabrication des fontes d'affinage et le traitement de minerais facilement fusibles; la largeur de l'ouvrage, c'est-à-dire le côté du carré équivalent à la section au niveau des tuyères, varie depuis 0^m,50 pour les plus petits fourneaux au charbon de bois jus-

qu'à 4^m,20 et même 4^m,50 pour les plus grands fourneaux au coke.

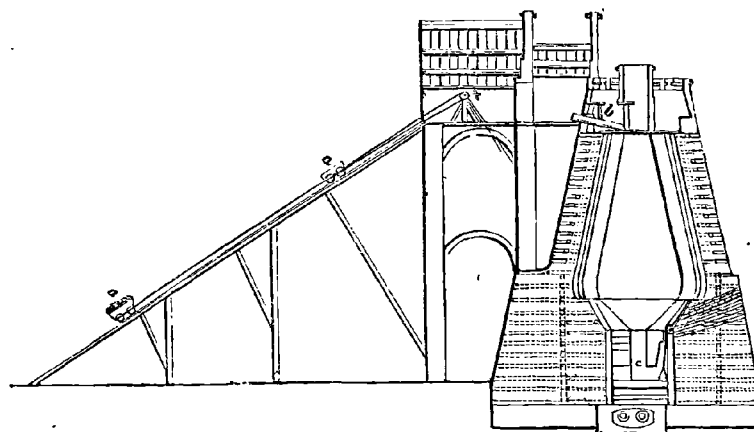
Les ouvrages sont toujours évasés par le haut pour faciliter la descente des charges, et leur largeur à la naissance des étalages doit être habituellement de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{3}$ plus grande qu'au niveau des tuyères.

Le creuset a la même largeur que l'ouvrage; sa hauteur limitée par la position des tuyères est un peu plus faible que sa largeur; sa longueur, y compris l'avant-creuset, est de 3 fois à 3 fois $\frac{1}{2}$ sa largeur.

L'inclinaison des étalages est ordinairement de 45° à 55°, mais elle doit varier par les mêmes raisons que l'ouvrage. Dans quelques pays, en Styrie et en Carinthie, par exemple, où l'on traite des minerais riches et très fusibles, on a supprimé complètement l'ouvrage, en augmentant seulement la hauteur et l'inclinaison des étalages; la descente des charges a lieu très rapidement et la production de ces fourneaux est considérable.

La hauteur du ventre au-dessus de la sole varie de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ de la hauteur totale: elle est plus grande pour les fourneaux au coke que pour ceux au charbon de bois, et augmente à mesure que les minerais à traiter sont plus réfractaires; le diamètre au ventre varie de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{6}$ de la hauteur totale. Le raccordement entre la cuve et les étalages se fait quelquefois par une partie cylindrique. La hauteur totale de la cuve varie des $\frac{2}{3}$ aux $\frac{4}{5}$ de la hauteur totale; le diamètre au gueulard varie de $\frac{1}{3}$ aux $\frac{2}{3}$ du diamètre au ventre; l'emploi de l'air chaud, ou celui du coke comme combustible, permettent d'augmenter les dimensions relatives du gueulard et il existe même en Angleterre quelques fourneaux au coke dont la cuve est entièrement cylindrique. Les gueulards des hauts fourneaux sont souvent recouverts de cheminées qui s'appuient sur le massif, comme l'indique la fig. 835 et dans lesquelles on ménage des portes de chargement D.

Disposition des usines à fer. On dispose ordinairement les usines à fer de manière à ce que les matières premières et les divers produits aient le moindre transport possible à subir. Ainsi dans les pays accidentés on adosse toujours les hauts-fourneaux à une colline de manière à ce que le combustible et le minerai puissent arriver de plein pied jusqu'au gueulard; dans les pays de plaine où cette condition ne peut être remplie, on élève les charges au niveau de la plate-forme du gueulard, soit à l'aide de plans inclinés comme l'indique la fig. 840,



840.

soit à l'aide de BALANCES D'EAU, soit de toute autre manière.

PERSONNEL. Il y a deux catégories d'ouvriers spé-

cialement attachés au service des hauts-fourneaux, ceux au gueulard qui chargent le lit de fusion et le combustible et ceux au creuset qui font écouler les laitiers et la fonte. Il faut en moyenne pour un fourneau produisant 4800 à 2000^k de fonte par jour, 3 ouvriers au gueulard et 2 au creuset par 24 heures, et pour une production de 40,000^k de fonte par jour, 40 ouvriers au gueulard et 4 au creuset par 24 heures.

On paie souvent ces ouvriers à la journée, et quelquefois, ce qui est bien préférable, à tant par quintal métrique de fonte obtenue.

MATIÈRES PREMIÈRES. Minerais et fondants. Les fondants que l'on ajoute pour déterminer la fusion des gangues portent le nom de *castine* quand ils sont calcaires et d'*herbue* quand ils sont argileux. On mélange toujours autant que possible diverses sortes de minerais de manière à obtenir des gangues fusibles avec la moindre addition possible de fondants. Pour la même raison on emploie souvent comme fondants des argiles ou des calcaires ferrugineux qui, seuls, seraient trop pauvres pour pouvoir être fondus.

Combustibles. Les combustibles le plus employés sont le charbon de bois et le coke; cependant, dans quelques localités où le transport du combustible est presque nul, on remplace en partie le charbon de bois par du bois vert, ou desséché, et on emploie, au lieu de coke, la houille crue, lorsqu'elle est sèche et qu'elle ne donnerait qu'un coke fritté; l'emploi du bois vert ou desséché, après avoir été beaucoup prôné, tend plutôt à décroître; mais celui de la houille sèche se répand de jour en jour.

PRODUITS. Les produits des hauts-fourneaux sont la fonte dont nous avons déjà parlé, et les laitiers. Les laitiers sont des verres terreux provenant de la combinaison des gangues des minerais avec les parties fixes des fondants ajoutés. Lorsque le *lit de fusion*, ou mélange des minerais et des fondants de diverses natures est fait dans des proportions convenables, les laitiers ne retiennent qu'une quantité de fer tout à fait insignifiante. Ce sont des silicates terreux. Ces silicates étant d'autant plus fusibles qu'ils renferment un plus grand nombre de bases, on conçoit, par exemple, qu'un minerai siliceux exigera un fondant renfermant à la fois un mélange de chaux et d'alumine comme une marne calcaire, tandis qu'un minerai argileux fondra parfaitement avec du calcaire pur; un minerai siliceux et du calcaire pur formeraient du silicate de chaux, qui ne deviendrait suffisamment fusible qu'en dissolvant une quantité notable d'oxyde de fer pour former un silicate double.

Les laitiers des fourneaux au charbon de bois doivent être plus fusibles que ceux des fourneaux au coke, parce que la température est moins élevée dans les premiers que dans les derniers. Ce sont les silicates dans lesquels il y a $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ fois autant d'oxygène dans la silice que dans la somme des bases. Les lai-

liers au coke sont plus basiques, et il s'y trouve $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ fois autant d'oxygène dans la silice que dans la somme des bases. Voici du reste deux compositions de

laitiers se rapportant, l'une au charbon de bois, l'autre au coke, et bien fusibles :

Laitier au charbon de bois:	Laitier au coke.
Silice. 50	50
Chaux. 25 à 30	40 à 60
Alumine. 45 à 20	20 à 25

Lorsque le minerai est manganésifère, les laitiers peuvent être beaucoup plus chargés en silice que nous venons de l'indiquer, parce que l'oxyde de manganèse est un fondant bien plus énergique que les oxydes terreux.

Les laitiers sont tantôt vitreux, tantôt pierreux ; l'aspect qu'ils prennent dépend surtout de la rapidité plus ou moins grande du refroidissement ; lorsqu'il est lent, ils deviennent en général opaques et prennent un aspect pierreux. Ils présentent alors quelquefois des cristaux bien déterminables. Ils sont fréquemment remplis de boursouffures, et quelquefois, lorsqu'on les a solidifiés brusquement par une projection d'eau froide, ils sont légers et poreux comme de la pierre ponce ; dans ce cas, ils paraissent à peu près blancs, mais si on les refond au chalumeau ou de toute autre manière, on voit qu'ils ne doivent cette apparence qu'à leur extrême division.

Les laitiers ont des couleurs très variées, tantôt unies, tantôt zonées et quelquefois d'un très bel effet ; on vient d'utiliser en France cette propriété, pour fabriquer avec des laitiers refondus des objets d'ornement de très belle apparence.

Quoique l'aspect et la nature des laitiers varient d'un fourneau à l'autre, on ne doit pas moins les observer avec soin dans chaque fourneau, car les changements de couleurs ou de fusibilité des laitiers sont le signe le plus certain auquel on puisse reconnaître les dérangements survenus dans l'allure du fourneau, les chutes de minerai, etc....

CONDUITE DE L'OPÉRATION. Mise en feu. Avant de mettre un haut fourneau en activité, on doit commencer par le sécher. Si tout le fourneau vient d'être construit à neuf, le séchage exige les plus grands soins. Après avoir nettoyé le creuset qui n'est pas encore fermé par la dame, on commence par faire à l'entrée de l'avant-creuset, avec des sagots ou de la tourbe, un feu doux qu'on entretient pendant plusieurs jours ; dans les fourneaux au coke, on active le séchage en allumant du feu dans quatre cheminées destinées à l'assèchement du massif et pratiquées aux quatre coins dans son intérieur. On forme ensuite, à l'aide de plusieurs ringards appuyés par une extrémité contre la rustine et soutenus en dehors du fourneau par un bloc de fonte, une grille sur laquelle on brûle pendant quelques jours du bois sec ou de la houille. Quand on est sûr que la dessiccation est assez avancée, on retire la grille formée par les ringards, on jette sur la sole quelques charbons incandescents, et on remplit immédiatement de charbon frais toute la capacité du fourneau. On ferme alors toutes les issues par lesquelles l'air pourrait provoquer une combustion trop rapide, et on laisse le feu se propager lentement. Lorsque la masse commence à s'affaisser au gueulard, on y jette encore, s'il est nécessaire, quelques mesures de charbon ; autrement on charge immédiatement des laitiers bien fusibles, et souvent une petite quantité du lit de fusion. On ouvre alors l'avant-creuset et on fait pendant quelques jours de nouvelles grilles, afin d'activer la combustion. Chaque grille dure environ une heure ; on laisse écouler entre les premières un assez long intervalle, et on accélère les dernières quand le fourneau est assez chaud. Il arrive souvent que l'on ne fait pas ces grilles, et que l'on se contente d'ouvrir l'avant-creuset, lorsqu'on ne charge que des laitiers très fusibles. Au lieu d'employer une grille intérieure pour le séchage

du fourneau, il est plus commode d'établir une sorte de four à réverbère provisoire, à grille extérieure, et dont la voûte vient s'abaisser sous la tympe. Pour ménager les parties des côtières et de la fausse tympe soumises au contact de la flamme, on les garnit de briques réfractaires posées de champ sans aucun mortier. On charge sur la grille du four, soit du bois, soit de la houille ; ce qui procure, dans la plupart des cas, une économie de combustible notable.

Si le fourneau qu'on met en feu a déjà servi, et si la cheminée réfractaire a été seule reconstruite, la dessiccation s'opère beaucoup plus rapidement.

Dès qu'on s'aperçoit, par l'écoulement des laitiers aux tuyères, que les premières charges de minerais vont arriver, on s'empresse de préparer la dame, ordinairement en sable damé recouvert, à l'intérieur, d'une plaque de fonte blanche par-dessus laquelle s'écoulent les laitiers. Les tuyères sont à la hauteur de la tympe, et la dame est ordinairement en contre-bas de 5 à 40 centimètres.

La dame préparée, on retire la plaque de fonte intérieure placée pour soutenir, pendant le damage, le sable dont on fait alors sécher la surface, en attirant sur le devant quelques charbons enflammés ; on a soin de garnir tout l'intérieur de l'avant-creuset d'une couche de fraïsil humide, dont l'effet est d'empêcher la première fonte qui arrive d'adhérer au sable, lequel n'est pas encore suffisamment échauffé. Enfin, il ne reste plus, avant de donner le vent, qu'à remplir le creuset et l'avant-creuset de quelques mesures ou *rasées* de charbon, que l'on serre fortement sous la tympe, pour ne pas laisser à la flamme un passage trop facile. A partir de ce moment, on augmente progressivement la charge en minerai, en laissant la charge en charbon constante, jusqu'à ce que l'on ait atteint l'état normal du fourneau et la qualité de fonte désirée. Dans les premiers jours de roulement, on ne doit couler que lorsque le creuset est entièrement plein ; c'est le meilleur moyen de l'échauffer. Les premières coulées donnent presque toujours des fontes épaisses, noires, qu'on met de côté pour le moulage en seconde fusion, quand il y a un cubilot dans l'usine.

La charge en charbon doit se baser plutôt sur le diamètre du gueulard que sur les autres dimensions du fourneau ; son volume doit être tel qu'elle présente une épaisseur suffisante pour que le minerai éprouve une certaine difficulté à se tamiser à travers le charbon. Lorsque cette épaisseur est trop faible, surtout pour les minerais en grains, il en résulte des chutes de minerais et des dérangements dans l'allure du fourneau. On charge d'abord le combustible, puis par dessus le minerai et la castine séparément ou préalablement mélangés.

Enlèvement des laitiers et coulée. Dans la plupart des fourneaux au charbon de bois, on a soin de recouvrir les laitiers, dans l'avant-creuset, de quelques pelletées de fraïsil, de telle sorte qu'ils y soient encore assez fluides pour s'écouler naturellement par dessus la dame. On moule quelquefois ces laitiers en briques pour les constructions communes. Dans quelques fourneaux au bois, lorsqu'on ne prend pas la précaution que nous venons d'indiquer ou lorsque le dosage du lit de fusion n'est pas convenable, et dans la plupart des fourneaux au coke, les laitiers restent visqueux ; il faut alors nettoyer fréquemment l'avant-creuset à l'aide de longs ringards en fer et hâler les laitiers au moyen d'une pelle et d'un crochet en fer, travail très pénible. Les laitiers visqueux ainsi que ceux que l'on retire immédiatement avant la coulée, renferment souvent des grenailles de fonte que l'on en retire par le bocardage. Peu de temps avant la coulée, le fondeur attire avec son ringard tout le laitier dans l'avant-creuset, puis quelques instants après il arrête le vent, et après avoir

nettoyé les côtiers avec son ringard, il enlève à l'aide d'une sorte de râble le charbon et le laitier qui surnagent dans l'avant-creuset; dès que le bain de fonte est à découvert, il place sous la tympe un tampon d'argile, de laitier dur, ou une plaque de fonte garnie de terre bien séchée, pour empêcher le contenu du fourneau de passer en partie dans l'avant-creuset. On perce alors à l'un des angles inférieurs de la dame, avec un ringard pointu, sur la tête duquel on frappe à grands coups de marteau, un trou par lequel la fonte s'écoule et que l'on rebouche ensuite avec un tampon d'argile. On coule la fonte sur le sol de l'usine, soit en une seule gueuse, soit en un grand nombre de petits gueusets plats suivant le mode d'affinage qu'on doit lui faire subir. Quelquefois on la coule en coquille, c'est-à-dire dans une rigole en fonte, et on jette dessus de l'eau pour la refroidir brusquement, ce qui la blanchit et la rend plus facile à affiner. Dans quelques usines, on coule les fontes sulfureuses venant d'un travail au coke ou à la houille et sortant du fourneau, dans des moules en fonte enduits d'une couche de chaux. Cette couche, épaisse de quelques millimètres et qui se sèche bientôt à l'air, est appliquée avec une brosse trempée dans une bouillie calcaire. Les lingotières, dont le vide a la forme et les dimensions des gueusets ordinaires, sont placées sur le sol de l'usine et reçoivent la fonte d'une matresse gueuse creusée dans le sable; la coulée se fait comme à l'ordinaire. Les avantages que présente ce procédé sont les suivants :

1° La couche calcaire en contact avec la fonte absorbe une très grande partie du soufre que renferme celle-ci, comme le démontre l'analyse.

2° Ce mode de moulage diminue les déchets de la fonte dans les opérations subséquentes qu'on lui fait subir. — Ce qui se comprend, parce que les gueuses coulées dans le sable en retiennent toujours une certaine quantité à leur surface qui donne lieu à des carcasses ou des scories lorsqu'on la refond au fourneau à réverbère ou au cubilot, si elle est destinée au moulage de seconde fusion, et absorbent toujours une certaine quantité de silicium par leur contact, à une température élevée, avec la silice, ce qui en rend l'affinage bien plus difficile, si c'est une fonte d'affinage.

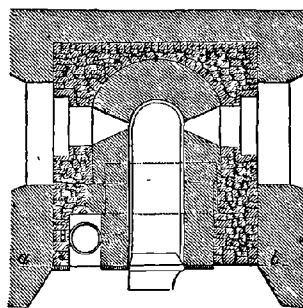
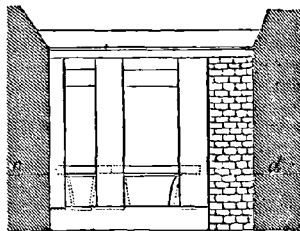
Quand on travaille en fonte de moulage, la coulée se fait d'une manière différente : le charbon et les laitiers étant enlevés et le tampon ou *bouchage* mis en place sous la tympe, les ouvriers viennent tour à tour puiser la fonte dans l'avant-creuset, avec des poches ou cuillères en fer garnies à l'intérieur comme à l'extérieur d'un enduit composé d'un mélange de terre argileuse et de crottin de cheval. Quand l'ouvrage est vidé, le fondeur, avec l'aide d'un autre ouvrier, retire le bouchage et ramène les matières dans l'avant-creuset qu'il achève de remplir avec un mélange de braise et de laitier bien serré sous la tympe.

Ce mode de coulée, le plus anciennement employé dans les fourneaux roulant en fonte de moulage, a l'avantage de ne pas refroidir la fonte, mais il offre l'inconvénient : 1° de donner lieu à une perte de minéral et de charbon; 2° de refroidir l'avant-creuset; 3° de diminuer la production journalière par suite de l'arrêt forcé de la machine soufflante pendant la coulée, arrêt qui dure au moins une demi-heure, et quelquefois jusqu'à deux heures; et 4° d'occasionner des descentes brusques et irrégulières des charges, lorsqu'on donne de nouveau le vent; 5° de ne pouvoir couler que peu de fois par jour et de subordonner le travail des mouleurs à celui du haut-fourneau.

Pour remédier à cet inconvénient, on imagina vers 1828, à Malapane, d'établir à gauche de l'avant-creuset fig. 841 et 842 (le trou de percée étant à droite), un creuset auxiliaire de forme circulaire, séparé du premier, soit par une paroi en briques réfractaires, soit

par un mur d'une seule pièce en grès réfractaire qu'il est plus facile de remplacer en cas d'usure, et communiquant avec lui par un canal de fond qui permet à la

841.

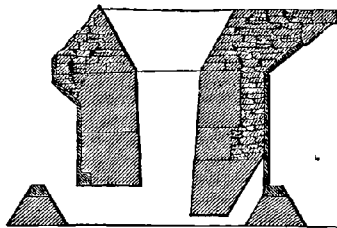


842.

forme de grenailles, comme il arrive dans le cas d'un creuset ordinaire.

Il est essentiel de ne laisser pénétrer la fonte dans le creuset puisard que quatre à cinq semaines après la mise en feu du fourneau, et de le chauffer sans cesse, pendant ce temps, avec un feu de charbon. Pour fermer le canal de communication, on emploie un tampon de fraisl et d'un pen de terre : il faut aussi laisser constamment un peu de fonte dans le creuset afin qu'il ne se refroidisse pas trop.

On place quelquefois le creuset-puisard sur la rustine comme un creuset ordinaire, avec cette seule différence, que la pierre de tympe du creuset-puisard (fig. 843), se prolonge jusqu'à 0^m,45 de la sole, de



843.

manière à n'y admettre que la fonte, qui n'est pas sujette à blanchir pourvu qu'elle soit couverte par une couche de fraisl. L'avant-creuset ne sert plus alors qu'à l'écoulement des laitiers et se trouve derrière le fourneau, tandis que le creuset-puisard est tourné du côté de la halle de fonderie.

On emploie également dans un certain nombre de fourneaux roulant en fonte de moulage la *coulée à la percée*, qui permet de couler sans arrêter le vent et mériterait de se répandre davantage. La dame est remplacée par une plaque transversale fixée aux mureaux par quatre forts boulons et percée en son milieu d'un trou rectangulaire d'environ 0^m,25 de haut sur 0^m,45 de large. On garnit de sable damé argileux réfractaire la partie qui regarde dans le fourneau, et on remplit l'ouverture avec de la terre de bouchage. Une petite plaque portant trois petits trous de 0^m,02 à 0^m,03 de diamètre placés sur une même verticale, vient, en s'ajustant sur la traverse au moyen de quatre goujons à clavettes, fermer l'ouverture rectangulaire dans laquelle elle s'emboîte par un rebord saillant : cette plaque est dite *plaque de gentilhomme*. Au moment de la coulée, le fondeur perce successivement les trois trous, en commençant par celui du haut, et les ouvriers se présentent tour à tour pour recevoir la fonte dans leurs poches. Après chaque coulée, on retire momentanément la plaque de gentilhomme, et l'on répare le bouchage en enlevant les laitiers et la fonte qui restent dans les trous, où il est nécessaire de rapporter du sable.

Les jets de moulage de première fusion sont rechargés dans le fourneau ainsi que les grenailles de fonte provenant du bocardage des laitiers, avec le minerai, sans exiger une addition dans la charge en combustible.

Engorgements, réparations, suspension de travail, mise hors feu. Lorsqu'il se forme des dépôts ou des engorgements dans l'intérieur d'un fourneau, il faut élever la température intérieure, ce qui se fait, soit en diminuant les charges, soit en y lançant de l'air chaud s'il était soufflé à l'air froid, et si l'on peut disposer d'un appareil à cet effet ; c'est dans ce but que beaucoup de fourneaux marchant à l'air froid sont munis d'appareils *Cabrol* ; on cherche aussi quelquefois à dissoudre ces dépôts en ajoutant des fondants convenables, soit par le gueulard, soit par la tuyère.

Lorsqu'il y a lieu de réparer une des parois de l'ouvrage ou du creuset on arrête le vent après la coulée, et on soutient les matières dans le fourneau en faisant une grille au-dessus de la paroi que l'on veut réparer ; on la détruit alors et on la remplace le plus rapidement possible ; cette opération devient très compliquée, si la paroi est située au-dessus du niveau des tuyères ; dans tous les cas, elle est beaucoup plus facile dans les fourneaux dont le massif est soutenu jusqu'à une certaine hauteur par des colonnes.

Lorsque par des causes quelconques on se trouve forcé de chômer pendant quelques jours (huit à dix au plus), on bouche le gueulard et les tuyères, après avoir fait la coulée, puis on remplit l'avant-creuset de charbon par-dessus lequel on dame une couche de fraisil. Lorsque le chômage doit durer plus longtemps, il faut ne charger que du combustible jusqu'à ce que la dernière charge de minerai soit arrivée dans le creuset, on ferme alors toutes les ouvertures comme ci-dessus et on ajoute toutes les semaines un peu de combustible au gueulard pour remplacer celui qui s'est consumé par les infiltrations d'air ; nous avons vu, pendant la grande sécheresse de 1842, un fourneau qui est resté ainsi en suspension de travail plus de trois mois, faute d'eau motrice.

Pour les petits fourneaux au charbon de bois, la durée de la campagne est limitée par le temps où l'on a de l'eau motrice en quantité suffisante, elle est ordinairement de neuf mois, dans le cas contraire elle peut aller à deux ou trois ans et même plus. Les fourneaux au coke dont la soufflerie est généralement alimentée par une machine à vapeur, fournissent des campagnes de plusieurs années ; on en a vu marchant huit à dix ans de suite et même plus.

La dégradation des parois intérieures, et notamment l'élargissement de l'ouvrage, les engorgements, le manque de matières premières, de combustible ou de force motrice, les crues d'eau, peuvent obliger à mettre le fourneau hors feu. Pour cela, on réduit peu à peu la quantité de minerai, on ajoute des fondants très fusibles pour dissoudre autant que possible les dépôts, on laisse les charges s'affaisser dans le fourneau ; lorsque celles-ci sont presque au niveau des tuyères, on nettoie le creuset, on enlève la dame et les tuyères et on laisse refroidir. On peut accélérer le refroidissement en continuant à donner le vent pendant quelque temps.

Allures diverses. Lorsqu'un fourneau marche à tuyères brillantes, qu'il produit de la fonte grise ou noire, on dit que son allure est chaude. Les laitiers sont visqueux et la température très élevée, ce qui permet d'ajouter beaucoup plus de chaux que dans toute autre allure, et d'effectuer par conséquent une séparation du soufre plus complète.

Lorsque la tuyère est obscure et suivie d'un nez ou canal formé par du laitier répandu, l'allure est froide ; on obtient des fontes blanches d'affinage contenant plus de soufre et moins de silicium que celles provenant d'une allure chaude. Le dosage du lit de fusion doit être tel, qu'on obtienne des laitiers très fusibles ; ceux-ci renferment souvent une quantité d'oxyde de fer très notable. C'est dans cette classe que viennent se ranger les fourneaux sans ouvrage, employés en Styrie et en Carinthie.

L'allure froide étant difficile à garder, la plupart des fourneaux marchant en fonte d'affinage se tiennent dans une allure intermédiaire. Cette allure est nettement déterminée pour les minerais spathiques manganésifères, par la production des fontes blanches lamellaires à grandes lames, passant insensiblement aux fontes blanches sublamellaires rayonnées ou fibreuse.

Du vent. La pression de l'air est très variable ; elle est de 3 à 4 centim. de mercure dans les petits fourneaux au charbon de bois, et s'élève jusqu'à 8 et 11 centim. de mercure dans les plus grands fourneaux au coke.

THÉORIE DE LA FABRICATION DE LA FONTE. Dès 1836, M. Le Play, actuellement professeur de minéralogie à l'école des mines, se basant sur les réactions connues de l'air, de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone, en présence du charbon et des oxydes de fer à une température élevée, donna une théorie fort ingénieuse de la réduction des minerais dans les fourneaux à tuyères, théorie qui lui permit d'expliquer d'une manière très plausible les phénomènes qui se passent dans le traitement des minerais de fer au haut-fourneau. Plus récemment M. Ebelmen, ayant été chargé par M. le sous-secrétaire des travaux publics de faire l'analyse des divers produits gazeux des foyers métallurgiques, a été conduit à examiner de nouveau ce sujet, et s'est trouvé à même, en s'appuyant sur les données que lui ont fournies ses expériences, de compléter et de modifier en partie les idées théoriques précédemment émises par M. Le Play. Les mémoires de ces ingénieurs distingués nous permettront de donner une théorie assez nette des hauts-fourneaux, en renvoyant pour plus de détails le lecteur aux mémoires précités, qui sont insérés dans les *Annales des mines*, 3^e et 4^e séries.

Occupons-nous d'abord des fourneaux au charbon de bois. L'air arrivant dans le fourneau se convertit rapidement d'abord en acide carbonique, puis, à mesure qu'il s'élève, en oxyde de carbone, par suite de la présence d'un excès de charbon porté à une température élevée. La partie du fourneau comprise entre le niveau des tuyères et celui où la totalité de l'air se trouve brûlée, constitue la zone de fusion, qui n'a qu'une faible étendue, et où la température est extrêmement élevée par suite du grand dégagement de chaleur, dû à la

transformation de l'oxygène de l'air en acide carbonique ; ce dernier, en dissolvant du carbone et en se transformant en oxyde de carbone à mesure qu'il s'élève, donne lieu à une absorption de chaleur qui passe à l'état latent et la température diminue. A partir d'une certaine hauteur, le courant gazeux, composé d'azote, d'oxyde de carbone et d'une petite quantité d'hydrogène, opère la réduction des minerais de fer qui marchent en sens contraire ; cette réduction a lieu avec formation correspondante d'acide carbonique, sans effet calorifique sensible, de sorte que la température du courant gazeux continue à diminuer par suite de l'échauffement progressif des matières qu'il rencontre ; enfin dans les parties supérieures de la cuve, où il est trop refroidi pour effectuer cette réduction, il détermine la distillation des parties volatiles du charbon et du minerai. Ainsi donc nous trouvons dans un haut-fourneau, en partant du gueulard, quatre zones bien distinctes dans lesquelles la température va en croissant, et qui sont : 1^o la zone de distillation, où s'opère l'expulsion des matières volatiles du combustible et du minerai ; 2^o la zone de réduction, où s'opère la réduction du minerai ; 3^o la zone de carburation, où s'opère la carburation du fer métallique réduit et son passage à l'état de fonte, soit par l'action carburante seule de l'oxyde de carbone, comme l'admet M. Le Play, soit par la cémentation au contact du charbon comme le présument d'autres métallurgistes (1) ; et 4^o la zone de fusion, où s'opère la fusion de la fonte et celles de gangues terreuses et des fondants qui se séparent à l'état de laitiers. Dans les fourneaux au charbon de bois, la limite entre la zone de réduction et de carburation est à très peu près au ventre, et la zone de fusion est toujours comprise dans l'ouvrage. Ces faits une fois posés nous permettront de vérifier les règles données par l'expérience pour le profil à donner aux hauts-fourneaux, en partant de la considération de leur forme générale et de ce fait, que la production de la fonte grise exige plus de chaleur que celle de la fonte blanche.

Dans l'ouvrage le courant d'air lancé horizontalement par la tuyère pénètre jusqu'au contrevent, et s'élève ensuite verticalement en occupant toute la largeur de l'appareil. Pour obtenir des fontes grises, et pour traiter des minerais réfractaires, on établira des ouvrages rétrécis et élevés ; pour des minerais facilement fusibles et des fontes d'affinage qui ne réclament pas une température aussi élevée, on emploiera des ouvrages larges et peu élevés.

Le haut-fourneau s'élargit très rapidement du sommet de l'ouvrage jusqu'au ventre, ce qui peut porter à croire que l'action du courant gazeux sur le minerai n'est pas essentielle pour produire les modifications chimiques qu'il subit dans cette partie du fourneau. Il est évident que le courant en sortant de l'ouvrage tend à s'élever à peu près verticalement, et ne se répartit pas d'une manière uniforme à travers la masse des matières contenues dans les étalages ; c'est dans cette région que s'opère la carburation du fer. D'un autre côté, le minerai

étant plus lourd que le combustible tend à gagner l'axe du fourneau, et se trouve néanmoins toujours soumis à l'action du courant gazeux. A cet égard, nous rappellerons un fait qui nous paraît concluant : le directeur de l'usine d'Holoubkau, en Bohême, fit remplir son fourneau, lors de la mise en feu, avec du charbon de bois de chêne, puis pendant tout le reste de la campagne qui dura près de deux ans, il n'employa que du charbon de bois résineux, les seuls bois que fournissent les coupes où s'alimente l'usine. Lors de la mise hors feu les angles du ventre étaient encore remplis de charbon de bois de chêne, ce qui prouve que le minerai n'avait pas pénétré dans cette partie, car il y aurait consommé du charbon, soit que la carburation eût eu lieu par cémentation, soit qu'elle eût eu lieu par la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique, lequel aurait dissous de nouveau du charbon pour passer à l'état d'oxyde de carbone. Le charbon resté aux angles du ventre sert donc surtout à y concentrer la chaleur nécessaire. Le plus ou moins d'inclinaison que l'on donne aux étalages tend à augmenter ou à diminuer la rapidité de la descente des charges, et par conséquent on leur donnera une faible inclinaison pour des minerais réfractaires et des fontes grises, et une plus forte pente pour des minerais facilement fusibles et des fontes de forge ; on va même en Styrie et en Carinthie, où l'on traite pour fontes d'affinage des minerais très fusibles, jusqu'à supprimer complètement les étalages et à employer des ouvrages élevés et assez larges qui se raccordent immédiatement avec la cuve.

La forme du vide intérieur de la cuve prouve, au contraire, que le contact des gaz avec les minerais est indispensable à leur réduction ; en effet, la majeure partie du courant s'échappant du fourneau en suivant les parois de la cuve, il faut pour les atteindre, après avoir traversé à peu près verticalement les étalages, que le courant diverge du centre et se répartisse d'une manière sensiblement uniforme à travers le lit de fusion. L'expérience démontre que la réduction a lieu dans cette zone par la transformation de l'oxyde de carbone en acide carbonique, sans dépense en combustible et sans effet calorifique, et que l'acide carbonique produit ne se change plus en oxyde de carbone au contact du charbon, ce qui prouve que la température du courant gazeux dans cette partie du fourneau, quoique assez élevée pour produire la réduction de l'oxyde de fer, ne l'est plus assez pour déterminer la dissolution du carbone dans l'oxyde de carbone. Mais, lorsque le minerai arrive, par suite d'une descente trop rapide, incomplètement réduit dans les étalages, il se combine avec la silice, et la réduction ultérieure du produit ne s'opère qu'avec consommation de charbon et absorption de chaleur latente par la transformation du carbone en oxyde de carbone. Ce sont ces deux dernières circonstances qui rendent compte de l'économie de combustible que présentent les grands fourneaux sur les petits, qui, en général, ne sont avantageux que pour fondre des minerais très fusibles et très faciles à réduire par cémentation, destinés à la fabrication des fontes d'affinage.

Les mêmes phénomènes que nous venons de décrire se présentent également dans les fourneaux au coke, avec cette différence que l'échauffement des matières s'opère toujours au moyen de la chaleur sensible que conserve le courant gazeux ascendant après les transformations successives de l'oxygène de l'air en acide carbonique et en oxyde de carbone, comme la masse de gaz qui traverse le haut-fourneau est à peu près proportionnelle au combustible introduit, la température sera d'autant plus élevée que l'on consommera plus de carbone pour fondre une partie de minerai ; or, les fourneaux au coke dépensent environ deux fois plus de combustible que les fourneaux au charbon de bois pour

(1) Nous pensons avec M. Le Play que la carburation du fer métallique peut s'opérer par l'oxyde seul, et comme preuve de ce que nous avançons, nous rappellerons qu'on fabrique actuellement à Zlatoust, dans l'Oural, de l'acier fondu comparable aux meilleurs aciers anglais, en jetant dans les creusets de fusion, chauffés dans des fourneaux à vent alimentés au charbon de bois, des rognures de tôle, et laissant les creusets découverts. Le fer se carbure par la réaction des gaz combustibles qui l'entourent et fond ; dès qu'il est entièrement fondu, on recouvre les creusets, on les laisse encore quelque temps dans le feu pour que l'acier formé acquière l'homogénéité désirable, puis on les retire et on coule l'acier en lingots comme à l'ordinaire. Comme d'après les expériences de M. Ebelmen, les gaz provenant de la combustion ou de la distillation des charbons de bois ne renferment point d'hydrogène carboné, on ne peut faire autrement que de reconnaître que, dans le cas dont il s'agit, la carburation est due à l'oxyde de carbone.

la même quantité de minerai, la température sera toujours plus élevée dans une tranche quelconque du premier fourneau que dans la tranche correspondante du second. Il en résulte que dans les fourneaux au coke la réduction commence très près du gueulard presque aussitôt après l'introduction du minerai dans le fourneau, et qu'elle se termine à peu près au milieu de la cuve, tandis que cette limite se trouve très près du ventre dans les fourneaux au bois.

Il est facile maintenant d'expliquer pourquoi, dans les fourneaux au coke, la consommation en combustible est moyennement deux fois plus considérable que dans ceux au charbon de bois, en s'appuyant sur ces faits que 1° le charbon de bois est susceptible, toutes choses égales d'ailleurs, de transformer l'acide carbonique en oxyde de carbone plus rapidement que le coke, probablement à cause de sa porosité. Il en résulte que la zone qui correspond à la zone de fusion et que nous pourrions appeler aussi *zone oxydante*, parce qu'il y existe de l'oxygène libre et de l'acide carbonique, a toujours une étendue notablement plus grande dans les fourneaux au coke que dans ceux au charbon de bois ; 2° la fonte ou fer carburé, en traversant la zone oxydante, s'oxyde en partie; lorsque la combustion a lieu aux dépens de l'oxygène libre, il se produit un dégagement de chaleur considérable; lorsqu'elle a lieu par la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, il n'en résulte aucun effet calorifique sensible. Ainsi donc, plus il y aura de fer oxydé devant la tuyère, plus la température de la colonne gazeuse ascendante sera élevée après la transformation complète de l'acide carbonique en oxyde de carbone. Il est évident aussi que la proportion d'oxyde de carbone, contenue dans les gaz, sera en raison inverse de la quantité d'oxyde de fer formée, puisque l'acide carbonique décomposé par le fer ne donne qu'un volume égal au sien d'oxyde de carbone, tandis qu'il double de volume lorsqu'il passe à l'état d'oxyde de carbone en dissolvant du carbone. D'un autre côté, l'oxyde de fer formé se trouvant dans les laitiers à l'état de silicate, il y a nécessairement réaction entre cet oxyde et le carbone de la fonte ou les fragments de charbon mêlés avec le laitier, et l'expérience montre que cette réaction produit de l'oxyde de carbone dont la formation est accompagnée d'une absorption considérable de chaleur qui passe à l'état latent.

Ces principes, une fois posés, nous paraissent pouvoir expliquer, comme l'a fait M. Ebelmen, les différences du roulement des fourneaux au coke et au charbon de bois, et les principales variations qu'on observe dans l'allure des hauts-fourneaux :

Il est évident que l'oxydation, devant la tuyère du fer réduit dans la partie supérieure du fourneau, sera toujours, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus considérable, que la proportion du fer, par rapport au charbon, sera plus grande dans le lit de fusion. Si maintenant nous considérons deux combustibles, comme le coke et le charbon de bois, qui agissent avec une rapidité différente sur l'air et sur l'acide carbonique, et avec lesquels l'étendue de la zone oxydante est différente, il est bien évident qu'il faudra augmenter la masse du charbon le moins combustible, par rapport à celle du minerai, afin que l'oxydation du fer ne soit pas plus considérable dans un cas que dans l'autre; aussi l'expérience a-t-elle prouvé qu'il fallait en moyenne deux fois plus de coke que de charbon de bois pour produire, dans le haut-fourneau, le même poids de la même nature de fonte.

On explique de la même manière les différences de consommation d'un même fourneau, employant toujours le même combustible, suivant qu'on veut produire des qualités différentes de fonte; ainsi l'on sait que l'on consomme beaucoup plus de charbon pour avoir

des fontes grises que pour produire des fontes blanches.

La température des gaz au gueulard d'un fourneau marchant en fonte grise, est à peu près le même que dans le roulement normal en fonte blanche, d'où l'on conclut nécessairement que, puisque la consommation en combustible est plus considérable dans le roulement en fonte grise que dans celui en fonte blanche, il faut nécessairement que la température du courant gazeux, après la formation de l'oxyde de carbone, soit plus élevée dans ce dernier cas que dans le premier, et cette circonstance ne peut s'expliquer que par la combustion devant la tuyère d'une certaine quantité de fer qui passe dans le laitier et blanchit la fonte.

Les fontes blanches se produisent assez souvent, dans les hauts-fourneaux marchant en fonte grise, par l'effet d'un dérangement dans l'allure du fourneau. Quand ce dérangement est de longue durée, on reconnaît que la chaleur monte au gueulard; en même temps les fontes deviennent blanches, et les laitiers se chargent d'une grande quantité d'oxyde de fer, de sorte que le rendement en fonte est très faible. Cette élévation considérable dans la température de la cuve et le refroidissement très sensible que l'on remarque dans la température du creuset, s'explique facilement par les considérations que nous avons développées plus haut.

Un dérangement de peu de durée, comme une chute de minerai pendant quelques heures, ne produit pas sensiblement le transport de la chaleur au gueulard en raison de la masse des matières contenues dans le fourneau. Le seul symptôme de dérangement consiste dans la production des fontes blanches et des laitiers ferreux; mais quand on utilise les gaz des hauts-fourneaux pour alimenter des fours à réverbère, on s'aperçoit immédiatement du moindre dérangement survenu dans l'allure du fourneau, par l'abaissement qui se produit dans la température du four; cela tient à ce que la proportion d'oxyde de carbone contenue dans les gaz devient, comme nous l'avons vu, d'autant plus faible, que la quantité de fer brûlé devant la tuyère se trouve plus considérable.

CONDITIONS ÉCONOMIQUES DE LA FABRICATION DE LA FONTE EN FRANCE. Pour une usine ayant un seul haut-fourneau au charbon de bois produisant 3,000 kil. de fonte par jour, et roulant dix mois l'année, on y lancera 44 kil. d'air par minute sous une pression de 4 centim. de mercure. Le prix de revient des 400 kil. de fonte d'affinage pourra s'établir comme suit :

<i>Frais spéciaux.</i>		
Minerai, 300 ^k à 4 ^{fr} ,32 les 400 ^k . . .	3 ^{fr} ,96 ^c	
Castine, 80 ^k à 0 ^{fr} ,29 les 400 ^k . . .	0 ^{fr} ,46 ^c	
Charbon, 440 ^k à 7 ^{fr} ,00 les 400 ^k . . .	7 ^{fr} ,70 ^c	
Main - d'œuvre	0 ^{fr} ,45 ^c	
	42 ^{fr} ,27 ^c	42 ^{fr} ,27 ^c
<i>Frais généraux.</i>		
Cours d'eau, direction, intérêts du capital à 5 p 400, et du fond de roulement à 6 p. 400, contributions et frais divers.	2 ^{fr} ,73 ^c	2 ^{fr} ,73 ^c
Prix de revient des 400 ^k de fonte.		45 ^{fr} ,00 ^c

Lorsque les usines sont plus considérables le prix ci-dessus peut descendre jusqu'à 44 fr. Les usines marchant en fonte de moulage dépendent notablement plus de charbon, ce qui élève le prix de la fonte, qui, non compris les frais de moulage, revient de 45 à 48 fr. les 400 kil.

Dans les usines au coke le prix de revient de la fonte est beaucoup moins élevé, par suite d'une plus grande production, qui diminue les frais généraux dans une proportion considérable et du bas prix du coke, qui revient à 4 fr. 25 c. les 400 kil. ; de sorte que le prix de

revient de la fonte au coke d'affinage descend jusqu'à 9 et même 7 fr. dans quelques usines. Celle de moulage revient de 10 à 15 fr. On consomme de 450 à 200 kil. de coke par 400 kil. de fonte d'affinage, et 200 à 300 kil. de coke pour 400 kil. de fonte de moulage de seconde fusion.

INNOVATIONS ET PERFECTIONNEMENTS INTRODITS DEPUIS PEU D'ANNÉES DANS LA FABRICATION DE LA FONTE. Emploi de l'air chaud. Avant de décrire les divers appareils employés pour chauffer l'air, parlons d'abord des effets de l'air chaud dont l'emploi est dû à Neilson de Glasgow, qui l'introduisit en 1834 dans les usines d'Écosse. Il est évident que si l'on élève à une certaine température l'air sortant de la machine soufflante avant de le lancer dans le fourneau, la température du courant gazeux en sera d'autant plus élevée. D'un autre côté la combustion du charbon ayant lieu d'une manière beaucoup plus rapide, la zone oxydante se trouvera considérablement réduite et par conséquent la combustion du fer devant la tuyère diminuera dans la même proportion. Enfin si nous supposons qu'on lance la même quantité d'air dans les deux cas, et que l'on augmente la charge en minerai, à l'air chaud, de manière à ce que la température du courant gazeux soit la même, après la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, qu'à l'air froid, le refroidissement pour un même volume de gaz augmentera avec la charge en minerai, de telle sorte qu'il y aura dans toute la partie supérieure du fourneau moins de chaleur à l'air chaud qu'à l'air froid, tandis que la combustion de l'air s'opérant devant les tuyères dans un espace plus resserré, la température y sera plus élevée.

On comprend donc que, quand même l'appareil à air chaud reçoit sa chaleur d'un foyer particulier, il y a économie sous le rapport du combustible à chauffer l'air. Les fontes blanches deviennent grises et même noires si l'on ne change pas le dosage des charges, parce que la température s'élève devant les tuyères et que la quantité de fer brûlé y diminue; cette économie est surtout considérable pour les fourneaux au coke à cause de l'étendue de la zone oxydante à l'air froid; on doit donc augmenter la charge en minerai jusqu'à ce que l'on soit arrivé à produire la qualité de fonte voulue; la température étant plus élevée dans le creuset, les laitiers deviennent plus fluides et on peut augmenter de beaucoup la proportion de castine si les minerais sont argileux, et diminuer celle d'herbue si les minerais sont calcaires, de manière à obtenir des laitiers plus basiques qui dépouillent mieux la fonte du soufre qu'elle renferme. Si au contraire les minerais sont exempts de soufre et si l'on travaille au charbon de bois, on pourra sans inconvénient diminuer notablement la proportion du fondant. Ces diverses propriétés ont fait adopter presque généralement l'emploi de l'air chaud dans les usines qui marchent en fonte de moulage. Les fontes à l'air chaud sont plus chargées en silicium que les fontes à l'air froid, conséquence naturelle d'une plus forte chaleur dans le creuset et par suite plus difficiles à affiner; aussi ne les emploie-t-on que pour les minerais réfractaires et non pour les minerais oxydés en grains très fusibles. Néanmoins beaucoup d'usines roulant en fonte d'affinage à l'air froid, sont pourvues d'appareils à air chaud dont on ne se sert que dans le cas des engorgements ou de tout autre dérangement, lorsque le creuset se refroidit et que la chaleur monte au gueulard, pour ramener le fourneau à son allure normale; c'est en effet le meilleur remède que l'on connaisse dans ce cas.

En résumé l'économie produite sur le combustible a été de 40 à 45 p. 400 dans les fourneaux au charbon de bois qui roulaient auparavant d'une manière économique, tandis que dans ceux qui consommaient beaucoup de combustible par suite de quelques vices dans

la composition des charges ou la construction même des fourneaux, elle s'est élevée jusqu'à 30 et 40 p. 400. Généralement cette augmentation a été plus sensible pour les fourneaux au coke ou à la houille roulant en fonte de moulage que pour tous les autres.

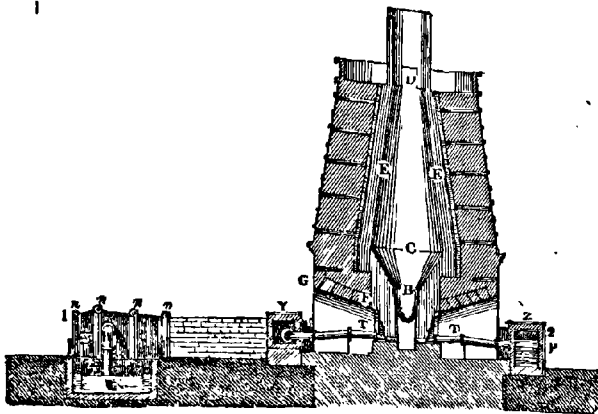
La dilatation de l'air augmentant sa vitesse dans les tuyaux de conduite, il est nécessaire, pour ne pas augmenter la pression et l'effort de la machine soufflante, d'augmenter le diamètre de ces conduites et surtout celui des buses; sans cela la quantité d'air qui arriverait dans le fourneau serait moindre, et quoiqu'il y eût une plus faible consommation en combustible la production journalière pourrait diminuer; tandis que s'il arrive dans les deux cas la même quantité d'air dans le fourneau, la production augmentera, et par conséquent il en résultera une économie notable sur les frais généraux rapportés aux 400^e de fonte.

Quant à la température à laquelle il faut chauffer l'air, elle dépend de la nature du combustible et de celle des minerais, des propriétés de la fonte que l'on veut obtenir, etc.; en Écosse, on a été jusqu'à 350^e pour des fourneaux alimentés avec du combustible minéral sans trouver aucune limite supérieure à laquelle on dût s'arrêter; à Königshtutte (Haute-Silésie), on n'a pu dépasser la température de 400^e sans altérer notablement la qualité de la fonte; les fourneaux au charbon de bois présentent des anomalies semblables, cependant on peut dire que la température de l'air lancé dans les fourneaux alimentés au coke ou à la houille, doit être généralement plus forte que pour les fourneaux au charbon de bois.

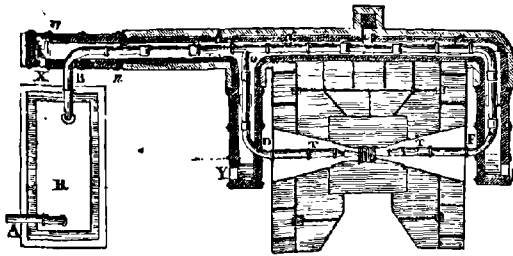
Disons maintenant quelques mots sur la disposition des appareils à chauffer l'air. Dans les fourneaux au coke ils sont presque exclusivement desservis par un foyer particulier où l'on brûle du combustible de qualité inférieure; dans les fourneaux au charbon de bois ils sont chauffés soit au moyen des flammes du gueulard, soit au moyen de gaz pris à un niveau inférieur et brûlés par un courant d'air chaud. Les gaz des fourneaux au coke ayant, comme le démontrent les recherches de M. Ebelmen, un pouvoir calorifique plus considérable que celui que possèdent les gaz des fourneaux au charbon de bois, il est certain que l'on réussira parfaitement à échauffer l'air qui doit alimenter les buses à tel degré qu'on le voudra, sans qu'il en résulte le moindre inconvénient pour l'allure du fourneau, en faisant un peu au-dessous de la plate-forme du gueulard une prise de gaz que l'on brûlerait au moyen d'un courant d'air.

L'appareil le plus employé en Angleterre est représenté dans les figures 844 à 849. La fig. 844 est une coupe verticale du fourneau et de l'appareil; la fig. 845 en est le plan: l'air arrive de la soufflerie par le tuyau A, dans le régulateur R, et de là se rend dans le tuyau B, de 0^m,40 de diamètre intérieur, qui se divise en C en deux branches CD, CEF, de 0^m,25 de diamètre intérieur, qui alimentent respectivement les deux tuyères T, T; ces tuyaux sont placés dans des carneaux en briques moyennement réfractaires chauffés par trois grilles X, Y, Z; H, est une cheminée d'appel commune aux trois grilles. La fig. 846 représente, à une échelle triple, le carneau alimenté par la grille X. Les tuyaux sont assemblés par bouts de 4^m,50 partie au moyen de brides, partie à emboîtement, comme l'indiquent les fig. 847 et 848, afin qu'ils puissent céder à l'action de la dilatation, et sont soutenus sur des rouleaux G (fig. 849), fixés sur des plaques en fonte S, placées sur la sole des carneaux. On consomme généralement dans ces appareils de 30 à 40^e de houille pour chauffer à 200 à 300^e l'air nécessaire à la production de 400^e de fonte de moulage.

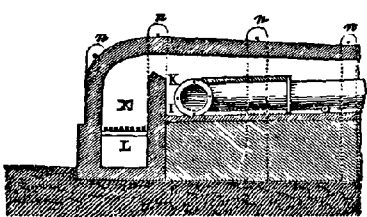
On trouve économie sous le rapport de la simplicité des appareils et sous celui de la consommation en cou-



844.



845.



846.

bustible nécessaire pour échauffer l'air, surtout à une température élevée, à remplacer l'appareil ci-dessus par l'appareil Cabrot. Cet appareil, fort ingénieux, consiste dans un foyer placé dans une caisse ou chambre en fonte, communiquant par le bas au régulateur de la soufflerie, et par le haut au porte-vent. L'air fourni par la machine traverse ce foyer incandescent, et s'y décompose en partie, en s'échauffant plus ou moins, suivant la rapidité de son passage, la surface de la grille et la quantité de combustible qui s'y trouve accumulée; immédiatement après il entre dans le fourneau. Le foyer est garni intérieurement, ainsi que le porte-vent, de briques réfractaires séparées de l'enveloppe en fonte par du charbon pulvérisé, de manière à éviter les déperditions de chaleur. Le foyer et sa caisse sont renfermés dans une caisse en fonte plus grande, disposée de manière à ce que l'ouvrier chargé du service de l'appareil puisse y pénétrer à volonté, soit pour jeter le combustible sur la grille, soit pour la dégager des cendres qui peuvent l'obstruer. Des dispositions fort ingénieuses permettent de faire ce service sans arrêter la soufflerie, et l'ouvrier qui en est chargé ne souffre nullement ni de la chaleur, ni de la pression de l'air au milieu duquel il se trouve. Cet appareil ne consomme

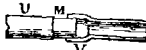
que 20 à 25 kil. de houille par 100 kil. de fonte, pour élever l'air à la température de 300 à 400°. L'appareil pour les fourneaux alimentés au charbon de bois est beaucoup plus petit; il n'a qu'une caisse servant de foyer; l'ouvrier n'y pénètre pas, il jette le bois ou le charbon de bois par en haut, au moyen d'une trémie à double tiroir; la cendre se vide à chaque coulée, lorsque la soufflerie est arrêtée. Cet appareil peu coûteux, et que l'on peut mettre en activité en moins d'une demi-heure, est surtout employé dans les hauts-fourneaux qui marchent habituellement à l'air froid, et qui n'emploient l'air chaud que dans le cas d'un dérangement dans l'allure du fourneau, qui se manifeste par le blanchiment de la fonte, l'obscurcissement de la tuyère qu'il faut dégager à chaque instant, le refroidissement du creuset et le transport de la chaleur au gueulard.

Les appareils chauffés au moyen des flammes perdues du gueulard, ou d'une prise de gaz faite dans la cuve du haut-fourneau, sont placés, soit au niveau même du gueulard, soit sur le sol de l'usine. Comme exemple des premiers nous donnerons la description de l'appareil de ce genre le plus employé, et établi dès 1832, par M. Faber du Faur, à l'usine de Wasseralfingen; les figures 850 et 851 en représentent le plan et

849.



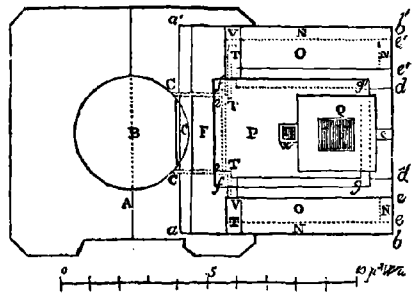
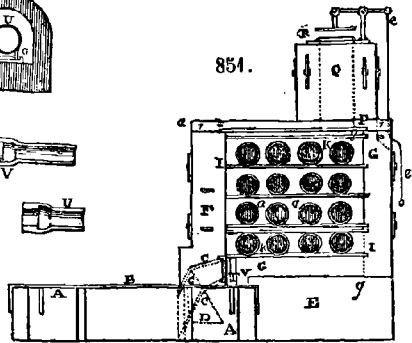
847.



848.



851.



850.

la coupe. A, est la partie supérieure de la cuve; B, le gueulard; C, une doublure en fonte formant le revête-

ment de l'embrasure destinée au passage de la partie de la flamme du gueulard qui est employée au chauffage du vent ; D, l'aile de la pièce C, servant à la fixer au gueulard ; E, est la sole du four à chauffer l'air ; F, G, murs du four H, renfermant les tuyaux en fonte K, dans lesquels circule l'air arrivant de la soufflerie ; une partie de la flamme du gueulard pénètre dans le four par l'embrasure C et s'échappe par la cheminée Q ; les tuyaux K sont soutenus par des plaques en fonte, et réunis deux à deux par des tuyaux courbes en fonte s'adaptant sur les brides M et situés entre les murs G et N, dont l'intervalle est rempli de débris de briques et autres matières peu conductrices de la chaleur ; ces coudes sont souvent placés à l'air libre ; P, est une plaque en fonte recouverte d'une faible épaisseur de maçonnerie et formant le haut du four ; R, est une plaque en fonte terminant la cheminée ; S, le registre de la cheminée ; T, sont des portes ou coulisses servant à régler la grandeur de l'ouverture C ; V, les ouvertures latérales par lesquelles les coulisses T entrent dans le four ; ces ouvertures sont plus larges que les coulisses, en sorte qu'il reste un espace de 0^m.05 environ de largeur, par lequel l'air pénètre dans le four, afin d'opérer la combustion des gaz du gueulard, ce qui augmente considérablement la chaleur dans le four ; W, est l'ouverture supérieure du four et X les portes postérieures ; on balait de temps à autre les tuyaux par les portes W et X, pour enlever les poussières qui s'y déposent et que l'on retire ensuite par la porte Y. L'air arrive de la soufflerie dans l'un des tuyaux inférieurs et sort par l'un des tuyaux supérieurs pour se rendre aux tuyères ; les tuyaux de conduite d'air chaud sont habillés de manière à éviter autant que possible toute déperdition de chaleur. Le mastic dont on se sert pour faire les joints se compose de limaille de fer pétrie avec tout juste autant d'argile grasse et réfractaire qu'il en faut pour donner du liant à la pâte.

Les appareils placés sur le sol de l'usine sont de beaucoup préférables à ceux placés sur la plate-forme du gueulard où l'espace manque et qui ont l'inconvénient d'exiger une plus grande quantité de force motrice pour faire mouvoir la soufflerie, par suite du plus grand développement des tuyaux de conduite, aussi leur donne-t-on maintenant la préférence. On fait une prise de gaz dans le haut-fourneau, soit au moyen de une ou plusieurs ouvertures pratiquées sur les parois de la cuve, soit au moyen d'une trémie cylindrique ou conique, procédé qui a été appliqué pour la première fois, au commencement de 1836, dans les usines de Rommershausen et de Veckerhagen (Hesse électorale). Cette trémie est en fonte, de 2^m environ de hauteur, et forme la partie supérieure du gueulard ; les parois de la cuve s'élargissent depuis le niveau du gueulard jusqu'à un peu au-dessous de la trémie, de manière à former un espace annulaire où se rassemble une partie des gaz qui s'échappent du fourneau, et où l'on fait une prise par un canal en briques ménagé dans le massif du fourneau et se raccordant avec un tuyau en fonte qui amène les gaz sur le sol de l'usine. On brûle ces gaz soit avec un courant d'air chaud et forcé, soit avec un appel d'air froid.

Lorsqu'on emploie un courant d'air forcé, on se sert d'un fourneau à réverbère disposé comme celui qui sert pour le puddlage au gaz (voir plus loin le même article), avec cette différence que la voûte est plate et très surbaissée, et la sole de forme rectangulaire ; l'air froid arrive par un tuyau carré placé transversalement près du rampant et sort chaud par un tuyau semblable, parallèle et de même forme, communiquant avec le premier par deux ou plusieurs tuyaux droits placés suivant la longueur du four ; les gaz combustibles arrivent en arrière de l'autel et y sont brûlés par de l'air lancé par quatre tuyères et préalablement échauffé par son pas-

sage à travers 4 ou 6 tuyaux disposés en travers dans la cheminée du four lui-même.

Parmi les appareils où l'on brûle les gaz à l'aide d'air froid, le plus simple, sans contredit, consiste en deux tuyaux concentriques en fonte d'un grand diamètre et placés verticalement ; on fait arriver les gaz combustibles à la partie inférieure du tuyau intérieur qui sert de cheminée, et où on les brûle par un courant d'air naturel dont on règle l'arrivée au moyen d'un registre. L'air arrive froid, de la machine soufflante, à la partie supérieure de l'espace annulaire compris entre les deux tuyaux, et s'échappe chaud à la partie inférieure pour se rendre aux tuyères.

Emploi partiel ou exclusif du bois vert, desséché ou torréfié. Les essais faits dans cette direction, en employant un mélange de bois vert ou de bois desséché et de charbon de bois, ont donné lieu, il est vrai, à une économie notable de combustible ; mais l'économie en argent a été beaucoup plus faible, et même n'existe que là où le transport du bois, des coupes à l'usine, est presque nul ; d'ailleurs, il faut employer de l'air chauffé à une température d'autant plus élevée que les charges renferment une proportion plus considérable de bois ; cette proportion, du reste, ne peut dépasser, sans danger, 0,45 pour le bois vert, et 0,60 pour le bois desséché. On peut, au contraire, remplacer entièrement, dans les fourneaux marchant à l'air chaud, le charbon de bois par du charbon roux, ou bois torréfié par le procédé *Echément* (voyez CARBONISATION). Le nombre des usines qui emploient le bois vert ou desséché diminue chaque année, tandis que l'usage du charbon roux tend à prendre plus d'extension. On dessèche ordinairement le bois dans des caisses rectangulaires chauffées au moyen des flammes perdues du gueulard ; pour le charbon roux, une bonne disposition à adopter dans certains cas, consiste à chauffer le vent dans un appareil placé sur le sol de l'usine, au moyen d'une prise de gaz faite sur la cuve par une trémie placée comme nous l'avons dit, et à déterminer l'appel des gaz dans l'appareil par un ventilateur aspirant placé à la suite, qui les conduirait ensuite par un canal sous la meule à torréfier ; la torréfaction se ferait donc ainsi sans dépense aucune de combustible, pour chauffer l'air destiné à opérer la torréfaction. Cette disposition procurerait une économie de 40 p. 400 sur le combustible ; mais elle pourrait n'en produire aucune en argent, si la distance de la cuve à l'usine était un peu considérable ; il est d'ailleurs facile, connaissant cette distance et le prix des transports, de déterminer le degré de dessiccation, de torréfaction ou de carbonisation qu'il sera le plus avantageux de faire subir au combustible. En outre, il est à remarquer qu'il est difficile d'obtenir une allure du fourneau aussi régulière avec du bois vert ou desséché qu'avec du bois torréfié ou du charbon de bois.

Emploi de l'antracite ou de la houille. L'antracite est très difficile à employer dans les hauts-fourneaux, parce qu'il se délite et tombe en petits fragments par l'action de la chaleur ; cependant on est parvenu, en Angleterre et en Amérique, à l'utiliser pour la fabrication de la fonte, en le brûlant avec de l'air dont la pression soit au moins double de celle qu'exige l'emploi du coke, c'est-à-dire de 0^m.15 à 0^m.20 de mercure et même plus.

Les houilles sèches et dures, peu collantes, peuvent être très facilement utilisées à l'état cru, sans même qu'il soit nécessaire d'employer de l'air chaud. Les houilles grasses et collantes doivent d'abord être converties en coke.

Emploi de la tourbe. On a essayé, dans quelques localités, de remplacer le bois et le charbon de bois par de la tourbe crue ou carbonisée ; la quantité considérable de cendres souvent pyriteuses que donne presque

toujours la teneur crue et surtout carbonisée, l'altération qui en résulte dans les qualités de la fonte, ont empêché, dans presque toutes les localités, de donner suite à ces essais.

Utilisation des flammes perdues du gueulard et du gaz des hauts-fourneaux. On a principalement employé les flammes perdues du gueulard à chauffer le vent, à cuire de la pierre à chaux et des briques, à griller le minerai, et enfin à chauffer des chaudières à vapeur destinées à fournir la force motrice nécessaire au service de l'usine. Les gaz combustibles, pris dans la cuve par des ouvertures placées à une distance variable au-dessous du niveau du gueulard, sont brûlés avec de l'air et employés aux mêmes usages que les flammes perdues du gueulard, et en outre au mazéage et au puddlage de la fonte, ainsi qu'au réchauffage du fer; opérations qui exigent, surtout la dernière, les températures les plus élevées que l'on produise dans les ateliers métallurgiques. Nous reviendrons, du reste, sur ce sujet en parlant de la fabrication du fer.

TRANSFORMATION DE LA FONTE EN FER FORGÉ.

Les diverses méthodes que l'on suit pour affiner la fonte, c'est-à-dire pour la transformer en fer forgé, se divisent en deux grandes classes essentiellement distinctes sous tous les rapports, d'après la nature des appareils qu'ils emploient : d'une part, l'ancienne méthode usitée sur le continent, où l'affinage de la fonte se fait au charbon de bois dans de bas foyers à tuyères, et où l'étrépage du fer affiné brut s'exécute au marteau; d'autre part, la méthode anglaise, inventée à la fin du siècle dernier en Angleterre, et dont l'usage se répand chaque jour de plus en plus sur le continent; méthode où l'affinage de la fonte se fait dans des fours à réverbère, et où l'étrépage du fer affiné s'opère au moyen d'appareils particuliers qui portent le nom de laminoirs.

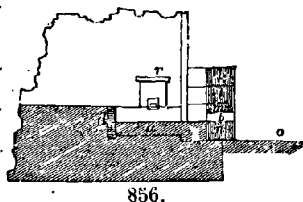
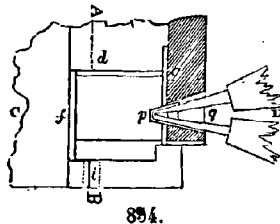
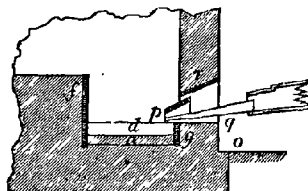
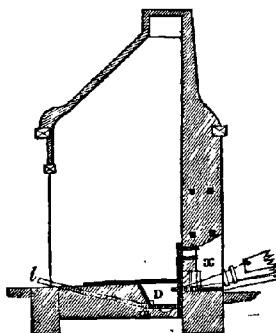
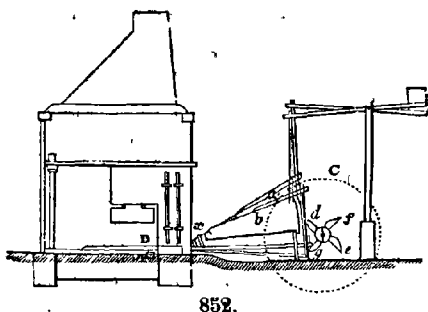
Nous allons étudier successivement ces deux groupes de fabrications, en commençant par le plus ancien, qui est encore actuellement le plus répandu en France.

Méthodes d'affinage dans des bas foyers à tuyères, dans lesquelles on ne fait pas subir à la fonte de blanchiment préalable.

Ces méthodes se distinguent en deux classes; celles où le réchauffage et l'étrépage des matières se font dans le même foyer; ce sont les méthodes *comtoises*, *champenoises*, *bourguignonnes* et *allemandes*, qui ne diffèrent guère que d'après la nature de la fonte à affiner, et la méthode *wallonne* où le réchauffage du fer en mastiaux se fait dans un foyer particulier; méthode qui disparaît chaque jour, parce qu'elle donne lieu à une plus forte consommation en combustible.

Foyer. La fig. 852 donne l'élevation d'une ancienne forge allemande, la fig. 853 en est la coupe, et les fig. 854, 855 et 856 donnent à une échelle plus grande le plan et deux coupes du foyer; ce foyer se compose essentiellement d'un creuset D (fig. 852 et 853) muni d'une tuyère *a*, alimentée par deux soufflets pyramidaux en bois *a*, *b*, ou tout autre machine soufflante, mus par les comes *d*, *e*, *f*, *g*, montées sur l'arbre de la roue hydraulique C; *l*, est une rigole par laquelle on fait arriver au besoin de l'eau sous la plaque de fond pour la rafraîchir. Le creuset est surmonté d'une cheminée assez haute. L'espace compris entre le mur et les piliers de cette cheminée est de 2^m,00 à 2^m,30 sur 4^m,60 à 2^m,00, et forme une aire plane ordinairement élevée de 0^m,33 au-dessus du sol. Le creuset, ménagé à l'un des angles de la hotte, se compose de cinq plaques de fonte, et reçoit le vent du côté contigu au mur. La plaque ou taque *g*, qui supporte la tuyère *p*, s'appelle *warne*; celle *f*, qui lui est opposée, *contrecent*; celle du devant,

percée de deux trous par lesquels on fait écouler les scories, *chio* ou *lasterot*; celle de derrière, *haire* ou



rustine, et celle du fond, *sole*. Toutes ces taques ont 0^m,06 d'épaisseur, à l'exception de celle de *chio* qui

FER.

n'a que 0^m,03 ; elles durent plusieurs mois, le fond seul doit être changé tous les 8 ou 15 jours.

On déverse quelquefois la rustine en dehors de 0^m,05 pour pouvoir sortir plus facilement la loupe; le chio est toujours d'aplomb; le contrevent est tantôt placé verticalement, tantôt déversé légèrement en dehors ou en dedans; la warme est verticale pour les fontes blanches et truitées et déversée vers l'intérieur du feu pour les fontes grises. La largeur et la longueur du creuset varient entre des limites très grandes, et leurs dimensions ont peu d'importance; il n'en est pas de même de la profondeur du feu mesurée au-dessous de l'œil de la tuyère et de l'inclinaison de celle-ci. Jusqu'à une certaine limite, la profondeur du feu doit être d'autant plus grande que les fontes sont plus grises et plus difficiles à affiner. On emploie dans les feux d'affinerie, une ou deux tuyères en cuivre rouge, quelquefois en fonte; elles sont très plates, ce qui assure leur stabilité et permet au vent de s'étendre en nappe; leur œil, quand il n'y a qu'une tuyère, est de 40^{mm} sur 27^{mm}, et quand il y en a deux, de 23^{mm} sur 24^{mm}, ou de 40^{mm} sur 40^{mm}. Une inclinaison de 7 à 8° produit la plus haute température dans la région supérieure du foyer où se trouve la gueuse, et convient, par conséquent, pour les fontes grises ou noires qui fondent difficilement, mais qui, une fois fondues, deviennent très liquides, afin que le métal puisse fondre et tomber goutte à goutte dans le bain de scories, ce qui favorise beaucoup sa décarburation. Pour les fontes blanches, truitées ou grises ordinaires qui fondent à une température peu élevée, mais qui prennent peu de liquidité et se figent promptement, on doit donner à la tuyère une inclinaison plus

FER.

faible ou plus grande que celle de 7 à 8°, suivant qu'elles sont plus ou moins exemptes de matières nuisibles. Pour les fontes grises, on adopte généralement les inclinaisons de 6 à 7° et de 8 à 10°; pour les fontes blanches et truitées, on peut choisir entre 3 et 4° et 10 à 11°. Par ce moyen, les fontes blanches et truitées fondent, non pas par gouttes comme les fontes grises et noires, mais bien par petites écailles, ce qui est nécessaire pour que la fonte soit en partie préservée de l'action oxydante des scories et ne se décarbure pas trop durant son parcours de la gueuse au fond du creuset. Si d'ailleurs la fonte est impure, ce qui nécessite un plongement de 10 à 11°, la chaleur concentrée dans la région inférieure du creuset fait que la matière ferreuse, rassemblée après la fusion dans cette partie du feu, reste à l'état pâteux pendant tout le temps nécessaire à l'oxydation complète des matières étrangères.

On donne à la tuyère une légère saillie sur la warme, afin de ménager cette taque et de rapprocher ou d'éloigner le maximum de température de la partie du creuset où se trouve la gueuse, suivant que la fonte est plus ou moins difficile à affiner. On donne quelquefois à la tuyère une légère déclinaison vers le chio, dans le but de retarder l'affinage et de favoriser l'écoulement des scories et la circulation du vent, parce que le fraisil, fréquemment arrosé d'eau dans cette partie du foyer, obstrue souvent le passage de l'air.

Nous rappellerons, d'après l'excellent Mémoire de M. Thirria (*Annales des Mines*, 3^e série, tome XVIII), les dimensions et les principales circonstances du roulement des feux employés dans la Franche-Comté, en Champagne et en Bourgogne :

MONTAGE DU FEU.	FEU A UNE TUYÈRE.		
	Comtois.	Champenois.	Bourguignon.
	m. c.	m. c.	m. c.
Longueur intérieure du feu prise au niveau du dessus de la face de chio.	0,73	0,70	0,74
Longueur intérieure du feu prise au niveau du dessus de la face de chio.	0,51	0,54	0,47
Profondeur comptée sur la warme au-dessous de la tuyère.	0,21	0,18	0,17
Hauteur de la warme à l'angle de la haire.	0,16	0,12	0,11
Hauteur de la warme à l'angle du chio.	0,22	0,19	0,14
Inclinaison de la warme vers l'intérieur du feu.	0,009	0,018	0,013
Inclinaison du fond vers le contrevent, comptée sur la haire.	0,027	0,034	0,016
Inclinaison du fond vers le chio, comptée sur la warme.	0,013	0,023	0,027
Hauteur du contrevent à l'angle de la haire.	0,62	0,51	0,46
Hauteur de la haire à l'angle de la warme.	0,32	0,30	0,31
Distance du fond à la plaque de dessus le chio, prise à l'angle de la warme.	0,32	0,24	0,20
Warmage ou avancement de la tuyère dans le feu.	0,067	0,088	0,067
Plongement de la tuyère.	7 ^o 1/4	3 ^o	2 ^o 1/2
OEil de la tuyère.	0,040 sur 0,027	0,040 sur 0,027	0,033 sur 0,029
Distance du centre de l'œil de la tuyère à la haire.	0,27	0,28	0,38
Distance du centre de l'œil de la tuyère au chio.	0,46	0,42	0,36
Diamètre de l'œil de chaque buse.	0,025	0,034	0,033
Distances de l'extrémité de la buse de derrière à l'œil de la tuyère.	0,067	0,055	0,067
Distance de l'extrémité de la buse de devant à l'œil de la tuyère.	0,067	0,074	0,067
Distance du fond au premier trou de chio.	0,16	0,15	0,13
Distance de son centre à la warme.	0,15	0,13	0,13
Distance du fond au deuxième trou de chio.	0,19	0,17	0,15
Distance de son centre à la warme.	0,18	0,17	0,17
Diamètre de chacun des trous de chio.	0,027	0,027	0,027

CONSUMMATIONS ET PRODUITS.	FEU A UNE TUYÈRE.		
	Comtois.	Champenois.	Bourguignon.
Pression moyenné de l'air aux buses, exprimée en centimètres de mercure.	3,5	3,0	2,7
Volume moyen de l'air lancé par minute, sous la pression atmosphérique, en mètres cubes.	3,99	3,20	3,16
Durée de l'affinage, en minutes.	435	90	40
Quantité de fonte consommée pendant l'affinage, en kilogr.	88	66	32
Quantité de charbon de bois consommée pendant l'affinage, en mètres cubes.	0,455	0,376	0,352
Poids moyen du fer forgé donné par la loupe de chaque opération, en kilogr.	65	48	23
Production mensuelle en fer forgé de divers échantillons, en kilogr.	47,000	49,000	21,000
Fonte aux 100 ^k de fer marchand, en kilogr.	435	438	440
Charbon de bois aux 100 ^k de fer marchand, en mètr. cub.	0,700	0,685	0,634

Marteaux. Les marteaux employés dans les feux d'affinerie sont à soulèvement latéral ou à bascule : les premiers servent au cinglage des loupes et à l'étrépage du fer en gros échantillons, et les autres, dits *martinets* ou *makas*, à l'étrépage du petit fer.

Parlons d'abord des marteaux à soulèvement. Leurs têtes se font généralement en fonte, et on durcit leur panne à la coulée, en disposant dans le moule une pièce de fonte très épaisse sur la partie correspondante à cette face, de telle sorte, qu'elle se trouve, en un mot, coulée en coquille.

Les manches et les rabats se font en bois de hêtre, de frêne ou de charme de premier choix. Le point par où les cames soulèvent le manche est protégé par une large patte en fer dite *braye*. L'extrémité du manche est emmanchée dans une bague à tourillons, appelées *bogue* ou *hurasse*, qui contient l'axe de rotation du marteau. L'enclume est en fonte, la table doit avoir été dressée après la coulée; on la place sur plusieurs pièces de bois de fort équarrissage, plantées verticalement dans le sol et maintenues par des cadres entourés de maçonnerie; ce système, dit *stock*, ne peut être solidaire avec la fondation des autres parties du système. Souvent on encastre l'enclume dans une grosse pièce de fonte ou *chabotte*, qui repose sur le stock; dans tous les cas, on doit donner à l'enclume un poids au moins triple de celui du marteau pour qu'elle puisse amortir les chocs. La table de l'enclume et la panne du marteau doivent bien coïncider dans toute leur étendue. L'axe longitudinal de l'une de ses surfaces, au lieu d'être parallèle à l'arbre des cames, est tourné en dehors, afin que les cames ne puissent pas saisir les barres, et afin que les longues barres ne soient pas arrêtées par les supports du rabat. L'ordon ou charpente d'un marteau à soulèvement, se compose : 1° de deux montants ou jambes qui reçoivent les tourillons de la hurasse; 2° de deux colonnes placées de file derrière l'intervalle des jambes et recevant le rabat; 3° d'une fondation qui assure la solidité de tout le système. Actuellement on confectionne en fonte les jambes de la hurasse et les supports du rabat.

Le poids des marteaux à soulèvement que l'on emploie ordinairement varie de 200 à 400^k; leur *levée*, qui est généralement en raison inverse de leur poids, est comprise entre 0^m,80 et 0^m,55, et le nombre de coups qu'ils battent par minute varie de 90 à 420.

La *force motrice* dépensée pour le service d'un marteau s'obtient en kilogrammètres, au moyen de la formule $2x = 0,05 \cdot p \cdot n \cdot c$, dans laquelle *p*, désigne le poids de la tête du marteau augmenté de celui des cales

et de celui de la partie du manche qui pèse sur la tête, quantités additionnelles que l'on peut estimer aux 2/5 du poids de la tête; *n*, le nombre de coups par minute; et *c* la levée. Soit, par exemple, un marteau dont la tête pèse 300^k et pour lequel $n = 400$ et $c = 0^m,60$, on aura $x = 630$ kil. mètr. = 8,4 chev. vap. (à 75 kil. mètr. par chev. vap.). On a supposé dans l'établissement de la formule précitée que les frottements de toute nature et l'action du rabat absorbent à peu près la moitié du travail utile et que le moteur rend 50 pour 100 de la force réellement dépensée en eau et en vapeur.

Les fig. 857 et 858 représentent un marteau à soulèvement avec ordon en fonte, d'après le modèle adopté en dernier lieu dans les usines de la Silésie. (*Extrait de la Métallurgie du fer de Karsten*, tome V.)

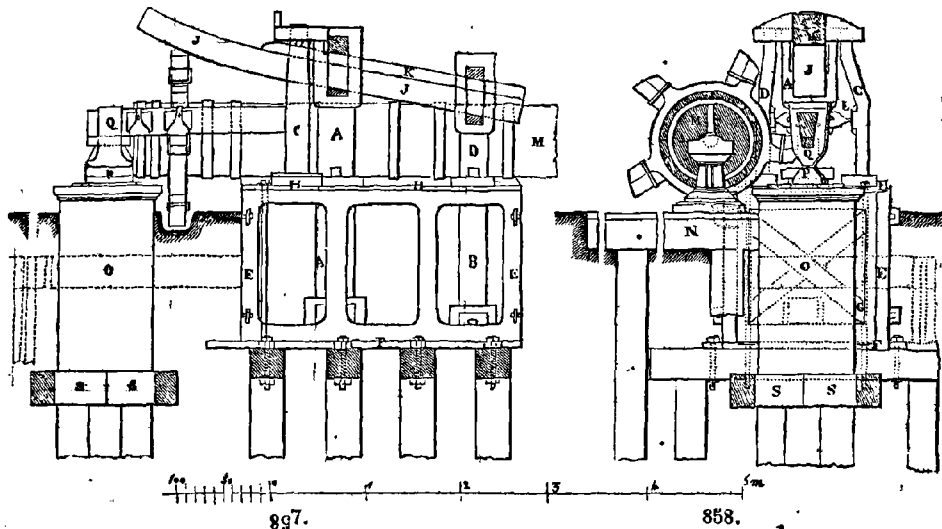
Les deux colonnes de fonte A et B, ainsi que les deux jambes C et D de l'ordon, sont maintenues solidement par une caisse en fonte enterrée et fixée sur les sommiers en bois, dont chacun s'emboîte avec deux forts pilotis, comme l'indique le dessin. La caisse en fonte se compose d'une plaque de fond F, d'un cadre rectangulaire dont les côtés sont E et G, et d'un chapeau H. Q, tête du marteau; L, hurasse dont les tourillons tournent dans des coussinets fixés aux jambes C, D; J, rabat et sa couverture K, calés à l'aide de coins en bois, et servant à limiter la levée du marteau; M, arbre moteur en chêne portant un collier sur lequel sont montées cinq cames en fonte; le palier qui soutient le tourillon qui termine cet arbre repose sur un madrier en chêne soutenu par le sommier N, qui à son tour se trouve fixé sur des pilotis. Enfin le stock O en bois de chêne qui porte l'enclume P, dont la panne, parallèle à celle du marteau Q, forme un angle aigu avec l'axe de l'arbre des cames, repose sur deux sommiers bien reliés entre eux et fixés sur cinq pilotis; il porte à la partie supérieure une plaque en fonte qui l'emboîte, et dans laquelle se trouve une ouverture octogone pour recevoir la chabotte de même forme.

Le poids de la tête des *martinets* varie de 50 à 250 kil.; la volée est de 0^m,50 à 0^m,60 pour les *martinets* les plus forts; de 0^m,35 à 0^m,45 pour les moyens; et de 0^m,25 à 0^m,30 pour les plus petits; le nombre de coups par minute varie de 140 à 300, les plus faibles battant le plus vite. L'enclume porte souvent une *étampe* forgée, à laquelle on donne la forme de l'échantillon que l'on veut obtenir; dans ce cas, la tête du marteau porte une étampe semblable.

Les ordons des *martinets* ne se composent, pour ainsi

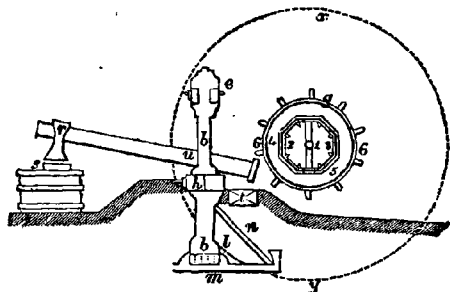
dire, que de deux montants en bois ou en fonte assemblés dans des semelles, et consolidés par des moises ou traverses. On doit pouvoir y fixer solidement des cra-

teau, mais le plus souvent le marteleur est en même temps affineur. Les deux forgerons de service font tour à tour une loupe et forgent toujours le fer qu'ils ont



paudines et pouvoir les changer avec facilité. Les fondations peuvent être établies comme celles du marteau à soulèvement que nous venons de décrire. Le manche porte à l'arrière une forte frette en fer munie d'une *touche* sur laquelle viennent agir les cames; la partie inférieure de la frette est renforcée et vient buter contre le *tas*, ce qui limite l'étendue de la levée.

La fig. 859 est l'élevation du martinet habituelle-



859.

ment employé dans les forges allemandes : 1, axe de rotation de la roue hydraulique motrice *xy*, sur lequel est monté le collier 2 3, de l'arbre des cames 4 5 6; *h, l, m, n*, fondations supportant les jambes *b* du marteau, qui sont réunies à la partie supérieure par les traverses *e*; *u*, manche, et *r*, tête du marteau; *s*, enclume; *t*, tas destiné à limiter la levée du marteau et formé par l'extrémité d'une solive en bois élastique.

Méthode comtoise.

Un feu comtois est desservi par six ouvriers travaillant en deux postes, qui se relèvent après l'affinage de quatre loupes, lequel dure environ 8 heures. Les trois ouvriers dont se compose un poste sont deux forgerons et un valet, dit *goujat*. Un manœuvre, dit *releveur de charbon*, transporte le charbon de la halle dans la forge. Un des quatre forgerons a le nom d'*affineur*, et monte le feu; un autre, dit *marteleur*, soigne le mar-

obtenu. En France, l'affineur et le marteleur reçoivent ordinairement 40 fr. par mois en sus du prix de fabrication, réglé à forfait, à raison de 46 fr. par 4,000^k de gros fer, et de 48 fr. par 1,000^k de petit fer. Comme un feu comtois produit par mois 48,000^k de gros fer ou 46,000^k de petit fer, l'affineur et le marteleur gagnent chacun 80 à 85 fr. par mois, et les deux autres forgerons 70 à 75 fr.; les goujats sont payés au mois et gagnent 48 à 20 fr.; il en est de même du releveur de charbon qui gagne habituellement 30 fr. par mois. En Belgique et en Allemagne, le salaire des ouvriers est notablement moindre.

Conduite de l'affinage. — Chargement. Dès que la dernière loupe est sortie du feu, on met *avant*, c'est-à-dire qu'on avance dans le feu la gueuse placée sur un rouleau et disposée perpendiculairement à la tuyère. Il doit y avoir un espace de 0^m,03 à 0^m,04 entre la gueuse et le contrevent, pour que le vent puisse agir le mieux possible sur la fonte tout en s'élevant dans le dessus du feu; il faut, en outre, que le dessous de la gueuse se trouve à 0^m,40 ou 0^m,42 au-dessus de la nappe formée par le vent, et que son extrémité soit éloignée au moins de 0^m,30 de la face du *ohis*. Dans cette position, la fonte fond goutte par goutte, ce qui est nécessaire pour le succès de l'opération; car si on faisait fondre la gueuse par écailles, comme dans le traitement des fontes blanches et truitées (1), en l'exposant plus directement au vent, l'affinage serait plus long et plus difficile; c'est seulement quand la fonte est noire et graphiteuse, qu'on place la gueuse au milieu du feu pour la faire fondre plus facilement; mais on ne le fait qu'après le chauffage des massieux.

La gueuse convenablement placée, on met par dessus, du côté du contrevent, des *ornes* ou scories riches de l'opération précédente mélangées de battitures et scories très riches ou *embreclats*, on remplit le foyer de charbon, on couvre celui-ci d'une ou deux pelletées d'embreclats, puis on donne le vent. Les scories riches, qui fondent promptement, sont destinées à former le lit de *orne*, sur lequel la matière ferreuse provenant

(1) On n'affine ordinairement, par la méthode comtoise, que des fontes grises.

de la fusion de la gueuse doit reposer immédiatement pendant toute la durée de cette partie de l'opération, ainsi que le bain de scories pauvres qui doit la recouvrir pour la préserver de l'action directe du vent. On règle la quantité de ces additions de manière à ne conserver que la portion de scories riches nécessaire pour l'affinage, car un feu comtois qui roule bien doit consommer toutes les scories riches qu'il produit.

Fusion. Pendant que la fonte nécessaire à la formation d'une loupe se liquéfie et que le marteleur et le goujat précèdent au cinglage et à l'étrépage de la loupe précédente, le forgeron chargé de la conduite de l'affinage, n'a autre chose à faire qu'à régler le vent au moyen d'un registre placé au dessus des buses; entretenir le feu de charbon de manière à ce qu'il forme toujours bien la voûte, sans se crever, suivant l'expression des ouvriers; déboucher l'un des deux trous du chio, pour donner écoulement aux scories surabondantes, savoir: le trou inférieur, quand les scories entrent facilement en fusion, et le trou supérieur, quand il a fallu plus de temps pour les liquéfier; placer sur le feu de l'embreclat pour remplacer les scories pauvres qui se sont écoulées par le chio; commander au goujat d'avancer la gueuse dans le feu toutes les fois que cela est nécessaire; dégager avec une tige de fer la tuyère lorsque les scories l'obstruent; retourner de temps à autre les pièces qui chauffent; projeter dans le creuset soit un peu de sable quartzes, soit un peu d'argile, si les scories ne sont pas assez abondantes, ce qu'on reconnaît à ce que le feu donne des étincelles claires, ou si elles ne sont pas suffisamment liquides; sonder le feu de temps en temps avec un ringard, pour reconnaître la nature des scories et celle de la matière ferreuse; enfin, arroser le devant du feu, pour se garantir d'une trop grande chaleur, et pour empêcher que le fraïsil ne soit emporté par le vent. Le chargement et la fusion de la fonte durent 4 heures 25 minutes environ.

Travail. Aussitôt que la dernière pièce à forger est retirée du feu, le forgeron fait retirer la gueuse par le goujat de manière à l'empêcher de fondre, et alors commence la seconde partie de l'affinage qu'on nomme le *travail*, parce qu'elle est réellement pénible pour le forgeron. Son premier soin est de ramener au-dessus de la masse ferreuse les sornes ou scories endurcies qui se trouvent entre elle et le fond du foyer; à cet effet, il les soulève avec le ringard, en les plaçant dans les angles et le long des bords du chio; puis il les tire sur cette plaque avec un crochet en fer, et il en sépare les parties ferreuses qui y sont adhérentes pour les reporter vers le feu. Cette première manœuvre se nomme le *désornage*, et dure environ 5 minutes.

Après le désornage, le forgeron procède au *soulèvement* proprement dit, qui consiste à soulever avec le ringard la masse ferreuse au-dessus du niveau de la tuyère, pour en exposer les différentes parties à l'action décarburante du vent. Lorsque le fer à demi-affiné est redescendu sur la plaque du fond, sur lequel il repose immédiatement depuis le désornage, le forgeron le perce avec son ringard pour reconnaître quelles sont les parties qui ont encore besoin d'être exposées au vent. Celles dont la couleur est rouge et qui n'adhèrent que faiblement au ringard doivent être soumises de nouveau à l'action décarburante de l'air, tandis que les parties ferreuses d'une couleur blanche qui s'attachent fortement au ringard, et dont il ne peut dégager cet outil qu'en frappant dessus avec son marteau, doivent être abritées du vent et placées, à cet effet, soit contre la haire, soit contre le contrevent. Le forgeron, du reste, favorise l'épuration du métal, en jetant, à plusieurs reprises, dans le feu, de l'embreclat et des *dés-dits sifflet*, qui s'étaient attachés au ringard. Le feu est peu garni de charbon pendant cette seconde partie de l'affinage; la masse ferreuse est presque toujours à dé-

couvert, et le vent, qui est lancé avec toute son intensité, forme à la surface du foyer des gerbes brillantes, composées de parcelles de scories en fusion et de charbon inoandescant. Le soulèvement dure moyennement 25'.

L'affinage se termine par l'*avalage*, opération qui consiste à réunir avec le ringard les parties ferreuses, et à en former une boule au centre du foyer. A cet effet, après avoir diminué le volume du vent, le forgeron écarte, avec le ringard, les sornes et le fraïsil qui peuvent gêner l'agglomération des parties ferreuses; puis il forme la loupe, en les réunissant successivement à un noyau situé vers le milieu de la plaque du fond. On achève l'opération en jetant sur la loupe une pelletée d'embreclat, dans le but de la refroidir et de lui faire prendre une consistance convenable pour la sortir du feu. Cela fait, les deux forgerons retirent la loupe, d'abord en la soulevant avec des ringards, puis en la tirant avec des crochets sur la plaque de chio.

Affinage par attachement. Dans beaucoup d'usines, surtout en Allemagne, on ne sort pas tout le fer en une seule fois, mais par parties: on profite du moment où la matière entre pour la dernière fois en fusion pâteuse, pour retirer du foyer les parties du métal qui sont complètement affinées, tandis que l'opération se continue comme à l'ordinaire à l'égard du reste de la masse. A cet effet, l'affineur promène son ringard au-dessous du gâteau soulevé, en le maintenant à peu près dans un plan horizontal passant par la tuyère, et en le faisant tourner sur lui-même, il y attache des parties ferreuses; il retire l'outil, le plonge dans l'eau pour refroidir le fer, et recommence la même manœuvre jusqu'à ce qu'il ait formé un petit lopin de 8 à 10 kilogrammes. On porte de suite au marteau pour l'étirer. Ce travail connu sous le nom d'*affinage par attachement*, peut durer jusqu'à ce que toute la masse soit descendue au fond du creuset; il procure une économie de temps et de charbon, et le fer qui en résulte est toujours d'une qualité supérieure, sans que les parties qui restent dans le creuset pour former la loupe, se trouvent détériorées; il serait à désirer que ce procédé prit en France une plus grande extension.

Forgeage. La loupe étant retirée du feu et déposée sur le sol de l'usine, le goujat la frappe à coups de masse aux deux points opposés qui doivent former les extrémités de la *pièce* ou du *massiau principal*, puis on la laisse refroidir quelques instants pour qu'elle ne se désunisse pas sous le marteau, on la cingle, et on la coupe avec le *hacheron* en deux *massiaux* qui ont 0^m,30 à 0^m,35 de côté en carré. L'un de ces massiaux est placé dans le feu entre la gueuse et la tuyère, de manière que son extrémité plonge dans le bain de scories qui recouvre la matière ferreuse, sans atteindre celle-ci, dont le contact produirait une cémentation qui rendrait le fer cassant (1). L'autre massiau est posé sur la tuyère et recouvert de charbon. Dès que le premier massiau est hors du feu, on le remplace par le deuxième. On forge le premier massiau sur la moitié de sa longueur en une barre de l'échantillon qu'on veut avoir, et qui se termine par un bout de dimensions un peu plus fortes qu'on nomme *bordon* ou bout de barre. Ce premier forgeage du massiau est appelé la mise en *maquette*, et on donne à sa partie non forgée le nom de tête de maquette. Quand la mise en maquette est achevée, on plonge dans une auge remplie d'eau la barre et le bout de la barre, jusqu'à ce qu'ils soient assez refroidis pour

(1) La seule partie du foyer où la température puisse être portée au blanc soudant, est celle où l'on place la pièce qu'on se propose de forger immédiatement. Elle se trouve à 0^m,10 ou 0^m,12 de l'extrémité de la tuyère, et l'on retourne plusieurs fois la pièce afin d'y faire arriver successivement toutes les parties qui doivent être chauffées au blanc soudant.

qu'on paise les saisir; on introduit alors la tête de maquette dans le feu en l'appuyant sur la tuyère. Le deuxième massiau ayant atteint la température du blanc soudant, on le remplace par la tête de maquette du premier massiau; et quand il a été converti à son tour en barre, bout de barre et tête de maquette, on fait refroidir dans l'eau la partie forgée, et on place la deuxième tête de maquette au-dessus de la tuyère, jusqu'à ce qu'on ait retiré du feu la première. Celle-ci, après une chaude suffisante, est passée au marteau et forgée en barre et bout de barre. On place ensuite le bout de barre dans le feu, à côté de la tête de maquette du deuxième massiau, qui, après une chaude suffisante, est étirée de même en barre et bout de barre. Ces forgeages terminés, il ne reste plus qu'à étirer les quatre bouts de barre.

Conduite du vent. La quantité de vent lancée dans le feu va en augmentant jusqu'à la période du soulèvement; elle diminue ensuite constamment jusqu'à la fin de l'opération.

Consommations et déchets. Nous les avons donnés dans le tableau p. 1546.

Modifications à apporter aux dispositions ordinaires pour l'affinage des fontes noires : 1° on donne au vent une inclinaison de 7 à 8°; on fait warmer les tuyères de 0^m,40 au lieu de 0^m,08 à 0^m,09, et on fait pencher le warme un peu plus qu'à l'ordinaire vers l'intérieur du feu; 3° lorsqu'il y a deux tuyères, on place celle de derrière 0^m,03 à 0^m,04 plus près de la haire, tant pour élever la température dans la partie postérieure du feu où se trouve la gueuse, que pour rendre plus facile le soulèvement de la masse ferreuse; 4° on augmente la profondeur du feu en la portant à 0^m,23; 5° on a soin d'ajouter une plus forte proportion de scories riches; 6° on augmente le volume du vent, surtout lors du soulèvement de la matière ferreuse que l'on expose davantage et plus longtemps à l'action du vent.

Pour l'affinage des fontes blanches et truitées : 1° on donne au vent une inclinaison moindre ou plus grande que celle de 7 à 8°, en la réduisant à 3 ou 4°, ou en la portant à 40 ou 44°; 2° la warme est placée bien verticalement, et on fait seulement avancer les tuyères dans le feu de 0^m,05 à 0^m,06; 3° lorsqu'il y a deux tuyères on rapproche la tuyère de devant de 0^m,03 à 0^m,04 du chio, pour abaisser la température dans la partie postérieure du foyer où se trouve la gueuse; 4° on diminue la profondeur du feu, prise au-dessous de l'œil de la tuyère, en la réduisant à 0^m,47; 5° on incline le fond un peu moins vers le contrevent; 6° on ajoute moins de scories riches; 7° enfin, on diminue l'intensité du vent à toutes les époques de l'affinage, et on expose moins longtemps, lors du soulèvement, la matière ferreuse à l'action décarbure du vent.

Méthode allemande.

Dans cette méthode, la fonte à affiner arrive ordinairement des hauts-fourneaux en plaques minces que l'on casse en fragments et que l'on charge sur le contrevent avec un mélange de scories riches et de battitures. Quand l'étirage de la loupe précédente, qui dure de 2 à 3 heures, est terminé, on enlève les charbons du foyer, et on continue à donner le vent, 20 à 30 minutes, pour refroidir le bain. On fait alors écouler complètement les scories; la masse ferreuse, quoique peu affinée, prend alors par le refroidissement une consistance pâteuse, et est ordinairement soulevée à trois reprises différentes. Dans le premier soulèvement, la masse se divise en morceaux que l'ouvrier ramène les uns après les autres devant la tuyère pour les faire fondre de nouveau, et dont il favorise l'affinage de manière à ce qu'en redescendant au fond du creuset, ils se prennent en une masse qu'il puisse

soulever sans qu'elle se divise en morceaux. Cette masse portée devant la tuyère entre en fusion pâteuse et redescend au fond du creuset. On la soulève alors de nouveau, on l'appuyant contre le contrevent et, après avoir ramené les charbons embrasés au milieu du feu, on la renverse par dessus, on la recouvre de combustible frais et on la porte à la plus haute température possible. L'opération se termine par l'avalage, quand la masse est redescendue au fond du creuset: on enlève souvent une partie du fer par attachement.

La quantité de fonte qu'on traite en une opération varie de 400 à 450^k; la loupe transformée sous le marteau en parallépipède grossier, est ordinairement divisée en cinq lopins que l'on forge dans l'opération suivante. La durée d'une opération est de cinq à neuf heures, ce qui tient en partie au poids trop faible des marteaux, qui prolonge de beaucoup la durée du forgeage.

Dans l'affinage des fontes sulfureuses et phosphoreuses, on ajoute dans toutes les périodes de l'opération une certaine quantité de chaux carbonatée en poudre, dont la proportion varie de 2 à 40 p. 400 du poids de la fonte. Cette addition favorise la production d'un fer nerveux et l'élimination du phosphore et du soufre.

Méthode champenoise.

L'affinage champenois diffère de l'affinage comtois, sous plusieurs rapports que nous allons indiquer : 1° La gueuse, au lieu d'avoir son extrémité dans le foyer, à 0^m,30 au plus de la face du chio, doit en être éloignée de 0^m,05 à 0^m,06 seulement, pour que, mieux exposée à l'action du vent, elle fonde par écailles et non goutte à goutte, la fusion par gouttes favorisant trop la décarburation de la fonte; 2° le forgeron détache à plusieurs reprises de la gueuse, pendant la fusion, par un coup de ringard, son extrémité amincie, dans le but de retarder la décarburation de la matière ferreuse; 4° les diverses parties de l'affinage, et surtout le soulèvement, sont menées plus rapidement; 4° on n'ajoute pas de loupe, mais seulement 3 à 4 kil. de battitures par loupe, au lieu de 8 à 40 kil. nécessaires dans l'affinage comtois; 5° au lieu de diviser la loupe en deux massiaux, lorsqu'elle est cinglée, on n'en fait qu'une seule pièce qu'on nomme *renard*, et qui est forgée en barre, bout de barre et tête de maquette; on chauffe ensuite le bout de barre que l'on étire en barre; la tête de maquette n'est chauffée et étirée que dans l'opération suivante, de sorte qu'on chauffe au commencement de chaque opération du fer provenant des deux opérations précédentes; le déchet est un peu plus grand et la consommation en combustible un peu plus faible que dans un feu comtois (voir le tableau donné plus haut).

Pour l'affinage des fontes grises et noires on change le montage du fer champenois de manière à se rapprocher des dispositions du feu comtois, tandis que pour celui des fontes tout à fait blanches, au contraire, on diminue l'inclinaison de la tuyère, son avancement dans le feu et sa distance à la haire, la profondeur du feu, l'inclinaison du feu vers le contrevent, et l'intensité du vent à toutes les époques de l'affinage, enfin, on n'ajoute que peu ou point de scories riches.

Méthode bourguignonne.

L'affinage bourguignon diffère essentiellement des affinages comtois et champenois en ce qu'il ne comprend que deux périodes distinctes, *la fusion et l'avalage*. On affine surtout par ce procédé des fontes blanches.

Comme il n'y a pas de soulèvement, il est nécessaire que la fonte se décarbure en majeure partie dans le trajet qu'elle fait en tombant de la gueuse au fond du creuset; en conséquence, elle doit fondre par gouttes comme dans l'affinage comtois et non par écailles, comme les

fontes truitées soumises à l'affinage champenois; à cet effet on approche la gueuse à 0^m,24 ou 0^m,26 de la face de chio; en outre, on ne casse pas ou au moins on ne casse que rarement avec le ringard le bout de la gueuse, pour la faire tomber dans le creuset au milieu de la matière ferreuse. On ne jette non plus jamais dans le feu, pendant l'opération, des morceaux de sorne, des scories riches ou des battitures. Il faut remarquer d'ailleurs que l'affinage produit une très petite quantité de sorne, que le forgeron retire du feu, quand la loupe en a été extraite, et qu'il place sur la gueuse, avec une pelletée de battitures, pour que le tout, en fondant, forme le bain qui doit garantir la matière ferreuse de l'action du vent.

Dans la méthode bourguignonne, la gueuse est placée au milieu du feu, quand on forge en maquette le massiau donné par la loupe. Dans cette position qu'elle occupe pendant les 8 à 10 minutes nécessaires pour le forgeage des bouts de barre, elle fond plus rapidement que quand elle se trouvait près du contrevent, et la fonte qui s'en détache produit, pour le moins, autant de matière ferreuse que celle qui est tombée dans le foyer pendant les 20 à 25 minutes écoulées depuis le commencement de l'opération.

Une autre différence consiste à ce que l'on étire chaque fois, dans le feu bourguignon, du fer provenant de trois affinages successifs, savoir : la tête de maquette du renard ou massiau obtenu avec la loupe de l'avant-dernière opération, le massiau donné par la loupe de l'opération précédente, et le bout de barre provenant de la loupe faite avant celle qui a donné la tête de maquette.

Le déchet sur la fonte est plus fort et la consommation en combustible moindre dans un feu bourguignon que dans un feu comtois ou champenois (voir le tableau p. 4545).

Pour affiner dans les feux bourguignons des fontes autres que les fontes blanches, on rapproche le montage du feu de celui des feux champenois ou comtois, on augmente l'intensité du vent et on ajoute des scories riches pendant les diverses périodes de l'affinage, dans une proportion d'autant plus grande que la fonte est plus grise.

Théorie de l'affinage dans les feux d'affinerie.

Les analyses de M. Ebelmen ont montré que, arrivé près du contrevent, le courant gazeux avait une action oxydante nulle ou du moins très peu énergique, la décarburation de la fonte s'opère donc seulement, pendant la première période de l'affinage par sa réaction sur les scories basiques qui remplissent le creuset, et dont l'action, par conséquent, est d'autant plus énergique que la profondeur du feu est plus grande; cette réaction est évidemment plus vive lorsqu'on fait fondre la fonte en gouttes, au lieu de la faire fondre en écailles comme dans la méthode champenoise. Dans cette première période, l'affinage s'opère par l'oxygène d'une partie du protoxyde de fer renfermé dans les scories, il n'y a pas oxydation d'une partie du fer contenu dans la fonte, et par conséquent pas d'autre déchet que celui dû au départ du carbone, du silicium, etc., déchet qui serait plus que compensé par le fer réduit. D'un autre côté, les scories basiques sont réduites à la surface du bain par le contact du charbon, et ramonées graduellement, par l'une et l'autre cause, à l'état de silicate neutre dit *scories crues*, beaucoup plus pauvres et plus fluides, que l'on fait écouler par les trous du chio.

Dans la deuxième période de l'affinage, la masse ferreuse à demi-affinée, sorte d'éponge métallique imbibée de scories crues, est soumise directement à l'action oxydante du vent, et c'est là sans doute l'origine du déchet considérable que subit la fonte. Une partie du carbone restant encore dans la fonte se brûle directement par

l'oxygène de l'air avec une quantité de fer correspondante, et l'oxydation du fer détermine une grande élévation de température qui produit de nouveau la fusion du métal. Les scories crues qui imprégnent le fer sont changées en scories très basiques, et cette circonstance, jointe à l'élévation de température produite par l'oxydation du fer, augmente leur action décarburente.

Dans les feux bourguignons où l'on traite des fontes très faciles à affiner, on ne fait pas de soulèvement, mais on produit un effet analogue, quoique moins énergique, en fondant une partie de la gueuse à une faible distance de la tuyère, de manière à ce que le vent exerce sur elle, pendant cette partie de la fusion, une action décarburente.

Perfectionnements introduits dans les méthodes d'affinage précédentes. — Emploi de l'air chaud. L'air chaud est employé avec avantage dans les feux d'affinerie, surtout pour l'affinage des fontes à l'air chaud; il diminue de 40 à 46 p. 100 la consommation en combustible, et de 3 à 7 p. 100 celle de la fonte, en augmentant de 8 à 10 p. 100 la production en fer dans un temps donné. La température à laquelle on chauffe l'air doit être en rapport tant avec la nature des fontes à traiter qu'avec celle des combustibles que l'on emploie, et le montage du feu doit être modifié comme nous l'indiquerons plus loin.

Dans les feux d'affinerie qui marchent au charbon de bois, et où l'on traite des fontes obtenues au charbon de bois et à l'air froid, la température la plus convenable est de 80 à 120° pour les feux comtois et allemands, de 130 à 150° pour les feux champenois, et de 160 à 180° pour les feux bourguignons; ces limites peuvent être élevées de 40 à 50° pour les mêmes feux traitants des fontes obtenues au charbon de bois et à l'air chaud; pour l'affinage des fontes produites à l'air chaud avec un mélange de charbon de bois et de bois vert ou desséché, il faut agir à peu près comme pour les fontes obtenues au charbon de bois et à l'air froid; enfin, la température pour chaque feu doit être élevée progressivement, à mesure qu'on y porte une proportion plus considérable de bois desséché ou vert, de telle sorte qu'elle doit être de 260° pour des feux roulant uniquement au bois desséché, et qu'elle doit s'élever à 360°, lorsque l'affinage se fait au bois vert seul.

Lorsque la température de l'air chaud n'exécède pas les limites qui viennent d'être indiquées, suivant la nature des fontes soumises à l'affinage, et qu'on opère d'ailleurs dans le montage du feu les changements convenables, les produits obtenus sont d'aussi bonne qualité que ceux qui proviennent de l'affinage à l'air froid.

Les modifications qu'il convient d'apporter dans le montage des feux roulant à l'air chaud et au charbon de bois consistent à diminuer leur profondeur, ainsi que l'inclinaison de la tuyère, et à augmenter l'orifice des buses proportionnellement à la température de l'air lancé.

On chauffe ordinairement l'air dans un système de tuyaux placés, soit directement au-dessus du feu, soit dans la cheminée d'un four à réchauffer alimenté par les flammes perdues du feu d'affinerie.

Emploi du bois vert ou desséché, seul ou mélangé de charbon de bois. Lorsqu'on fait usage du bois vert ou desséché, il est nécessaire d'employer, comme nous l'avons dit plus haut, de l'air chauffé à une température élevée. Ordinairement on n'emploie que du charbon de bois seul ou mélangé de très peu de bois vert ou desséché, pendant la fusion de la fonte et le forgeage de la loupe; lorsqu'on ne consomme pendant toute la durée de l'affinage que du bois vert ou desséché, il faut, comme dans la méthode wallonne, réchauffer le fer dans un foyer séparé, habituellement alimenté à la houille. Quoique ces divers procédés procurent une économie

notable sur le combustible végétal, ils n'ont pas été généralement adoptés, parce qu'on a trouvé que les fers obtenus avaient une con texture très variable, d'où il résultait que la fabrication n'avait pas cette uniformité qui est si importante pour des produits de bonne qualité, et à laquelle on parvient facilement dans les feux d'affinerie alimentés avec du charbon de bois.

Emploi des feux voûtés. Un perfectionnement introduit maintenant presque partout en France, est l'emploi des feux voûtés; ces feux sont enveloppés au moyen de trois grandes plaques de fonte placées régulièrement du côté du chio, du contrevent et de la haire; le quatrième côté étant toujours fermé par la paroi de la hotte que traversent les tuyères. Ces plaques sont percées toutes les trois d'ouvertures convenables pour le travail, et sont reliées à une hauteur de 4^m,30 à 4^m,50 par une voûte en briques surmontées d'une petite cheminée. Afin de favoriser l'aspiration des vapeurs qui résultent du fréquent arrosage de la plaque de travail, et qui pourraient incommoder les ouvriers, on crée une espèce de cheminée d'appel, en laissant un vide de 0^m,40 de largeur entre la face intérieure de la hotte et la paroi extérieure de la plaque de devant. Les feux couverts produisent une économie de 15 à 20 pour 100 sur le combustible.

Utilisation des gaz perdus. La composition des gaz qui s'échappent des foyers d'affinage, prouve qu'ils ont encore un pouvoir calorifique qui est au moins les 0,90 de celui que le combustible consommé était susceptible de produire; aussi conçoit-on que l'on puisse en tirer un parti avantageux. On les emploie ordinairement pour le réchauffage du petit fer, la production de la vapeur d'eau, la dessiccation du bois, l'échauffement de l'air, etc.; on obtient ainsi moyennement dans un feu comtois, un effet égal à celui que produit un fourneau ordinaire dans lequel on brûlerait 30 kil. de houille de première qualité, ce qui correspond à une force de 7 à 8 chevaux-vapeur. Les feux suivis de fourneaux peuvent être montés pour le travail en gueuses ou pour l'affinage de fontes en saumons; dans ce dernier cas, on ménage, entre le feu d'affinerie et le four à réverbère, une aire sur laquelle on porte préalablement la fonte au rouge. Cet échauffement préalable accélère la fusion de la fonte à un tel point, que l'on doit se borner à réchauffer les plus grosses pièces dans le feu et achever le forgeage au moyen des fours à flammes perdues, qui donnent toujours une température suffisante pour l'étrépage subséquent.

Les divers procédés à suivre pour utiliser la chaleur que renferment les gaz des foyers d'affinerie, ou au moins des procédés tout à fait analogues ayant été décrits avec détails ou devant l'être dans le courant de cet article, nous nous contenterons de faire remarquer, quant aux dimensions des fours à réverbère employés pour le réchauffage du fer, que leurs soles ordinairement de 1^m,60 à 2 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur; que la hauteur moyenne de la voûte au-dessus de la sole est de 0^m,25 à 0^m,33; que l'introduction des gaz et de l'air nécessaire à la combustion, appelés naturellement par l'ouverture de travail, a lieu sur toute la largeur du four et sur une hauteur de 0^m,16 environ; qu'on divise ordinairement la sole en deux ou trois compartiments, qui forment autant de fours à température graduée; et enfin, qu'on donne à la cheminée placée à la suite du four une hauteur de 40 à 42 mètres, et une section de 0^m,40 sur 0^m,20.

Dès 1843, nous avons vu à Kilianshütte (grand duché de Hesse) brûler les gaz d'un feu d'affinerie, qui alimentait un four à réverbère pour fer de tirerie, avec de l'air chaud et forcé, arrivant par neuf trous pratiqués dans un tuyau de fonte placé en travers, dans le raccordement des voûtes du foyer et du four. Plus récemment on est parvenu à Montblainville, en France, à

employer ces gaz pour la puddlage de la fonte, en soumettant le feu d'affinerie avec un mélange de charbon de bois et d'une très forte proportion de bois torréfié ou desséché. Les dispositions adoptées ne diffèrent, du reste, en rien de celles usitées dans le puddlage au gaz (voyez plus loin).

Méthodes d'affinage dans des bas foyers, à tuyères, où l'on fait subir d'abord à la fonte une préparation particulière.

On peut préparer la fonte à l'affinage par le blanchiment, le mazéage et le grillage. La première et la dernière opération n'ont d'autre but que d'accélérer l'affinage ultérieur; la seconde sert en outre à améliorer la qualité du fer.

Le blanchiment s'opère, soit en coulant la fonte, au sortir du haut-fourneau, en plaques minces, dans des lingotières en fonte, et en l'arrosant avec de l'eau tandis qu'elle est encore rouge, soit en la faisant arriver dans un trou creusé dans le sol, l'y arrosant, et la retirant à mesure qu'elle se solidifie à la surface, en plaques minces ou *blettes* du poids de 40 à 42 kil.

Le mazéage a pour objet, tant de blanchir la fonte, que de lui enlever une partie du silicium et du phosphore qu'elle peut renfermer. On peut l'opérer dans les hauts-fourneaux mêmes, lorsque ceux-ci sont très petits, comme dans l'Eiffel, par exemple: à cet effet, on soumet la fonte réunie dans le creuset à l'action du vent, pendant une ou deux heures avant la coulée, en inclinant la tuyère du fourneau vers le bas; mais ordinairement le mazéage se fait, soit dans des foyers analogues au foyer d'affinerie et alimentés avec du charbon de bois, soit dans des fours à réverbère. On le fait toujours suivre d'un blanchiment au moyen d'un refroidissement brusque; nous conseillons de couler toujours la fonte mazée dans des moules en fonte enduits de chaux ou de calcaire, ce qui améliore sa qualité et diminue le déchet à l'affinage.

On soumet au grillage les fontes, soit brutes, soit déjà blanchies ou mazées. Le grillage, du reste, ne sert qu'à décarburer la fonte, et agit avec beaucoup plus d'énergie sur la fonte blanche que sur la fonte grise.

Cela posé, il ne nous restera plus que quelques mots à dire sur les principales méthodes d'affinage qui rentrent dans cette section.

Méthode nivernaise.

La fonte, ordinairement grise, est refondue dans un foyer de mazerie au charbon de bois, avec 4/10^e en poids environ de scories riches d'affinage; on traite environ 500 kil. de fonte en trois heures. La fonte mazée est coulée sur une aire de brasque humide, et refroidie brusquement par une projection d'eau. L'affinage de la fonte blanche cavernueuse obtenue, se fait comme dans la méthode bourguignonne par petites loupes de 30 à 40 kil., et exclusivement par l'action des scories riches. L'affinage est conduit très lentement, ce qui tient en partie à ce que les moyens d'étrépage sont trop faibles, et chaque opération dure 3 heures 1/2.

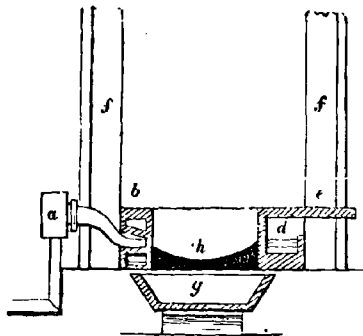
Méthode de Styrie.

En Styrie et en Carinthie on coule ordinairement la fonte, au sortir des hauts-fourneaux, en *blettes* que l'on grille à l'air libre et que l'on affine comme précédemment; seulement les loupes sont beaucoup plus grosses et pèsent de 70 à 80 kil.

Méthode du sud du pays de Galles.

On traite par cette méthode des fontes au coke, et l'on cherche à obtenir du fer doux et de qualité supérieure pour la fabrication du fer-blanc. A cet effet, on soumet d'abord la fonte à un mazéage dans une linerie au coke (voir page 1557), placée soit isolément, soit de

manière à ce que la fonte mazée puisse couler immédiatement dans le foyer d'affinerie; on affine ensuite le plus rapidement possible la fonte mazée, par le brassage avec des scories riches dans un feu d'affinerie au charbon de bois; on retire le fer à demi affiné, on le réduit sous le marteau en plaquettes de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, que l'on jette dans l'eau pour les refroidir; enfin on soumet ces plaquettes réchauffées à la houille, à un corroyage qui se fait d'abord au marteau, puis au lami-



861.

Méthodes d'affinage dans des fourneaux à réverbère.

L'affinage de la fonte dans des fourneaux à réverbère fut inventé, dit-on, par deux Anglais, nommés Cort et Parnell, en 1787, et appliqué d'abord aux fontes au coke. Les premiers essais faits sur de la fonte brute laissèrent beaucoup à désirer. Plus tard, on essaya d'imiter l'opération du mazéage, pratiquée depuis longtemps dans beaucoup de forges à l'allemande pour l'affinage des fontes au charbon de bois, c'est-à-dire de reformer la fonte au coke dans des foyers à tuyères semblables aux feux d'affinerie ordinaires, puis de la couler en plaques minces, dites *fine-métal*, que l'on soumit à un refroidissement brusque. On affina alors le fine-métal dans des fours à réverbère dits fours à puddler, et le fer défectueux résultant de ce travail fut soumis à des chaudes et à des corroyages réitérés, dans des fours à réchauffer, pour lui donner les qualités voulues par le commerce.

Les perfectionnements introduits depuis quelques années dans la fabrication de la fonte et dans l'opération du puddlage, permettent, dans le plus grand nombre des cas, de se passer du finage, et diminuent le nombre des corroyages nécessaires pour obtenir du fer de bonne qualité. Cependant, on est toujours obligé de recourir au finage pour les fontes très impures qui peuvent se présenter de temps à autre, et lorsque l'on veut obtenir des fers de première qualité.

La rareté toujours croissante du combustible végétal dans l'est de la France, a déterminé la plupart des matres de forges à le consacrer exclusivement à la fabrication de la fonte, et à affiner celle-ci dans des fours à réverbère alimentés à la houille. Le réchauffage se fait dans des bas foyers à tuyères, et l'étréage au marteau, ce qui caractérise cette méthode dont nous parlerons dans un article séparé.

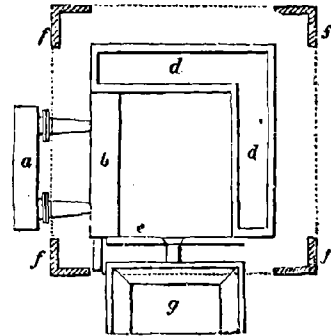
Enfin, nous terminerons les méthodes d'affinage au four à réverbère, en parlant des fours chauffés au moyen des combustibles gazeux provenant soit des hauts-fourneaux mêmes, soit de générateurs spéciaux.

Méthode anglaise.

Finage. Le finage ou mazéage des fontes peut s'opérer, soit dans des fours à réverbère, soit dans des foyers à tuyères appelés fineries; ce dernier procédé est le plus généralement employé.

Le finage élimine une grande partie du silicium et du phosphore que renferment les fontes, mais il ne diminue pas la proportion de soufre qu'elles peuvent renfermer; il est utile lorsque les minerais sont siliceux et réfractaires, lorsque le combustible dont on dispose est très chargé de cendres, et lorsqu'on emploie l'air chaud ou un fourneau dont l'ouvrage est élevé et rétréci, cir-

constances qui favorisent la formation d'une fonte très siliceuse et impure.



860.

Les fig. 860 et 861 donnent le plan et la coupe d'un fourneau anglais; celle-ci se compose de quatre parties: le creuset, les tuyères, la cheminée et la lingotière.

Le creuset *h* est un espace rectangulaire dont le fond est faiblement incliné de l'arrière à l'avant; les parois sont formées par trois bâches en fonte grise, *d*, *d*, constamment rafraîchies par un courant d'eau froide; le devant du foyer, qui achève le rectangle, est fermé par une plaque de fonte *c*, dans le milieu de laquelle on s'ménage, à la partie inférieure, une ouverture pour faire la coulée. Le fond du creuset est formé d'une sole en briques réfractaires recouverte d'une couche de sable pur.

Une finerie a quatre et le plus souvent six tuyères *a*; celles-ci sont composées d'une double enveloppe en tôle forte, dont l'intervalle est traversé par un courant d'eau, afin qu'elles ne se brûlent pas trop promptement; elles sont fixées sur chaque côté du creuset, de manière à ce que chacune d'elles occupe la ligne médiane des deux tuyères opposées.

Chacune des bâches latérales *d*, est recouverte par une plaque de fonte *b*, sur laquelle est fixée une grande plaque de fonte appelée *côtière*; les côtières forment le revêtement intérieur et latéral d'une finerie jusqu'à la naissance de la cheminée. Celle-ci est en briques ordinaires, et supportée par des plaques horizontales en fonte qui reposent sur d'autres plaques verticales très épaisses, *f*, *f*, que l'on nomme *piliers*.

En avant du creuset se trouve une lingotière en fonte *g*, composée de plusieurs parties jointives, et revêtue intérieurement de terre grasse; c'est dans cette lingotière que l'on fait écouler le fine-métal. On l'y laisse se solidifier, puis, lorsqu'il est encore presque rouge, on le plonge dans une bache à eau placée à la suite de la lingotière.

La longueur du creuset est de 4^m,25 et sa largeur de 4 mètres, pour six tuyères; sa profondeur varie de 0^m,20 à 0^m,30, suivant que les fontes sont plus ou moins faciles à affiner. L'inclinaison des tuyères varie de 8 à 25°, suivant que les fontes sont plus ou moins difficiles à affiner; on leur donne une saillie de 0^m,10 à 0^m,12. L'œil des buses varie de 0^m,03 pour les fontes blanches à 0^m,04 pour les fontes grises.

Le personnel d'une finerie se compose de deux brigades d'ouvriers qui se relèvent par poste de douze hommes, chaque brigade se compose d'un maître fineur et de son aide; le travail se continue sans interruption pendant une semaine.

Le seul combustible que l'on emploie dans les fineries est du coke.

On charge d'abord un lit de scories riches de puddlage

ou du finage même, au-dessus du coke dont on a rempli le foyer jusqu'au dessus des tuyères, puis 1200 à 1500^k de fonte sur les tuyères en remplissant l'intervalle compris avec du coke, puis on donne le vent en maintenant le creuset plein de coke. Lorsque la fonte est fondue, on fait écouler s'il est nécessaire une partie des scories; au bout de 4 heures environ la fusion est complète, et l'on brasse de temps à autre le bain pour renouveler les surfaces. Au bout de 2 heures environ, l'opération approche de sa fin, on reconnaît ce point, soit à la nature des scories qui deviennent très liquides, soit en prenant un essai avec une cuillère en fer, refroidissant le métal avec de l'eau, et le cassant pour apprécier son grain, qui doit être blanc et présenter une structure lamellaire et radiée.

On coule en perçant avec un ringard pointu le tampon d'argile placé au bas de la plaque de devant. Le fine-métal sort le premier, les scories après, et le tout se rend dans la lingotière en fonte dont nous avons parlé. Pendant que les dernières scories coulent du foyer, l'aide finieur verse quelques seaux d'eau dans la lingotière pour étonner les scories et refroidir la coulée, et quand le métal est solidifié on le traîne dans un bassin rempli, puis on le casse en fragments.

Si le métal en coulant dégage peu d'étincelles, on a coulé trop tôt; si au contraire il dégage une foule innombrable d'étincelles faibles, blanches, et formant sur la surface du bain une vapeur blanchâtre assez abondante, l'opération a été poussée trop loin; dans les deux cas il donnera au four à puddler un déchet considérable et un fer de mauvaise qualité. Le finage a été convenablement conduit, lorsque le fine-métal dégage, à sa sortie du foyer, beaucoup d'étincelles assez volumineuses et lancées à une certaine distance sans être accompagnées de flammes; le produit est alors caverneux au quart ou au tiers de son épaisseur.

Le déchet dans les fineries varie de 5 à 48 p. 100; on consomme 35 parties de coke pour 100 parties de fine-métal obtenu. Chaque opération dure de 2 1/2 à 3 heures.

Lorsqu'on opère le finage dans des fours à réverbère, on obtient généralement un déchet moindre; on dispose souvent ces fours de manière à ce que l'on puisse y charger ou y faire arriver la fonte encore liquide sortant du haut-fourneau.

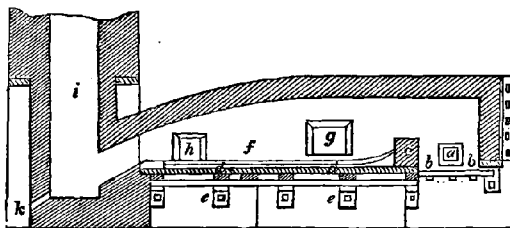
Les fours à réverbère ont deux tuyères placées sur le même côté ou sur deux parois opposées du fourneau, assez fortement plongeantes et dirigées de manière à imprimer au bain un mouvement giratoire plus ou moins rapide. Pour accélérer le finage, on ajoute souvent après la fusion de 2 à 40 p. 100 de minerai de fer pur, ordinairement hydraté, qui diminue en même temps le déchet.

Puddlage. Le puddlage, ou le travail qui s'exécute dans les fours à puddler, est l'affinage proprement dit, c'est-à-dire l'opération par laquelle on convertit le fine-métal ou la fonte en fer ductile. Il consiste, en deux mots, à faire fondre la fonte sur la sole du four, et à la brasser avec des scories riches, des battitures, etc., au contact de la flamme, jusqu'à ce qu'elle ait à peu près perdu tout son carbone. On forme alors avec le fer affiné des balles d'environ 40^k appelées *loupes*, que l'on soumet à des corroyages réitérés pour les transformer en fer marchand.

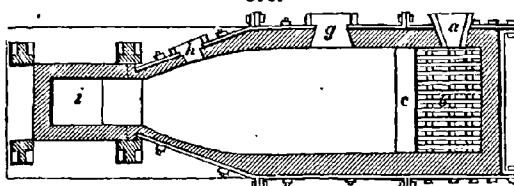
Les fours à puddler sont de deux sortes, les *fours pleins* et les *fours à air* ou *fours bouillants*; dans les premiers l'enceinte de la sole est massive; dans les seconds, d'invention plus récente, il régné autour de la sole un canal vide qui livre passage à un courant d'air

et permet de rafraîchir les parois exposées au contact du métal et de la plus forte chaleur: ce sont du reste ceux dont l'usage est actuellement le plus répandu.

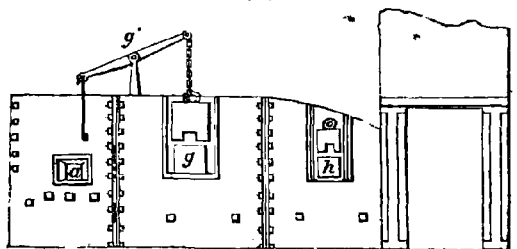
Les fig. 862, 863 et 864, donnent le plan, la coupe et l'élevation d'un four à puddler à parois pleines; a,



863.

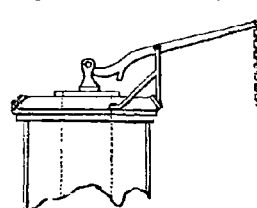


864.



865.

est la porte par laquelle on charge le combustible sur la grille b; d, d, les plaques en fonte qui forment le fond, de la sole et sont soutenues sur des pièces en fonte e, e, encastrées par leurs extrémités dans les taques latérales du four; f, est la sole en sable ou en scories; g, l'embrasure de travail, dont on manœuvre la porte à l'aide d'une chaîne et d'un levier fixé sur la potence g'; au milieu de cette porte est pratiqué un trou de 0^m,42 de côté qui permet de brasser la fonte au moyen de ringards, sans ouvrir la porte, et que l'on peut également fermer au moyen d'une petite plaque de fonte; h, porte par laquelle on charge d'abord la fonte près du rampant pour lui faire subir un échauffement préalable; i, cheminée munie d'un registre, comme l'indique la figure 865, servant à régler le tirage; k, trou



865.

de floss par lequel s'écoulent les scories.

Les cheminées peuvent servir à un seul four ou être communes à plusieurs fours. La cheminée d'un four isolé est à double paroi; l'intérieure, qui sert au passage de la flamme, est construite en briques réfractaires, l'extérieure en briques ordinaires, et ces deux parties sont séparées par un espace vide, dans lequel on fait circuler de l'air pour rafraîchir la paroi intérieure. La cheminée exigeant rarement des réparations, tandis

que le four doit être souvent réparé, il est nécessaire de rendre ces deux parties indépendantes l'une de l'autre; la même observation s'applique aux deux parois de la cheminée; enfin, il faut diminuer autant que possible le poids de la construction. Pour satisfaisant à ces conditions, on soutient la maçonnerie extérieure de la cheminée, en bas, par des piliers et des marâtres en fonte, et on l'allège en la formant de deux étages, l'un d'une brique et l'autre d'une demi-brique, et en réservant dans l'étage inférieur, sur deux faces opposées, des embrasures qui servent en outre à réparer la gaine en briques réfractaires. Quant à cette dernière, on l'appuie de distance en distance contre la maçonnerie extérieure par des voûtes qui permettent de la réparer à différentes hauteurs, sans la détruire au-dessus de l'endroit où l'on travaille. Le tout doit être fortifié par un système d'ancrage convenable.

Il arrive souvent que l'on accole les fours à puddler par deux ou par quatre, et qu'on leur donne alors une cheminée commune; dans ce cas, lorsque deux courants de gaz arrivent dans la même cheminée par deux ouvertures opposées, il est nécessaire de placer une cloison à l'endroit où les deux courants viennent se rencontrer, pour qu'ils se recroisent en frappant la cloison et ne se confondent qu'au moment où ils ont pris la même direction.

Dans les fours à air, les deux autels sont creux; les parois latérales sont également creuses et formées du côté du four par des plaques de fonte; le courant d'air qui s'établit dans les canaux ainsi formés, lorsqu'on chauffe le four, rafraîchit ces plaques et les empêche de fondre. Cependant, il faut veiller à ce que la fonte que l'on traite dans le four n'arrive pas en contact avec les plaques latérales; on y parvient en garnissant l'enceinte qui doit renfermer la fonte de pierres calcaires, que l'on maintient dans leur position avec des scories liquéfiées.

Dans les fours à air on économise des briques, et les réparations sont moins fréquentes que dans les fours pleins; mais ces fours sont plus froids et exigent du combustible de meilleure qualité et en quantité plus considérable; d'un autre côté, l'emploi de la pierre calcaire, qui ne peut avoir lieu que dans les fours à air, exerce sur la qualité du fer que l'on affine une influence d'autant plus avantageuse que le combustible dont on se sert est plus sulfureux, et que la fonte est plus impure.

L'autel d'un four à puddler doit être réparé tous les quinze jours; les parois de la sole et le rampant tous les deux et demi à trois mois; et la voûte et le bas de la cheminée, au bout de huit à neuf mois.

Voici les dimensions d'un four à puddler ordinaire: la grille est carrée et a 4^m,40 de côté; il y a 13 barreaux de 0^m,05 de côté, placés à 0^m,55 en contre-bas du grand autel; celui-ci a 0^m,25 de large et est à 0^m,33 au-dessus de la sole; le petit autel, près du rampant, est à la même hauteur que le grand autel et a 0^m,24 de largeur; le seuil de la porte de travail est au niveau des autels; la sole a de 4^m,80 à 2^m,00 de long, 4^m,40 de large près du grand autel, 0^m,48 près du petit autel, et 4^m,76 vis-à-vis la porte de travail; la hauteur à la clef de la voûte est de 0^m,30 au-dessus des autels; le fond du rampant est incliné d'environ 45° à l'horizon, et sa largeur est de 0^m,33; la hauteur totale de la cheminée est de 42 à 45^m, et sa section intérieure est carrée et de 0^m,45 de côté.

Le prix d'un four à puddler tel que nous venons de le décrire, avec cheminée particulière, est de 3,500 à 4,000 fr.

Le personnel d'un four à puddler se compose de quatre ouvriers, deux puddleurs et deux aides, qui se relèvent deux par deux par poste de douze heures.

La sole du four se fait en sable ou en scories. Les

soles en sable sont assez rarement employées, et ne peuvent servir que pour les fours pleins. Les scories que l'on emploie pour les soles varient suivant la nature des fontes à affiner. Pour les fontes blanches, on emploie des scories de puddlage; pour les fontes grises, il faut une sole plus réfractaire que l'on prépare avec de vieilles soles concassées, des crasses du marteau, ou des sornes de feux d'affinerie au charbon de bois. Dans tous les cas on réduit les scories en menus fragments, et on forme sur la plaque de sole une couche d'environ 0^m,08 d'épaisseur; on donne alors un fort coup de feu, et lorsque les scories sont entrées en fusion pâteuse, ce qui exige plusieurs heures de feu, on égalise leur surface avec une palette rouge; la sole ainsi égalisée ne doit plus avoir, après cette opération, qu'une épaisseur de 0^m,03 à 0^m,05, suivant qu'on veut affiner de la fonte blanche ou de la fonte grise.

On puddle sur une sole en scories, soit par bouillonnement, soit à l'eau, procédés que nous allons décrire succinctement.

Puddlage par bouillonnement. Le four étant chauffé au rouge blanc, on y introduit 230 kil. de fonte avec 25 p. 400 de battitures. Le chargement opéré on ferme la porte, on la cale solidement, et on la lute aussi hermétiquement que possible; elle reste ainsi fermée jusqu'au moment où l'on veut retirer les loupes. Le registre de la cheminée est complètement levé. Quand la fusion commence à avoir lieu, c'est-à-dire quand le métal se désagrège et perd sa consistance, on baisse le registre et l'on remue sans rien ajouter, jusqu'à ce que les scories couvrent la fonte. On ouvre alors entièrement le registre, puis on brasse et on retourne le métal à tour de bras, à droite et à gauche, jusqu'à ce que le fer ait pris nature. Dans cette période les scories se gonflent, et le bouillonnement devient tellement vif que le four qui, auparavant, paraissait presque vide, se remplit jusqu'au dessus de la porte, et il devient quelquefois impossible au puddleur d'empêcher qu'une partie des scories ne s'échappe par dessus le seuil de celle-ci. A mesure que le fer s'affine, le bouillonnement diminue et les scories s'affaiblissent. Quand le fer a pris nature, c'est-à-dire quand il a perdu sa liquidité, qu'il est devenu grumeleux et d'un blanc éclatant, ou le retourne pour présenter successivement toutes ses parties au courant d'air, puis on le découpe pour faire blanchir les parties noires ou mal affinées qui peuvent s'y trouver, après quoi on forme les balles comme il sera indiqué plus loin. Les balles achevées, on les porte sous le marteau, en commençant par celle qui a été formée la première. L'opération terminée, on fait écouler les scories par un trou placé au-dessous du seuil de la porte, avant de faire une nouvelle charge.

On suit quelquefois dans l'affinage par bouillonnement une seconde méthode, qui ne diffère de la précédente que parce que l'on emploie 50 p. 400 de battitures, et qu'on laisse le registre constamment ouvert. L'affinage est un peu plus rapide, mais, d'après quelques maîtres de forges, le fer perd en qualité.

Passons maintenant au *ballage* ou formation des balles: aussitôt que le fer commence à prendre nature, l'ouvrier le pousse, par portions, avec un ringard près de l'un ou l'autre autel, puis au moyen d'un autre ringard, dit *rabot*, dont l'une des extrémités est aplatie et repliée en équerre, il nettoie le côté libre de la sole, en amenant à la surface de l'amas le fer qui peut encore rester sur le côté; il répète ensuite cette manœuvre, jusqu'à ce que le fer se prenne en morceaux isolés qui résistent à la pression du ringard. Lorsque l'affinage en est à ce point, l'ouvrier partage la masse de fer en 4, 5 ou 6 morceaux, suivant qu'il veut former 4, 5 ou 6 balles. S'il y a un plus grand nombre de morceaux, il en réunit plusieurs ensemble en les pressant avec son rabot; dans cette opération, il doit avoir soin de bien

faire blanchir les morceaux à l'endroit de leur réunion, en les exposant au point où se développe la plus forte chaleur. A mesure que l'ouvrier *dégrossit* ainsi les balles, il les range près du grand autel ; il nettoie ensuite le côté libre de la sole avec le rabot, et s'il s'y trouve des morceaux de fer épars, à demi-affinés, il les attire vers la porte, où ils ne tardent pas à perdre leur carbone ; ces morceaux servent à compléter les balles trop faibles. Quand ce travail est achevé, l'ouvrier prend la balle qu'il avait mise la dernière de côté, l'amène avec le rabot près de la porte, la serre un peu, la met à la grosseur convenable, soit à l'aide des morceaux épais dont nous venons de parler, soit en en coupant un morceau avec un ringard, puis il la repousse du côté libre de la sole ; il fait faire ainsi un tour de sole à toutes les balles, et il termine ce travail par le nettoyage de la place devenue libre. Dans cet état, les balles sont dites *ébauchées* ; pour les *finir*, l'affineur prend la balle qu'il a ébauchée en dernier lieu, il la serre et l'arrondit avec le rabot et il la pousse du côté libre de la sole, puis il traite successivement de même toutes les autres balles ; immédiatement après on peut les cingler en commençant par celle qui a été finie la première, ou bien on les laisse encore pendant quelques minutes près de l'autel et loin de la porte, en fermant le registre qui était resté constamment levé pendant tout le ballage. On doit s'abstenir de jeter du combustible récent dans le foyer, et même de piquer la grille aussi longtemps que les balles ne sont pas encore ébauchées ; car alors ces balles se trouvent dans un état de porosité et de division extrêmes, les fuliginosités qui se développent au moment où l'on fait le feu les rendraient difficiles à souder.

Un autre moyen de former les balles consiste à prendre avec le rabot un noyau de métal et à la rouler sur la sole ; il ramasse ainsi les fragments les plus affinés du fer qui recouvre la sole ; lorsque la balle est assez grosse, on la roule près du grand autel ; les autres balles se font de la même manière. Ce procédé paraît devoir mériter la préférence.

En résumé, dans l'affinage par bouillonnement, on fait dix à onze fournées lorsqu'on traite de la fonte grise, douze à treize en fonte blanche, et quinze à seize avec du fine-métal ; le déchet est de 7 à 9 p. 100. On consomme environ 400 kil. de houille par 400 kil. de fer ébauché ; enfin on se sert presque toujours de fours à air, ce qui leur a aussi fait donner le nom de fours bouillants.

Puddledage à l'eau. C'est la méthode de puddlage la plus ancienne, où on n'emploie que des fours pleins. On charge la fonte sans scories. Dès qu'elle commence à rougir, on la remue souvent en frappant dessus pour la briser ; quand elle est en morceaux de la grosseur d'une noix et près de fondre, on baisse le registre, puis on jette de l'eau sur les parties qui menacent d'entrer en fusion. Au lieu d'eau seulement, on se sert quelquefois d'eau avec de la limaille, ou de la tournure de fonte ou de fer ; on poursuit cette manœuvre, en continuant à briser la fonte et à la retourner à droite et à gauche, jusqu'à ce que la fonte soit à l'état pulvérulent ; on ouvre alors un peu le registre et on ramène le feu ; on remue la fonte, qui ne doit jamais devenir liquide, et on continue ainsi jusqu'à ce que le fer ait pris nature, en augmentant le feu de plus en plus jusqu'à la fin. On em-

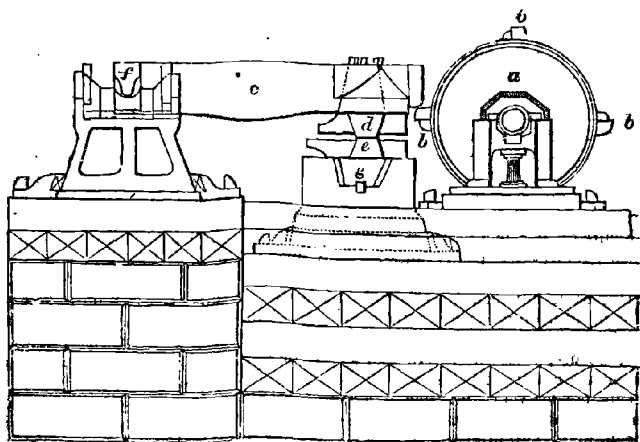
ploie environ 400 litres d'eau par fournée ; on ne peut faire que huit fournées en fonte grise et dix en fonte blanche par vingt-quatre heures ; le déchet sur la fonte est de 14 à 15 p. 100. L'eau que l'on ajoute favorise l'élimination du soufre, et par conséquent le fer devient meilleur à chaud que dans l'affinage par bouillonnement, mais il convient moins bien pour les objets qui, comme les rails, doivent présenter une grande résistance à froid.

On modifie maintenant souvent la méthode précédente, en donnant un bon coup de feu après le chargement de la fonte, pour la mettre en fusion ; lorsqu'elle est à peu près liquéfiée, on baisse le registre et on jette peu à peu sur la sole une grande quantité d'eau, jusqu'à ce que la fonte soit arrivée à l'état pulvérulent. On lève alors peu à peu le registre et on augmente graduellement la chaleur jusqu'à ce que le fer ait pris nature. Après quoi on forme les balles. On emploie environ 20 litres d'eau par fournée. Les résultats sont les mêmes que par la première méthode à l'eau, seulement le déchet est moindre et ne s'élève que de 10 à 13 p. 100.

Puddledage sur sole en sable. On ne peut puddler sur sable qu'avec des fours pleins, et d'après l'ancienne méthode à eau, la nécessité de conserver la sole exige que la fonte reste à l'état pulvérulent, et n'entre pas en fusion ; on ne peut du reste traiter par ce procédé que de bonnes fontes blanches au charbon de bois ou du fine-métal. On ne passe que neuf charges par 24 heures, le travail est beaucoup plus difficile et le déchet est de 15 à 25 p. 100.

Corroyage du fer puddlé. On cingle les balles, soit sous un marteau, soit sous un *squeezer*, puis on les passe immédiatement entre les cylindres ébaucheurs d'un laminier.

La fig. 866 donne l'élevation du marteau frontal le plus généralement employé, et des fondations sur lesquelles il repose ; tout le marteau est en fonte ; *a* est la bague à cames montée sur l'arbre moteur et portant quatre cames *b, b*, qui viennent soulever le marteau *c*, par l'une de ses extrémités dite *front* ; *f*, sont les tourillons autour desquels tourne le marteau ; *d*, est la panne du marteau et *e* la table de l'enclume encastrée dans la chabotte *g*. La panne du marteau est formée de 3 parties : la première sert à cingler les loupes, la seconde à rassembler et à parer le fer, et la troisième est



866.

particulièrement destinée à l'étrépage ; on leur donne une pente légèrement oblique remontant du côté de l'ouvrier afin de faciliter l'écoulement des scories du

côté, opposé. La table de l'enclume est formée de parties exactement semblables à celles du marteau et placées symétriquement. Le poids de la tête du marteau varie de 2000 à 6000^k, sa levée de 0^m,40 à 0^m,60 et le nombre de coups par minute est de 30 à 400. Afin que le marteau ne retombe pas à faux sur l'enclume lorsque le cinglage est terminé, ce qui les briserait presque à coup sûr, on saisit le moment où la tête parvient à sa plus grande hauteur, et on place debout, sous l'un des bords antérieurs du marteau, une barre de fer qui porte le nom de *valet* ou *bonhomme*; pour remettre le marteau en activité, il suffit de présenter sous son front une tige de fer : au passage d'une came il est un peu soulevé; on enlève alors le valet et le marteau retombe.

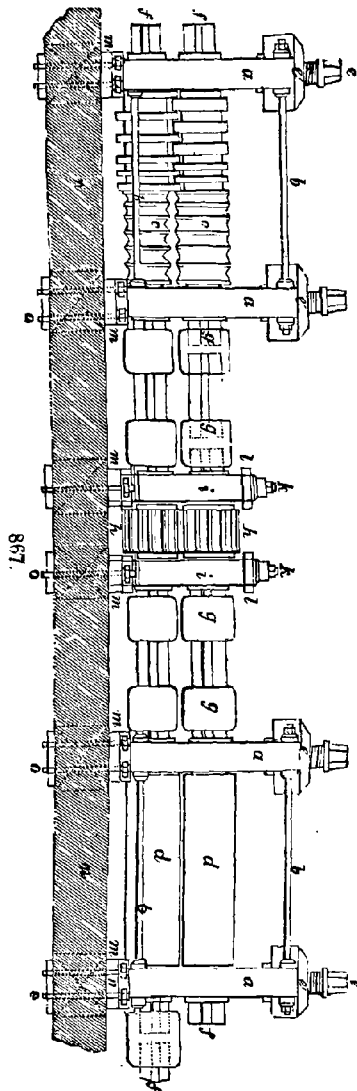
Au lieu d'employer le marteau frontal pour cingler les loupes, on se sert souvent du *squeezer*, aussi connu sous le nom de *presse* et *machine à maquer*; il dépense moins de force, coûte peu, n'exige guère de réparations dispendieuses, et se meut sans bruit, sans choc et sans danger pour ceux qui le desservent. Le *squeezer* a la même forme que les *CISAILLES* droites, seulement les mâchoires du *squeezer*, au lieu d'être formées de lames à angles vifs et se rencontrant par leurs bords, comme dans la cisaille, sont, au contraire, larges et se rapprochent de manière à comprimer les corps interposés, sans les couper. Une seule des mâchoires est mobile et elle offre sur le dessous un évidement dans lequel se fixe, au moyen de boulons à tête perdue, une plaque de fonte munie dans le sens transversal de cannelures destinées à mordre sur la loupe pour l'empêcher de glisser.

Un *train de laminoir* se compose ordinairement de deux équipages ou jeux de cylindres et des appareils nécessaires pour les mettre en mouvement. Dans chaque équipage, il y a au moins deux cylindres superposés, présentant des rainures ou *cannelures* rondes, carrées, plates ou profilées, selon la forme que l'on veut donner au fer; ces cylindres ont leurs axes dans un même plan vertical et tournent en sens contraire. Les cylindres *c*, *c*, de chaque équipage (fig. 867), sont soutenus par deux cages *a*, *a*, en fonte, renfermant des coussinets en bronze dans lesquels se meuvent les tourillons. Chaque cage est munie d'une vis de pression en fer *e*, à filets carrés, mobile dans un écrou de bronze et servant à maintenir les cylindres l'un sur l'autre lorsque leur position a été convenablement réglée. Les cages de chaque jeu de cylindre sont reliées entre elles par de forts boulons à clavettes *b*; elles sont calées très solidement sur de grandes plaques de fonte *m*, fixées elles-mêmes, par des boulons *o*, sur une charpente de fondation *n*.

Dans un même train, les cylindres des équipages respectifs communiquent entre eux par des allonges en fonte, sous forme de tréfiles comme les extrémités *f* des cylindres, sur lesquelles glissent des manchons présentant un creux de même forme et dont l'épaisseur est réglée, de manière à ce qu'en cas de surcharge extraordinaire de la machine par l'effet des résistances à l'étrépage, ils cassent avant tout autre pièce; on maintient l'écartement de deux manchons voisins, au moyen de tringles en bois couchées dans les cannelures de l'allonge, et liées avec une simple corde.

En tête de chaque équipage de cylindres se trouve un jeu de pignons *h*, *h*, montés dans des cages *i*, *i*, de la même manière que les cylindres, et qui y sont maintenus par les vis de pression *k*, *k*. Dans les équipages à deux cylindres on communique toujours le mouvement au pignon inférieur. Pour pouvoir arrêter le train à volonté, on termine l'arbre de couche qui le conduit par un manchon fixe à griffes; une allonge à tourillon soutenue par un palier, porte à ses extrémités deux manchons mobiles, l'un à griffes s'embranchant avec le

premier, l'autre qui saisit à la fois l'allonge et le tréfile du pignon conduit par l'arbre de couche. L'embranchement et le débrayement s'opèrent au moyen d'un levier à fourches qui passe dans une gorge pratiquée sur le manchon mobile à griffes.



Pour que le laminoir puisse facilement engager les barres dans les cannelures, on place du côté de l'entrée des cylindres une plaque en tôle forte ou en fonte qu'on nomme *tablier*. A la sortie des cylindres, on met une autre plaque, appelée *plaque de gardes*, ayant pour but de recevoir le fer et de l'empêcher de s'enrouler autour du cylindre inférieur; à cet effet elle est découpée en languettes, qui ont la même forme que les cannelures respectives et s'y engagent sans frottement. Pour les fers plats, on remplace la plaque de garde par des gardes en fer forgé qui s'appuient sur le fond des cannelures.

Dans le laminage ordinaire, un ouvrier reçoit la

barre à sa sortie, à chaque passage, et la repasse par dessus le cylindre supérieur au laminéur, qui l'engage dans la même cannelure ou dans la cannelure suivante. On facilite souvent cette manœuvre au moyen de leviers à crochets suspendus à des chaînes qui sont attachées aux chappes de poulies courantes à gorge triangulaire et roulant sur des barres de fer horizontales placées des deux côtés du train.

Le fer ne peut recevoir en une seule fois la forme et les dimensions voulues; il faut le faire passer successivement dans des cannelures de plus en plus petites. Dans la détermination du décroissement des cannelures, il faut avoir égard à la nature du fer, à la forme et à la dimension des troussees, à la force et à la vitesse des cylindres, etc.

Les cannelures des cylindres à fers ronds ou carrés sont creusées par moitié dans les deux cylindres; pour empêcher dans ce cas tout mouvement latéral des cylindres, on les fait emboîter à leurs extrémités comme ceux pour fers plats. Les cylindres à fers plats se composent de parties saillantes ou *rondelles*, et de *cannelures* qui reçoivent les rondelles; la compression du fer se fait entre les rondelles du cylindre supérieur ou *mâle*, et les cannelures du cylindre inférieur ou *semelle*.

Le diamètre des cylindres ébaucheurs est de 0^m,40 à 0^m,50, et leur vitesse de 30 à 40 tours par minute. Ordinairement on a deux paires de cylindres ébaucheurs, dont l'une, portant des cannelures ogives, sert à dégrossir le métal, et dont l'autre présente des cannelures plates finisseuses. Quelquefois la même paire présente des cannelures ogives et des cannelures plates (voir fig. 867). Voici, en millimètres, la dimension des cannelures d'un train ébaucheur à deux équipages fonctionnant bien :

Dégrossisseur.

Largeurs	190	160	130	110	95	80	70	58
Hauteurs	160	130	110	95	80	70	65	58

Finisseur.

Largeurs	52	54	76	79	81	125	122	118
Hauteurs	32	20	46	30	20	20	30	46

Passons maintenant au cinglage des balles : on retire celles-ci successivement du four à puddler, à l'aide d'un crochet, en commençant par celles qui sont le plus près de l'autel; on les saisit alors, avec une grande tenaille, et on les traîne sur une plaque en fonte jusqu'au marteau; on place d'abord, à l'aide de tenailles, la balle sur la table à cingler; après le premier coup de marteau, le marteleur la retourne, et continuant à la faire battre, en ne la retournant qu'après plusieurs coups, il lui fait prendre la forme d'un prisme à base carrée de 90 à 110^{mm} de côté; il la place ensuite verticalement entre le manche du marteau et la deuxième enclume, afin de la refouler aux deux bouts; dans cet état elle porte le nom de pièce et est passée de suite aux cylindres ébaucheurs. La durée moyenne du cinglage d'une loupe au marteau est de 1 à 1 minute 1/2.

Les balles destinées à la fabrication de la tôle sont d'abord soudées à une barre de fer chauffée par un bout au blanc soudant; cette barre sert ensuite à les manœuvrer; on les but d'abord entre les pannes à cingler, puis on les aplatit entre les pannes à parer; en cet état, elles portent le nom de *brammes*, que l'on refoule par bout comme ci-dessus; on sépare alors la barre de fer avec le hacheron, et on laisse refroidir.

La manœuvre du squeezer est analogue à celle du marteau.

En donnant la description du laminéur nous avons indiqué la manière dont s'effectuait cette opération. Lorsque les barres sont achevées, on les dresse, les traîne sur une plaque de fonte dite *banc à dresser*, où les redressent à l'aide de maillets en bois, pendant qu'elles sont encore rouges. On les pèse ordinairement aussitôt qu'elles sont refroidies, les ouvriers étant généralement payés à prix fait par 1000^k de fer ébauché obtenu.

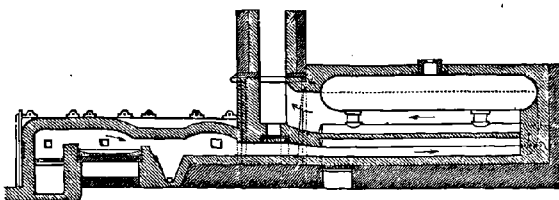
Le fer ainsi obtenu doit encore être soumis à un ou plusieurs corroyages avant d'être amenés à l'état de fer marchand susceptible d'être livré au commerce. A cet effet, on le coupe aux cisailles en bouts de barres dont on forme des *troussees* ou *paquets*, qui sont réchauffés et étirés de nouveau au laminéur.

Les fours à réchauffer ont beaucoup de ressemblance avec les fours à puddler, mais comme la température doit y être plus élevée, ils sont toujours pleins. La sole est entièrement formée de sable réfractaire battu sur une grande épaisseur entre quatre murs. Le sable dissout l'oxyde de fer qui se forme à la surface des paquets et forme des scories fluides qui protègent le fer; cela n'aurait pas lieu avec une sole en scories et le fer se brûlerait. Afin de n'avoir pas une flamme trop oxydante on ne charge la grille qu'une fois par heure environ, après chaque renforcement, de manière à former sur les barreaux une couche de combustible de 0^m,15 à 0^m,20.

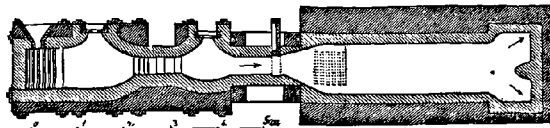
Méthode champenoise.

Dans la méthode champenoise on affine au four à réverbère, sans mazaéage préalable, des fontes au charbon de bois. Les fours à puddler que l'on emploie ont ordinairement une seconde sole placée à la suite de la première, comme l'indique la figure 868, et sur laquelle on échauffe préalablement au rouge vif la fonte avant de l'introduire sur la sole du four à puddler. On utilise souvent la chaudière que conservent les gaz après avoir passé sur la seconde sole pour chauffer une chaudière à vapeur. La fig. 868 représente l'installation d'une chaudière à chauffer à flamme perdue, montée aux forges de Sionne (Vosges) par M. Grouvelle. Un four à puddler produit ainsi une force de 45 chevaux et un four à réchauffer une force de 20 chevaux. Le travail des fours, ou une suspension dans celui de la chaudière, exigeant que l'on puisse au besoin jeter directement la flamme du four dans la cheminée, sans la faire passer d'abord sous la chaudière, on établit au bas de la cheminée deux registres, dont l'un horizontal ferme le passage du four à la cheminée quand on envoie la flamme sous les bouilleurs, et dont l'autre vertical intercepte

868.



869.



cette dernière communication, quand on veut envoyer directement la flamme dans la cheminée. Il convient également de placer sous les bouilleurs un foyer additionnel pour pouvoir chauffer à feu nu et se servir en-

FER.

core de la machine à vapeur quand le four à réverbère ne marche pas; il suffit de fermer convenablement ce foyer quand on ne s'en sert pas. Ce qui caractérise cette méthode c'est que le fer est cinglé au marteau, puis réchauffé dans un foyer de chaufferie, tout à fait semblable aux feux d'affinerie à l'allemande et alimenté à la houille, et enfin étiré au marteau. On consomme de 50 à 60^e de houille par 100^e de fer ébauché, et autant pour le réchauffage. Au lieu d'employer de la houille comme combustible, on se sert dans quelques parties de l'Allemagne de bois vert seul ou mélangé de bois desséché, dans les fours à puddler, et de bois fortement desséché, dans les fours à réchauffer. La dessiccation des bois s'opère généralement au moyen des flammes perdues.

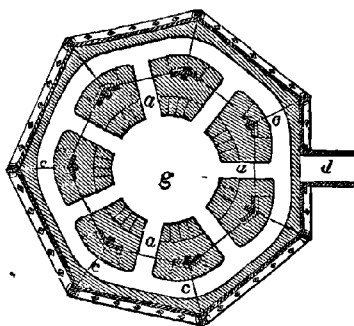
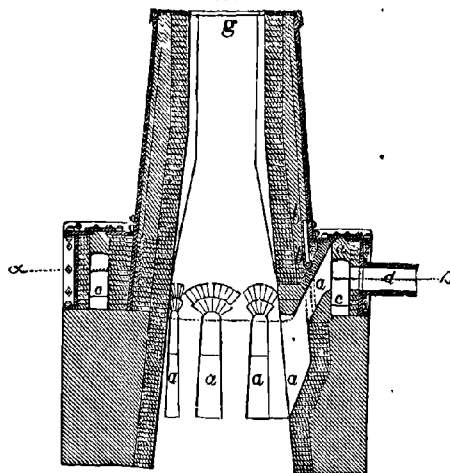
Emploi des fours à gaz.

On peut au lieu de combustibles solides employer, pour l'alimentation des fours à réverbère qui servent au mazaéage et au puddlage de la fonte ainsi qu'au réchauffage du fer, des combustibles gazeux provenant d'une prise de gaz dans la cuve d'un haut-fourneau, ou préparés directement à cet effet dans des générateurs particuliers (voir l'art. COMBUSTIBLES).

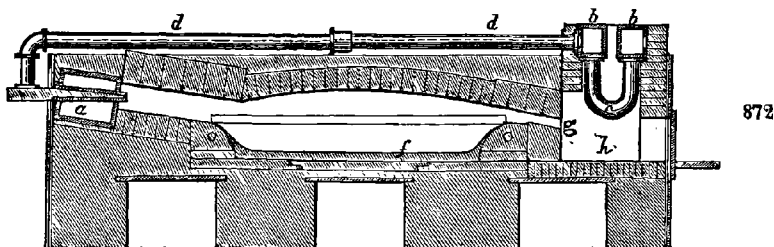
Les fig. 870 et 874 donnent en plan et en coupe la disposition la plus généralement adoptée pour faire une prise de gaz sur la cuve d'un haut-fourneau au charbon de bois: *a, a*, sont 7 ouvertures équidistantes pratiquées sur le tour de la cuve *b*, 3 à 4^m au-dessous du gueulard *g*, qui conduisent le gaz dans un espace annulaire *cc*, sur lequel vient s'adapter un tuyau en fonte *dd*, par lequel le gaz se rend aux fours à réverbère. Ces fours n'ont qu'une cheminée de 1 à 2^m, par laquelle cependant il ne sort ni flamme ni fumée. On prend souvent les gaz, comme nous l'avons indiqué, au moyen d'une trémie. Les fig. 872 et 873 donnent le plan et la coupe d'un four à puddler au gaz établi dans une usine d'Allemagne: *a*, est le conduit par lequel les gaz arrivent en arrière de l'autel du four, et sont ensuite brûlés sur cet autel par un courant d'air qui, venant de l'appareil à chauffer l'air du haut-fourneau où il a acquis une température de 150 à 200°, est chauffé de nouveau jusqu'à 350 ou 400° dans un appareil, placé dans la cheminée du four à gaz, qui se compose de 2 tuyaux carrés *b, b*, réunis par un certain nombre de tuyaux courbes *c, c*, d'où il se rend par le tuyau *d*, dans une boîte demi-cylindrique avant de pénétrer dans le four par les 7 tuyères *e, e, e*. Comme il n'y a presque pas de tirage par la cheminée, la flamme tend à s'échapper en partie par la porte de travail *i*, ce qui incommoderait les ouvriers, si on ne prenait soin de la refouler dans le four au moyen d'un jet d'air froid, rasant le devant de cette porte, et arrivant par un tuyau *k*, muni d'un robinet que l'on ouvre pendant le travail. *g*, est le rampant qui diffère de celui des fours à puddler

FER.

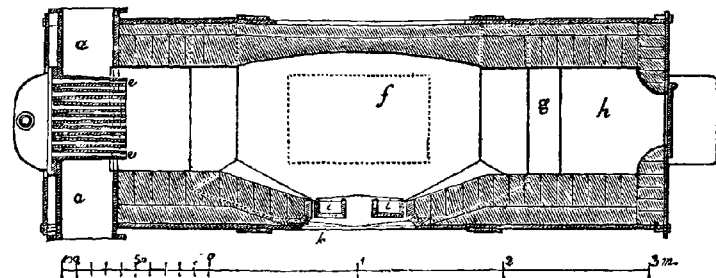
874.



870.



872.



873.

ordinaires en ce qu'il est beaucoup moins élevé et occupe presque toute la largeur de la sole. Le bas de la cheminée *h*, forme une seconde sole sur laquelle on porte préalablement la fonte au rouge avant de la charger sur la sole du four à puddler. Les conduites de gaz et d'air chaud sont munies de registres qui servent à en régler l'affluence; on juge facilement d'après l'aspect de la flamme qui s'échappe par la porte de travail, s'il y a excès d'air ou de gaz dans le four; une flamme bleuâtre indique la présence d'un excès de gaz non brûlé, tandis qu'une flamme courte et jaunâtre indique un excès d'air. Nous avons vu qu'on peut également alimenter les fours à puddler et à réchauffer, au moyen des gaz combustibles qui s'échappent des foyers d'affinerie.

Les fours à réverbère alimentés avec les gaz des hauts-fourneaux sont refroidis par tous les dérangements qui surviennent dans l'allure de ceux-ci, et contribuent même, lorsque les fourneaux roulent au charbon de bois et ont une faible production journalière, à leur donner une marche irrégulière; cet accident n'est pas à craindre avec les fourneaux au coke dont les gaz sont en plus grande abondance et qui ont d'ailleurs sous le même volume un pouvoir calorifique plus considérable.

Le roulement des fours à gaz est beaucoup plus régulier, lorsqu'on produit les gaz combustibles dans un générateur particulier (voyez COMBUSTIBLES); ils sont alors plus riches en matières combustibles que ceux qui proviennent des hauts-fourneaux; la combustion s'effectuant d'une manière plus complète, il y a économie sur le charbon employé, le chauffage est très facile à régler, et l'on peut employer des combustibles très impurs et terreux qui sans cela n'auraient aucun emploi. On peut d'ailleurs purifier ces gaz, de la même manière que le gaz d'éclairage, avant de les faire arriver dans le four.

Le fer que l'on obtient est de meilleure qualité que dans l'affinage à la houille, et le déchet beaucoup plus faible; il n'est ordinairement que de 2 à 3 p. 100.

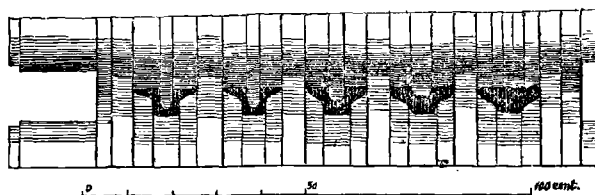
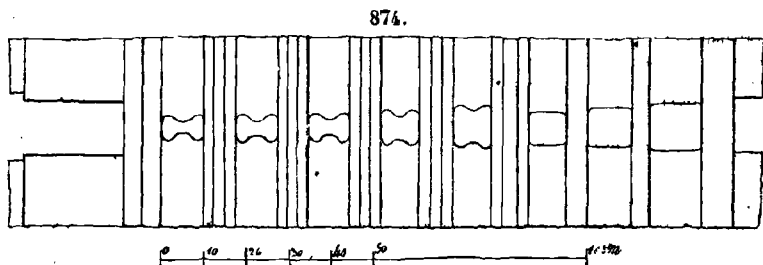
Fabrication des rails.

Le fer des rails doit être fort, dur, et très résistant à froid. On forme les paquets pour rails en comptant sur un déchet de 40 p. 100 au four et à l'étrépage, et sur une perte de 12,5 p. 100 à la scie, pour les bouts coupés; ils ont 0^m,15 sur 0^m,18 de section. Ces paquets se font avec du fer ébauché et du fer une fois corroyé, que l'on associe de manière à ce que l'ébauché forme le centre et le corroyé les couvertures supérieures et inférieures du rail. Ces paquets sont chauffés au blanc soudant dans des fours à réchauffer ordinaires, puis soudés et étréés en une seule chaude au laminoir. Il faut pour chaque train à rails six fours à réchauffer dont cinq sont constamment en activité. La durée d'une chaude est de 4 heures 1/2 à 4 heures 3/4.

Le train à rails se compose de trois équipages de cylindres, dont le premier, à partir de la machine motrice, sert à former les barres de corroyé qui entrent dans la composition des paquets; le second est employé à dé-

grossir les paquets tant pour rails que pour corroyés, et le troisième à finir les rails. Comme on corroie quand on ne fait pas de rails et réciproquement; il n'y a jamais plus de deux équipages de cylindres qui fonctionnent simultanément.

Les cylindres à rails ont 0^m, 40 à 0^m, 50 de diamètre



875.

et font de 60 à 80 tours par minute. La fig. 874 donne le tracé des cannelures successives d'une paire de cylindres pour la fabrication des rails ordinaires usités en France; la fig. 875 donne celui des cannelures pour la fabrication des rails à pont habituellement employés en Amérique.

Les rails manqués sont découpés à la cisaille, tandis qu'ils sont encore chauds, et rentrent dans la fabrication comme fer ébauché; les autres rails sont affranchis avec soin de leurs extrémités, soit à la tranche, soit à la scie, suivant que les sections doivent être biaisées ou droites. On emploie le plus souvent les scies. Celles-ci sont circulaires, de 4^m, 25 de diamètre, et en fer fort aciéreuse à grains. Il y en a deux, parallèles et fixées aux extrémités d'un arbre en fonte qui reçoit un mouvement de rotation autour de son axe à l'aide d'une courroie sans fin; leur distance est égale à la longueur que doit avoir le rail. La courroie sans fin est tendue sur un tambour placé à côté de l'engrenage du train à rails et sur une poulie montée sur l'arbre des scies. Pour que celles-ci ne s'échauffent pas, elles sont constamment rafraîchies par un filet d'eau, et elles tournent dans des augets où l'eau d'arrosage vient se rassembler; on empêche l'eau d'être projetée sur les rails en couvrant chaque scie d'un chapeau en tôle, qui ne laisse de libre que l'endroit où la scie doit entamer les rails. Les scies tournent sur elles-mêmes sans bouger de place, et coupent à la fois les deux extrémités du rail qu'on leur présente encore rouge, et immédiatement après sa sortie des cylindres. En avant des scies se trouve un banc en fonte pour dresser les rails et un banc mobile également en fonte sur lequel on place le rail à terminer. Les scieurs, armés de tenailles, traînent le rail qui vient d'être terminé sur le banc à dresser, le soulèvent par les deux extrémités et le rabattent avec force, sans le lâcher, contre la plaque, pour faire disparaître les grandes courbures qu'il présente; puis, après l'avoir assujéti sur le banc mobile qui présente une saillie ou un creux pour le recevoir, ils achèvent de le

redresser en le battant avec des maillets en bois. L'un des scieurs fait alors avancer graduellement le banc mobile qui porte le rail, de manière à donner prise aux scies; pendant que l'on coupe les bouts, ils sont tenus avec des tenailles par deux ouvriers. Il faut que le rail s'avance bien parallèlement à lui-même; à cet effet, on relie ordinairement le banc mobile à un axe parallèle à l'arbre des scies et de même diamètre, que l'on fait mouvoir au moyen d'un levier, de telle sorte que le rail décrit une partie de surface cylindrique; cet axe est ordinairement souterrain et placé de manière à se trouver dans un plan vertical avec le rail, lors de l'état de repos contre le banc à dresser.

Le rail scié et encore chaud, on achève de le dresser sur toutes ses faces, puis on le pare, opération qui consiste à limer ses extrémités et à enlever les bavures qu'il présente. On le place ensuite sur deux sommiers en fer peu élevés et on le bat à coups de maillets pour qu'il se courbe au milieu jusqu'à terre. La différence de contraction que les rails éprouvent sur leurs deux faces, parce qu'il se trouve plus de matière sur une face que sur l'autre, les force à se redresser naturellement par le refroidissement. Sans cette précaution, ils présenteraient une courbure en sens inverse.

On dresse enfin les rails à froid, soit au marteau, soit à l'aide d'un balancier à vis verticale en tout semblable aux presses à timbrer ordinaires, mais beaucoup plus grand, ce qui est beaucoup plus économique.

On ajuste ensuite les rails en les plaçant un à un sur un banc en bois, en examinant si les bouts sont bien d'équerre, si les rails ont les dimensions voulues, s'ils sont bien droits et dépourvus de bavures, etc., et réparant ces défauts à l'aide de limes, de ciseaux et de marteaux à main; lorsqu'on ne peut y arriver ainsi, on chauffe au rouge les parties défectueuses du rail, dans un foyer sans cheminée, semblable du reste à une forge maréchale, et on les bat au marteau.

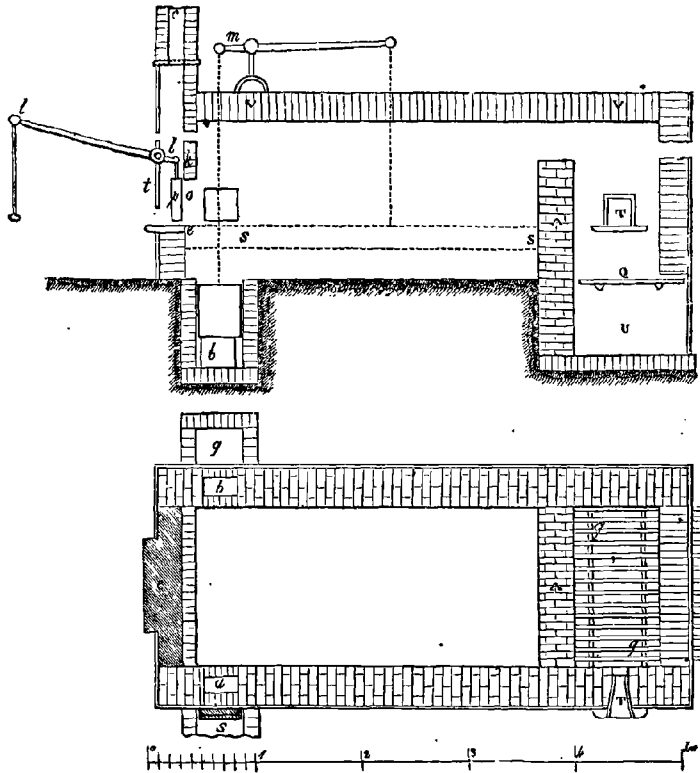
Les rails fins sont pesés; on n'en pèse ordinairement qu'un petit nombre, et, d'après leur poids, on calcule celui des autres de même forme et de mêmes dimensions. Les ouvriers sont payés à prix fait par 4,000^k de rails reçus.

Avant de recevoir les rails, on les éprouve en en prenant quelques-uns au hasard et les soumettant au choc d'un mouton; il faut qu'ils résistent à un nombre de coups déterminé, la distance des supports sur lesquels on les pose étant également déterminée. Après cette épreuve, on casse un rail et on examine la cassure; dans les rails les plus soignés et les plus résistants, le fer est grenu à la surface de roulage et très nerveux au centre

FABRICATION DE LA TOLE.

On distingue trois espèces de tôles : les tôles fortes pour chaudières à vapeur, etc., qui ont 6^{mm} et plus

877.



876.

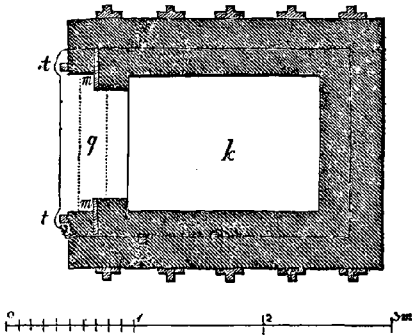
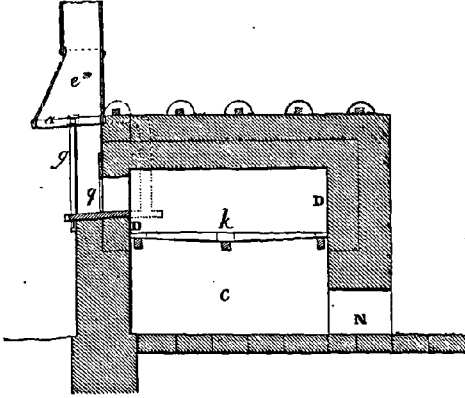
d'épaisseur; les tôles fines, qui ont 4^{mm} 1/2 et moins d'épaisseur; et les tôles moyennes, dont l'épaisseur est comprise entre les deux limites précitées.

On emploie, pour le réchauffage des paquets et des tôles, des fours à réverbère d'une forme particulière ou des fours dormants. Les fig. 876 et 877 donnent le plan et la coupe d'un four à réverbère pour tôles : Q, grille du four; U, cendrier; T, tisdard; A, autel; la sole rectangulaire SS, qui s'élève jusqu'à la hauteur de la porte p, se compose de deux assises; l'une de 0^m,40 d'épaisseur est en débris de briques réfractaires; l'autre, placée au-dessous, est formée de coke et a 0^m,15 d'épaisseur. On charge le fer immédiatement sur le coke, en l'introduisant par la porte p, que l'on manœuvre à l'aide d'un levier qui la tient en équilibre dans toutes les positions; la flamme se rend par les carneaux a, b, dans le rampant g, qui la conduit à une cheminée commune; une hotte c est placée au-devant de la porte p, et sert à entraîner la flamme et les étincelles qui peuvent s'échapper par celle-ci lorsqu'on l'ouvre.

Au lieu de fours à réverbère, on emploie quelquefois des fours dits *fours dormants*; qui ont beaucoup de ressemblance avec les fours des boulangers, excepté que la sole y est remplacée par une grille; celle-ci est très spacieuse et recouverte d'une voûte très basse. La cheminée, placée en dehors du four et au-dessus de la porte de travail, permet d'évacuer la flamme et la fumée sans produire de tirage; ils n'ont qu'une porte qui sert non seulement à l'introduction du combustible

dans la chauffe, mais encore à l'enfournement et au défournement du fer : celui-ci se place sur la houille dont la grille est chargée.

878.



879.

Les fig. 878 et 879 donnent le plan et la coupe d'un four dormant : *k*, grille ; *c*, cendrier ; *D*, intérieur du four ; *e*, hotte en tôle pour évacuer la fumée ; *α*, châssis en fer qui supporte la hotte ; *g*, tiges qui supportent la hotte ; *g*, seuil de la porte ; *m*, plaques en fonte servant d'armatures à la porte ; *N*, ouverture pour le nettoyage du cendrier.

À Audincourt en France, et dans plusieurs autres usines, on réchauffe les paquets destinés à la fabrication des tôles fortes dans un four à gaz alimenté par un générateur particulier (fig. 880 et 881) : le générateur à gaz *A*, déjà décrit à l'article COMBUSTIBLES, a la forme d'un petit haut-fourneau à cuve très large, et reçoit l'air par deux tuyères *t*, *t* ; on charge le combustible, ordinairement de la braise menue, par l'ouverture *B*, qui est fermée pendant l'intervalle de deux charges par une plaque en fonte *F*. Les gaz arrivent dans le four à réverbère par le conduit *C* ; l'air qui doit les brûler est projeté par la caisse à vent *F*, en briques réfractaires percées sur le devant de deux rangées de trous, au moyen desquels la combustion des gaz s'achève dans l'espace peu étendu placé immédiatement avant la sole *M* du four ; l'air comburant est préalablement échauffé, avant d'arriver à la caisse *F*, par son passage à travers les tuyaux *D* placés dans la cheminée *H*, et chauffés à flammes perdues. A la suite de la sole *M*, il y en a une seconde *N*, sur laquelle on place les largets de fer à souder, tandis que le soudage de la

trousse précédente a lieu sur la première. *P* et *Q* sont les portes des deux soles. On porte au rouge blanc les largets fabriqués dans des feux coitois, en les passant successivement, d'abord sur la sole *N*, puis sur la sole *M* ; puis on les soude en deux chaudes sous un gros marteau du poids de 4000 à 4,200 kilogrammes ; enfin, on réchauffe les largets soudés dans le même four, à la fin de chaque semaine, et on les passe au laminoir. On soude ainsi des pièces dont le poids varie de 450 à 600 kilogrammes et même plus.

Enfin, dans les forges à l'allemande, on réchauffe souvent la tôle au moyen des flammes perdues du feu d'affinerie.

Dans un train à tôle, il y a ordinairement deux équipages de cylindres servant, l'un pour dégrossir, l'autre pour finir les feuilles. Ces cylindres *d, d* (voir fig. 867), sont coulés en coquille, afin de durcir leur surface, puis terminés sur le tour ; leur diamètre varie de 0^m,40 à 0^m,50, et leur longueur doit excéder de 0^m,40 à 0^m,45 la largeur de la tôle à fabriquer ; ils font de 25 à 40 tours par minute, suivant la nature des tôles ; indépendamment des deux équipages ci-dessus, le laminoir à tôle comprend un équipage à corroyer, ordinairement réuni sur le même train, comme l'indique la fig. 867. Le laminoir à tôle diffère essentiellement des laminoirs à cylindres cannelés, par ce fait que, dans ces derniers, le fer est réduit graduellement à l'épaisseur voulue, en passant par les diverses cannelures, tandis que, dans les laminoirs à tôle, le cylindre supérieur doit, au contraire, s'écarter plus ou moins du cylindre inférieur, suivant l'épaisseur du métal qu'on lamine, et l'on est obligé de serrer les vis de pression à chaque passage dans les cylindres. Afin d'empêcher que le cylindre supérieur ne retombe de tout son poids sur le cylindre inférieur, après le passage du fer, ce qui pourrait donner lieu à des ruptures, on se sert de bascules qui font presque équilibre au poids du cylindre supérieur et des pièces qui se meuvent avec lui ; ces bascules s'adaptent aux cages mêmes des laminoirs, et sont logées dans une fosse derrière le train. L'équipage finisseur, dont les cylindres ne doivent pas s'écarter beaucoup l'un de l'autre, n'a pas besoin de bascules. Celles-ci diminuent la pression du cylindre supérieur sur le fer pendant le laminage, et reportent l'effort qui en résulte sur les tourillons des cylindres et le dessus des cages qui traversent les vis ; ce qui oblige à donner à ces pièces des dimensions beaucoup plus considérables. Enfin, les allonges, au moyen desquelles on établit la communication du cylindre supérieur dans l'équipage à bascule avec les pignons du train, doivent être assez grandes, et les manchons d'accouplement doivent offrir assez de jeu, pour que le cylindre supérieur puisse s'élever à divers degrés, suivant l'épaisseur des pièces à laminer.

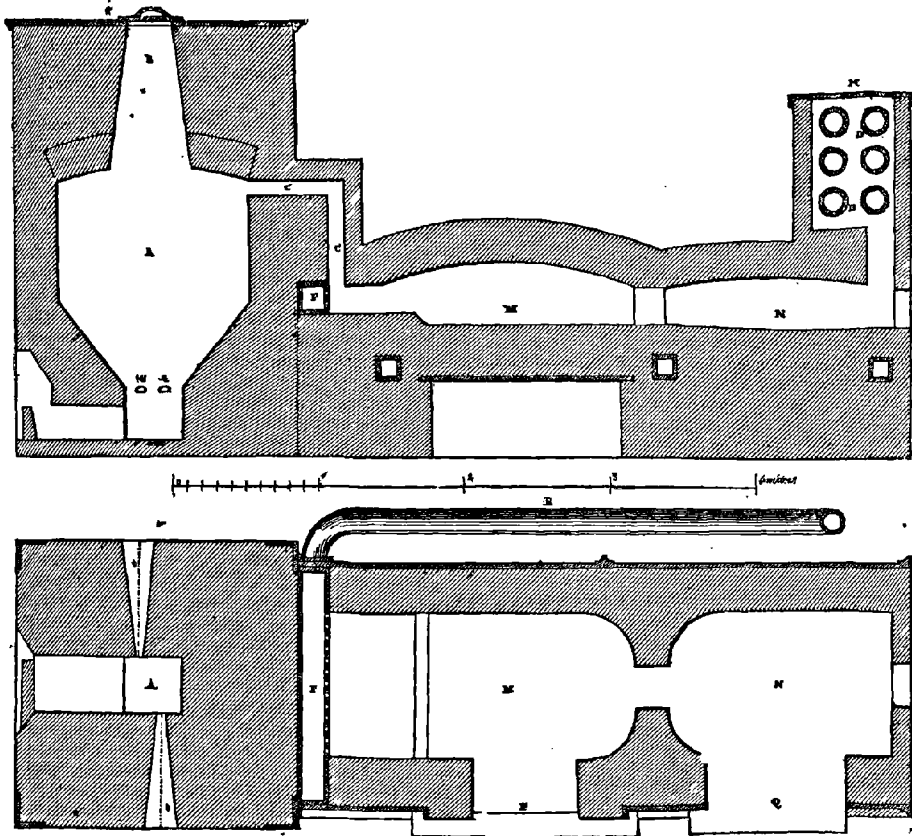
Dans l'équipage finisseur servant à la fabrication des tôles fines ou moyennes, on rend ordinairement le cylindre supérieur indépendant de la machine, afin qu'il reçoive son mouvement du cylindre inférieur par pression, et qu'il ne puisse prendre une vitesse différente de celle qui anime ce dernier ; on lui donne alors 1/2 millimètre de diamètre de plus qu'au cylindre inférieur, afin de prévenir l'enroulement du fer autour de ce cylindre. Les équipages ainsi disposés portent le nom d'équipages à coquille. On emploie ordinairement, pour la fabrication des tôles fortes et moyennes, des fontes au coke, que l'on affine, comme nous l'avons dit plus haut, et que l'on étire au marteau sous la forme de parallépipèdes rectangles ou *dravannes* de 0^m,05 d'épaisseur ; on les porte isolément ou par paquets de deux, suivant leurs dimensions, au blanc soudant, et on les transforme, au moyen de l'équipage à corroyer, en languettes de 0^m,25 de large, 0^m,25 d'épaisseur et et 1^m 1/2 à 3^m de longueur ; on découpe ces languettes

en bidons de 0^m,70 de longueur, que l'on réunit par quatre pour en former des paquets, qui sont réchauffés et étirés de nouveau en languettes.

fois qu'on est sur le point de les engager entre les cylindres unis non à coquille.

Les tôles fines destinées ou non à la fabrication du

880.



884.

Lorsque les feuilles de tôle doivent peser plus de 200^k, on découpe les languettes en bidons, d'une longueur déterminée par le poids de la tôle à fabriquer, que l'on réunit par six ou huit en paquet; on chauffe ce paquet au blanc soudant, dans le four à réchauffer du train ébaucheur, on le soude sous le marteau et on le transforme en bramme; on réchauffe ensuite ces brammes et on les réduit en une seule chaude, au moyen des cylindres unis non en coquilles, en tôle de 40 à 42^{mm}; si la tôle devait être beaucoup plus mince et n'avoir par exemple qu'une épaisseur de 5 à 7^{mm}, on serait obligé de la réchauffer une ou plusieurs fois dans le four à tôle pour pouvoir continuer le laminage.

Pour les tôles dont la feuille pèse moins de 200^k, on coupe les languettes en bidons de longueur convenable, que l'on réunit deux à deux et que l'on porte sur la sole du four à tôle. Lorsque le fer a acquis la température du blanc soudant, on le passe entre les cylindres unis non à coquilles; quelquefois, cependant, on lui fait encore subir auparavant un corroyage intermédiaire: les tôles ainsi obtenues portent le nom de tôles à deux chaudes. Enfin on réduit les feuilles à l'épaisseur voulue au moyen de réchauffages et de passages successifs au laminoir. Dès que les tôles en se refroidissant sont arrivées à la chaleur rouge, on les dépouille de la couche d'oxyde qui les recouvre au moyen d'un balai, chaque

fer-blanc se fabriquent ordinairement avec des fers de première qualité obtenus dans les forges à l'allemande. Ces fers arrivent de la forge sous la forme de *largets* ou de barres méplates de 0^m,20 à 0^m,25 de large, 0^m,25 d'épaisseur et de 0^m,70 à 4^m,00 de longueur. Ordinairement chaque larget donne une feuille de tôle, à moins qu'on ne veuille obtenir des feuilles pesant environ 20^k, auquel cas on emploie deux largets pour une feuille. On chauffe les largets au blanc soudant dans le four à tôle ou dans un four à flammes perdues, puis on les passe dans le deuxième équipage à cylindres du train, en les présentant en travers entre les cylindres, de manière à ce que la longueur des largets forme la largeur des feuilles, et en serrant les vis de pression après chaque passage pour rapprocher les cylindres et amincir de plus en plus les feuilles. On continue ce travail jusqu'à ce que la tôle ait de 0^m,40 à 0^m,42 d'épaisseur, puis on les amène jusqu'à 3 ou 4^{mm} aux cylindres à coquille. On réunit alors successivement les feuilles en paquets de 2, 4, 6, 8, 10, 12 et tout au plus 16 feuilles, que l'on lamine, aux cylindres à coquille, comme des feuilles isolées, jusqu'à ce que la tôle soit assez fine. Lorsque la tôle ne doit pas avoir plus de 4^m,50 de long sur 4^m,00 de large, la réduction à 4^{mm}1/2 d'épaisseur s'opère en une seule chaude; mais lorsqu'on veut obtenir des tôles plus grandes ou plus minces, on est obligé

de réchauffer plusieurs fois dans le four à tôle, parce que les feuilles, en vertu de leur faible épaisseur, se refroidissent promptement. On les porte au rouge peu intense et on les lamine jusqu'à ce qu'elles aient perdu la température lumineuse.

Dans le laminage à une température peu élevée, le fer s'écroute, devient cassant et perd de sa malléabilité. L'écroutissage est d'autant plus fort que les feuilles se sont plus refroidies entre les cylindres, et, en cet état, la tôle ne pourrait souvent se ployer à angle vif sans casser. Pour rendre au fer sa douceur, on place les feuilles par paquets dans le four à tôle et on les y fait rougir. On les laisse ensuite refroidir lentement et lorsqu'elles ne sont pas bien planes, on profite du moment où elles sont encore rouges pour les dresser avec un maillet de bois sur les dalles en fonte du laminoir. La tôle forte s'écroute beaucoup moins que la tôle mince, et se recuit ordinairement d'elle-même par la seule chaleur qu'elle conserve après le laminage.

Dès que les feuilles sont refroidies, on leur donne à la cisaille les dimensions voulues.

Les bonnes tôles ont une épaisseur uniforme et une surface parfaitement unie. La tôle fine doit pouvoir être pliée un grand nombre de fois en sens opposé avant qu'elle ne casse.

Pour les tôles fortes et moyennes le déchet est de 30 p. 400 environ, et la consommation en houille de 450^k par 100^k de tôle ébarbée; pour les tôles fines obtenues avec des fers au charbon de bois, le déchet est de 6 à 10 p. 400 et on consomme 50^k de houille par 100^k de tôle ébarbée. L'ébarbage des tôles donne de 45 à 20 p. 400 de rognures.

Fabrication du fer marchand et du petit fer.

Dans les feux d'affinerie on amène immédiatement la loupe à l'état de fer marchand; dans les forges anglaises et champenoises, la fabrication du fer marchand exige un réchauffage et un corroyage du fer ébauché. Les fers marchands ont de 40 à 70^{mm} de côté ou de diamètre lorsqu'ils sont carrés ou ronds, et de 40 à 40^{mm} d'épaisseur sur une largeur de 50 à 450^{mm} lorsqu'ils sont plats; au-dessous de ces dimensions ils rentrent dans la catégorie des petits fers. Ces dernières se divisent en deux catégories, selon qu'ils ont été étirés au laminoir. Voici le nom et les dimensions des principales espèces de petits fers :

Fers martinés.

Carillon, fer carré, de 6^{mm} au minimum.

Bandelette, fer plat, de 3^{mm} sur 9^{mm} au maximum.

Verge ronde, fer rond, de 7^{mm} au maximum.

Verge crenelée, de 8^{mm} au maximum.

Fers laminés.

Fer de cercles, fer feuillard, de 4 à 4^{mm} sur 30 à 80^{mm} au maximum.

Rubans, fer plat, de 1/2 à 4^{mm} sur 10 à 30^{mm} au maximum.

Carillon, fer carré, de 4^{mm} à 30^{mm} au maximum.

Bandelette, fer plat, de 2 à 6^{mm} sur 10 à 40^{mm} au maximum.

Verge ronde, n° 23, de 6^{mm} au maximum.

Les petits fers martinés s'étirent sous des martinets ou makas du poids de 50 à 400^k, et battant de 200 à 300 coups par minute. Le réchauffage du fer se fait, soit au moyen des flammes perdues des feux d'affinerie, soit dans une sorte de forge maréchale; il en est de même du petit fer étiré au laminoir dans les forges allemandes.

Le réchauffage des massiaux ou des troussees destinées à la fabrication du petit fer et du fer marchand au laminoir, se fait dans les forges anglaises, dans les fours à réverbère ou les fours dormants, que nous avons décrits fig. 876 à 879 en parlant de la fabrication de la tôle.

Le train de cylindres marchands se compose ordinairement de deux équipages de cylindres. de 0^m,35 à 0^m,40 de diamètre et de 0^m,90 à 1^m,00 de table, qui font de 65 à 400 tours par minute. Nous ne reviendrons pas ici sur le tracé des cannelures; nous dirons seulement que pour les cannelures rondes ou carrées, le décroissement des diamètres ou des côtés marche ordinairement par 4^{mm}, depuis 84^{mm}, et au-dessus, jusqu'à 54^{mm}; par 2^{mm}, depuis 54^{mm} jusqu'à 30^{mm}; et par 1^{mm}, depuis 30^{mm} jusqu'à 20^{mm}, et au-dessous. Pour la fabrication des fers plats, on fait varier la hauteur des cannelures, soit en leur donnant une largeur constante pour le même échantillon, soit en augmentant légèrement cette largeur depuis la première cannelure jusqu'à la dernière. Dans le premier cas, on donne un peu d'entrée aux cannelures du cylindre femelle; c'est-à-dire qu'on les évase un peu, afin que le fer puisse s'en dégager plus facilement; cet évasement n'est pas nécessaire dans le second cas. Lorsqu'on fait varier la largeur des cannelures, l'accroissement successif est au plus égal aux 0,09 de l'épaisseur qu'a le fer avant d'y être engagé; on y passe du fer carré de dimensions moindres que la largeur du fer qu'on veut obtenir, l'étrépage marche un peu plus vite, et l'on peut diminuer le nombre des cannelures nécessaires pour arriver à un échantillon donné. Lorsque la largeur des cannelures est constante, le fer plat se fabrique avec du fer carré, dont le côté est égal à la largeur du fer à obtenir.

Dans les équipages à gros fer plat, les cannelures emboîtent les rondelles d'environ 20^{mm}, et le plus grand diamètre du cylindre supérieur dépasse celui du cylindre inférieur d'environ 50^{mm}, c'est-à-dire du double de la hauteur de l'emboîtement; tous les cylindres à fer plat présentent des dispositions analogues. Ce moyen permet d'obtenir des fers de différentes épaisseurs, avec les mêmes cannelures, en réglant convenablement la hauteur du cylindre mâle.

Les collets qui séparent les cannelures et les rondelles, ont une épaisseur égale ou seulement des 2/3 de celle des cannelures; elle est d'autant plus grande que celles-ci sont plus profondes. Le décroissement des cannelures est, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus faible que le fer est plus écroui et a acquis de plus faibles dimensions.

Le train pour petit fer est composé de deux équipages au moins de cylindres; ceux-ci ont de 0^m,42 à 0^m,25 de diamètre, et font de 150 à 200 tours par minute; leur vitesse de rotation est d'autant plus grande que leur diamètre est moindre.

La nécessité d'accélérer le travail, afin de pouvoir étirer le fer en une seule chaude, a fait adopter pour les laminoirs à petit fer des jeux à trois cylindres. Dans ces laminoirs, le lamineur, après avoir reçu la barre, l'engage entre les deux cylindres supérieurs; le rattrapeur, placé derrière le train, la reçoit, et l'engage à son tour entre les deux cylindres inférieurs, au lieu de la rendre au lamineur, en la passant par dessus le cylindre supérieur, comme dans le laminage à deux cylindres. Cette disposition, fort avantageuse aussi longtemps que les barres n'ont encore que de faibles dimensions, est au contraire embarrassante et dangereuse pour les ouvriers, du moment où les barres ont acquis une certaine longueur; aussi n'est-elle guère employée que dans l'équipage dégrossissant du train, et les équipages finisseurs sont à deux cylindres; ceux-ci sont souvent à coquille comme ceux servant à la fabrication de la tôle.

Dans les équipages à trois cylindres, pour fers ronds et carrés, on donne au cylindre supérieur un diamètre un peu plus grand qu'au cylindre du milieu, et on rend celui-ci un peu plus fort que le cylindre inférieur, afin d'empêcher l'enroulement du fer. Pour la même raison, dans la fabrication des fers plats, on dispose le cylindre

du milieu, qui reçoit directement son mouvement de l'arbre de couche, de manière à ce qu'il soit femelle par rapport à celui du dessus et mâle par rapport à celui du dessous.

On supprime souvent les cannelures finisseuses de divers échantillons, sur les cylindres à fer marchand ou à petit fer, et on les remplace par une partie cylindrique plus large que la barre, au moyen de laquelle on l'aplatit encore de 2^{mm} environ; cette large cannelure, appelée *polissoir*, ne s'emploie que pour les fers de moins de 8^{mm} d'épaisseur.

Lorsqu'on fabrique du fer feuillard, on n'emploie qu'un équipage à deux cylindres unis à coquille de 0^m,20 de diamètre. Afin de donner au feuillard une surface plus lisse, on en détache la couche d'oxyde avant de l'engager entre les cylindres au moyen de deux couteaux mobiles ou racleurs placés du côté de l'entrée.

On fait ordinairement faire un quart de tour aux barres après chaque passage dans les cannelures respectives du dégrossisseur; on opère de même entre les cylindres finisseurs, si le fer est rond ou carré, mais on les retourne sens dessus dessous après chaque passage, si on lamine du fer plat. Arrivé à la dernière cannelure des finisseurs, dans laquelle il les passe au moins deux fois, le lamineur vérifie leurs dimensions avec soin.

Fabrication du fer fendu.

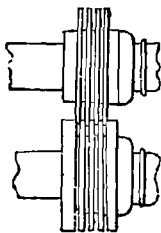
Lorsqu'on veut fabriquer avec économie des fers carrés ou plats dont les formes n'ont pas besoin d'une entière perfection, on se sert de machines appelées *fenderies*.

Un train de fenderie se compose de deux équipages, dont l'un, appelé *espartard*, sert de dégrossisseur, et l'autre constitue la fenderie proprement dite. L'espartard est tantôt un équipage à cylindres unis, mais beaucoup moins longs que ceux du train à tôle, et tantôt est remplacé par un équipage ordinaire à fer plat marchand, muni d'une large cannelure qui fait fonctions d'espartard. Dans le premier cas, les languettes que l'on veut découper doivent avoir à peu près la largeur et l'épaisseur nécessaires pour la fente en arrivant au train; dans le second, il arrive à l'état de paquets que l'on amène aux dimensions voulues entre les cylindres du dégrossisseur. On place ordinairement le train de fenderie à la suite du gros train marchand.

La fenderie (fig. 882) se compose de deux systèmes de *taillants* ou couteaux circulaires, faits en acier ou en fer acié, montés sur des arbres en fonte, et séparés par des disques ou *rondelles* de même épaisseur, mais d'un plus petit diamètre, qui les maintiennent à une distance égale à la largeur des verges que l'on veut fabriquer, et dont l'ensemble porte le nom de *trousse*. Chaque trousse est appuyée d'un côté contre une rondelle d'épaulement, faisant corps avec son arbre, et elle est recouverte du côté opposé par une rondelle mobile ou *garde*; tout l'ensemble du système est traversé par quatre boulons d'assemblage qui en forment un tout invariable.

Les trusses sont disposées l'une au dessus de l'autre, de manière à ce que les taillants de l'une correspondent aux entre-deux de l'autre, et remplissent parfaitement les intervalles laissés par ces pièces. Les taillants doivent se pénétrer au plus de 10 à 15^{mm}; en les engageant davantage, on augmente l'angle qu'ils forment à leur jonction et le fer est saisi moins facilement.

Pour empêcher les verges de s'enrouler autour des trusses de fenderie, on place entre les taillants des la-



882.

mes droites en fer acié sur le côté, dites *vergettes*, portées par des pièces à lunettes enfilées dans les colonnes de la cage de la fenderie; ces vergettes ont en outre pour but de faire sortir les verges en ligne droite et de les rassembler sur les faisceaux, afin que le fer soit exactement dirigé sur les taillants et soit fendu avec le moins de perte possible, on place du côté de l'entrée des guides, qui ont entre eux un écartement plus grand de 4 à 5^{mm} seulement que l'épaisseur des trusses; ces guides sont adaptés aux *trains* en fer qui séparent et maintiennent les *portes-vergettes*.

Les taillants doivent être bien plans, d'égale épaisseur, et, autant que possible, tournés sur leur pourtour, pour être égaux en diamètre et avoir des arêtes plus vives. On les chauffe au rouge-cerise pour les tremper et on les recuit jusqu'au bleu léger. Le diamètre des taillants supérieurs et inférieurs est le même; il peut varier de 0^m,27 à 0^m,40; mais il ne change jamais dans la même machine. Il est avantageux d'employer de grandes dimensions parce que le fer sort plus droit et le travail marche avec plus de célérité; mais les grands taillants sont difficiles à confectionner, exigent beaucoup de force motrice et sont sujets à se voiler. Les rondelles ou entre-deux ont un diamètre moindre de 0^m,12 à 0^m,15 que celui des taillants. L'épaisseur des taillants et entre-deux d'une paire de trusses est la même et égale à la largeur du fer fendu que l'on veut obtenir. Toutes les trusses doivent avoir la même largeur, 80^{mm} par exemple, afin qu'on ne soit pas obligé d'employer des cylindres plats différents pour les divers échantillons sous lesquels on veut débiter le fer dans la fenderie.

Le nombre des taillants d'un équipage est toujours impair; l'arbre supérieur en porte ordinairement un nombre pair; par suite, le nombre des brins fournis par une barre est aussi impair, et égal à la somme des taillants des deux trusses, moins deux. Le nombre des taillants dont se composent les trusses dépend des dimensions des verges à fabriquer; il est d'autant plus grand que ces fers doivent avoir moins de largeur; ainsi les lames de 5 à 9^{mm}, 11 à 14^{mm}, 14 à 16^{mm}, 16 à 22^{mm} et de 22 à 27^{mm}, peuvent se faire respectivement à 13 ou 11, 9, 7, 5 et 3 brins.

La vitesse des trusses de fenderie varie de 50 à 80 tours par minute; on doit constamment arroser les trusses par une abondante injection d'eau froide, pour qu'elles ne se détremperont pas trop vite, et, de plus, on doit encore les graisser avec du suif placé par morceaux sur les portes-vergettes de devant, afin que les taillants glissent sans effort les uns sur les autres.

Les verges de fenderie dont la largeur est égale ou inférieure à 7^{mm}, se font en une seule chaude; tous les autres fers fendus se fabriquent en deux chaudes; on aplatit d'abord le fer entre les espartards et on le passe immédiatement après entre les trusses, qui le découpent en triangles.

Le fer fendu est surtout employé pour les besoins de la clouterie.

Fabrication du fer de riblons.

Dans les grandes usines on obtient beaucoup de déchets de fer, tels que débris de fer fendu, rognures de tôle, bout de rails trop petits pour entrer dans la composition des paquets, etc., dont il importe de tirer parti à l'usine même. Quelquefois aussi, on établit, près des grandes villes, des usines particulières, pour le traitement des vieilles ferrailles. A cet effet, on forme avec ces débris des masses ou *fagots* que l'on chauffe dans des fours à réchauffer ordinaires et que l'on traite ensuite, comme les balles de fours à puddler, au marteau et aux cylindres ébaucheurs; le déchet à l'ébauchage est de 40 à 42 p. 100. Ce fer ébauchi donne, par le corroyage, un fer de qualité supérieure; du reste, la

FER.

qualité de ce fer doit varier avec celle des débris ou riblons dont on a formé les masses. C'est ainsi que des fers à cheval, de vieux clous, etc., donnent un fer de meilleure qualité que les bouts de rails et d'autres fers de gros échantillons. Le fer de riblons porte aussi le nom de fer de masse, fer de mitraille, etc.

Conditions de vitesse auxquelles doivent satisfaire les machines ouvrières d'un laminoir; force motrice absorbée et travail effectué par ces machines.

De toutes les machines d'un laminoir, il n'y a que le marteau pour lequel il soit possible de calculer la force motrice nécessaire. Les trains, les cisailles et le squeezer, prennent au moteur des forces qui varient avec les résistances à vaincre. Celles-ci surpassent souvent la puissance du moteur et exigent que le volant cède une portion de sa force vive.

Les forces indiquées dans ce paragraphe sont celles que fournit le moteur et non celles qui sont réellement employées pour le travail. On suppose que chaque machine ouvrière travaille au moyen d'un moteur particulier et que les cylindres ont les diamètres que nous avons indiqués.

Pour 40 à 42 fours à puddler il faut un marteau frontal du poids de 4000 à 5000^{kg} donnant 70 à 75 coups par minute, et exigeant une force de 42 à 45 chevaux.

Un squeezer faisant 80 à 90 oscillations par minute exécutera le même travail que le marteau frontal ci-dessus, et consommera une force de 8 à 10 chevaux.

On ne tient pas compte de la force dépensée par les cisailles qui est très faible; une seule cisaille peut suffire pour une fabrication de 4000^m d'ébauché par semaine.

Un train ébaucheur à deux équipages faisant 30 à 40 tours par minute et desservant 40 à 42 fours à puddler, exige une force de 20 chevaux.

On peut admettre qu'il faut une force de 40 chevaux pour faire fonctionner un marteau, un squeezer et un train ébaucheur.

Un train à rails composé de deux équipages dont les cylindres font 50 à 70 tours par minute, doit être desservi par une machine de 40 à 45 chevaux. La fabrication de ce train peut s'élever, par 24 heures, de 44000 à 48000^m de rails, suivant que ceux-ci sont plus ou moins légers.

La vitesse des laminoirs à tôle varie, avec la nature des échantillons, depuis 25 tours jusqu'à 40; la puissance motrice nécessaire à un train de deux équipages varie entre 30 et 50 chevaux, suivant que les tôles sont plus ou moins minces. Un pareil train peut fournir, en travail continu, de 550 à 600^m de tôles fines et jusqu'à 4800^m de grosses tôles par mois.

La vitesse des trousseuses de fenderie varie de 50 à 80 tours par minute. On peut estimer à 8 ou 10 chevaux la puissance absorbée par la cage de fenderie. En travail continu de jour et de nuit, une fenderie pourvue d'un espartad produit par semaine 400^m de verges de 5 à 6^{mm}, et 660^m de verges de 9 à 13^{mm}.

La force motrice absorbée par un petit train varie avec la vitesse et le nombre des cylindres de 40 à 20 chevaux. Dans ce derniers cas on fabrique aisément 50 à 60^m de verge ronde n° 23 par 24 heures.

Prix de revient des fers fabriqués par la méthode anglaise.

Nous prendrons pour exemple une grande forge située près de mines de houille, et à laquelle la fonte brute revient à 9 fr. 50 c. les 400^{kg}, ce qui est le cas de plusieurs usines en France, et nous donnerons, en partant de cette base, le prix de revient du fer ébauché, du fer corroyé, des rails, modèle ordinaire, pesant 34^{kg},72 par mètre courant, et du fer fendu communs.

FER.

Fer ébauché

410 ^{kg} de fonte à 9 fr. 50 c. les 400 ^{kg}	40 ^{fr} ,25
425 ^{kg} de houille à 4 fr. 40 c. les 400 ^{kg}	4 ^{fr} ,38
Main d'œuvre	4 ^{fr} ,46
Frais généraux et frais divers.	4 ^{fr} ,62
Prix de revient des 400 ^{kg} de fer ébauché.	44 ^{fr} ,91

Fer corroyé.

68 ^{kg} de fer ébauché à 44 fr. 94 les 400 ^{kg}	40 ^{fr} ,44
29 ^{kg} de bout de rails à 47 fr. les 400 ^{kg}	4 ^{fr} ,93
45 ^{kg} de mitraille à 45 fr. les 400 ^{kg}	2 ^{fr} ,25
63 ^{kg} de houille à 4 fr. 40 c. les 400 ^{kg}	0 ^{fr} ,69
Main d'œuvre	0 ^{fr} ,69
Frais divers	0 ^{fr} ,69
Prix de revient des 400 ^{kg} de fer corroyé.	48 ^{fr} ,09

Rails bruts.

63 ^{kg} de fer ébauché à 44 fr. 94 c. les 400 ^{kg}	9 ^{fr} ,39
62 ^{kg} de fer corroyé à 48 fr. 79 c. les 400 ^{kg}	44 ^{fr} ,65
55 ^{kg} de charbon à 4 fr. 40 c. les 400 ^{kg}	0 ^{fr} ,64
Main d'œuvre	0 ^{fr} ,56
Frais divers	0 ^{fr} ,04
Produit, 442 ^{kg} 1/2 de fer à	22 ^{fr} ,25
A déduire 42 ^{kg} 4/12 pour bouts, à 17 fr. les 400 ^{kg}	2 ^{fr} ,42
Prix de revient des 400 ^{kg} de rails bruts.	20 ^{fr} ,13

Rails finis.

402 ^{kg} de rails bruts à 20 fr. 43 c. les 400 ^{kg}	20 ^{fr} ,53
Charbon	0 ^{fr} ,05
Ajustage et frais divers	0 ^{fr} ,50
Total	24 ^{fr} ,08
A déduire, 4 ^{kg} ,90 de mitraille à 45 fr. les 400 ^{kg}	0 ^{fr} ,28
Prix de revient des 400 ^{kg} de rails finis.	20 ^{fr} ,80

Fer fendu.

447 ^{kg} ,5 de fer ébauché à 44 fr. 94 c. les 400 ^{kg}	47 ^{fr} ,52
75 ^{kg} de charbon à 4 fr. 40 c. les 400 ^{kg}	0 ^{fr} ,82
Main d'œuvre	4 ^{fr} ,27
Frais généraux et frais divers	4 ^{fr} ,79
Total	24 ^{fr} ,40
A déduire, 4 ^{kg} de mitraille à 45 fr. les 400 ^{kg}	0 ^{fr} ,60
Prix de revient des 400 ^{kg} de fer fendu.	20 ^{fr} ,80

Fabrication de fil de fer.

On donne le nom de *tréfileries* aux ateliers dans lesquels le fil de fer est réduit en fils plus ou moins minces par l'étrépage à froid au moyen de la *filière*.

Le fer destiné à la tréfilerie doit être facile à travailler à chaud, afin de se prêter à un amincissement suffisant par l'action du laminoir; fort et doux à froid, afin de subir sans difficulté l'étrépage à la filière; et plutôt dur que mou à cause de la texture nerveuse qu'il prend par le travail; le fer trop mou étant sujet à des solutions de continuité dans le sens de la longueur du fil, par suite de la séparation des fibres produites par l'étrépage. On n'emploie que des fers provenant de bonnes fontes au bois, et les meilleures qualités de fil se fabriquent toujours avec des fontes affinées au charbon de bois. Le fer puddlé peut être filé sans difficulté en numéros ordinaires, mais les fils qu'il donne sont plus durs, plus roides et moins souples que ceux fabriqués avec du fer affiné dans des forges à l'allemande. Du reste, le fer puddlé s'emploie de préférence pour le fil destiné à la fabrication des pointes de Paris, à cause de sa dureté et de son prix moins élevé.

Le numéros des fils se détermine au moyen d'une jauge ou disque d'acier sur le pourtour duquel on a fait des entailles rectangulaires qui sont désignées par des numéros: un fil de fer appartient à un numéro quand il peut entrer dans l'entaille qui lui correspond. Les

deux jauges principales du commerce, sont les jauges anglaise et française. La *jauge anglaise* contient 27 numéros dont le 0 correspond à un diamètre de 8^{mm} et le numéro 26 à 1/2^{mm}. Le n° 1 de cette jauge a 7^{mm} de diamètre et le n° 2, 6^{mm} 1/2. Dans la *jauge française* les numéros et les diamètres des fils vont en croissant depuis le n° 0 jusqu'au n° 24; au-dessous du 0 ou *pas-perle*, la jauge contient des numéros qui croissent depuis le n° 8 jusqu'au n° 30, mais qui correspondent à des diamètres décroissants. Le n° 24 français au-dessus du passe-perle égale le n° 2 anglais et le n° 1 français aussi au-dessus du passe-perle égale le n° 22 anglais; le n° 30 au-dessous du passe-perle correspond au fil le plus fin que l'on puisse obtenir avec le meilleur fer et qui s'emploie pour cordes de piano, fines toiles métalliques, etc.

La filière est une plaque d'acier percée d'une suite de trous placés en échiquier (voir *BANC-A-TIRER*) et dont les diamètres vont en décroissant. Les trous de la filière sont coniques, et l'on fait entrer le fil par le grand côté du cône. Pour que le trou de sortie conserve sa rondeur, de laquelle dépend la forme du fil, il est nécessaire que la plaque d'acier employée soit très dure. L'angle du cône doit être très aigu, afin que la compression du métal et sa réduction au diamètre voulu soient mieux ménagées. Il faut, pour la même raison, que les diamètres des trous ne décroissent pas trop rapidement. On perce la filière, à chaud, avec des poinçons coniques, dont chacun peut servir pour 4 à 5 trous de diamètres différents. Les filières employées pour les numéros fins, à partir du n° 15 de la filière anglaise, se font seulement en acier fondu et ont 12^{mm} au plus d'épaisseur; pour les autres fils, on se sert d'une plaque d'acier sauvage, ou acier de forge extrêmement dur, soudée à une plaque de fer; l'épaisseur de ces filières est d'environ 25^{mm}.

Comme la longueur du fil s'accroît par le passage dans la filière, on l'enroule sur des cylindres auxquels on donne un mouvement de rotation qui produit la traction nécessaire à l'étrépage. Pour les fils inférieurs au n° 15 de la jauge anglaise, on emploie un tambour horizontal. On enroule les fils plus fins autour de bobines verticales ayant la forme de cônes très aigus; chaque bobine est assujettie sur un axe vertical qui traverse la table de travail et qui donne le mouvement. Avant de passer le fil à la filière, on l'amène au laminoir à un diamètre de 8^{mm} au plus et qui descend quelquefois jusqu'à 3 et 4^{mm}; dans ce dernier cas, on le reçoit sur des bobines à la sortie du laminoir.

Afin de diminuer le frottement qui a lieu pendant la traction, on graisse le fil ou le trou, ou bien, ce qui est préférable, on applique sur la filière une pelote de graisse formée d'un mélange de suif et d'onguent noir, à travers laquelle passe le fil qu'il s'agit de filer; par ce moyen on refroidit l'ouverture conique, en même temps qu'on facilite le passage du fil.

La vitesse de tirage doit être uniforme et réglée d'après la nature du fer, la destination et le diamètre du fil. Le fer puddlé exige une vitesse moindre que le fer affiné au charbon de bois. On augmente la vitesse en raison du nombre de passages à la filière.

Quand une botte de fil est faite, on la jette sur un *dévidoir* de forme conique pour la passer de nouveau dans la filière. Le dévidoir est placé en avant de la filière sur la table de travail.

Pour attirer le fil appointé, du trou de la filière sur le tambour ou sur la bobine, on emploie des tenailles qui s'ouvrent d'elles-mêmes lorsqu'elles avancent vers la filière, et qui, en se retirant, prennent et serrent fortement le fil qu'elles doivent filer. La bobine ou le tambour est entaillé pour recevoir la tenaille, qui, après avoir saisi le fil, recule, puis, quand la bobine a fait

1/4 de tour, s'applique dans l'entaillé de cette dernière, après quoi l'enroulement commence.

Le nombre de trous par lesquels on fait passer le fil pour l'amener à un numéro donné dépend de la qualité du fer, de la force mécanique dont on dispose et du degré de finesse que doit avoir le fil fini. Lorsqu'on dégrossit, on saute ordinairement un trou de la filière à chaque passage, et, en général, ce n'est que pour les 4 à 5 dernières passes, destinées à finir et à parer le fil, que l'on suit l'ordre des numéros observé dans la filière.

Le fil s'écroutit et devient moins ductile après son passage à travers une série de trous; on le recuit alors au rouge-brun pour le ramener à son état primitif. Le recuit se fait soit dans une espèce de four à réverbère chauffé par les flammes perdues du feu d'affinerie, soit à feu nu au milieu d'un tas conique de menu charbon ou fraïsil auquel on met le feu, soit, le plus souvent, en vase clos, dans des marmites annulaires en fonte. Le nombre de recuits que l'on fait subir au fil, dépend de la nature plus ou moins ductile du fer et du diamètre auquel le fil est parvenu. Les gros numéros exigent des recuits beaucoup plus fréquents que les autres. On recuit toujours le fil avant de l'engager dans le premier trou de la filière.

Le recuit donne toujours lieu à la formation d'une couche d'oxyde plus ou moins épaisse, dont on débarasse le fil par le *décapage*. Sans cela, l'oxyde formé, en se détachant pendant l'étrépage, corroderait la filière et changerait la forme des trous, ou au moins produirait des raies ou des stries nuisibles à l'apparence et à la qualité du fil. Le décapage se fait au moyen de l'acide sulfurique, étendu ordinairement d'environ 240 fois son poids d'eau. Il faut employer un acide plus fort pour les fils recuits à feu nu que pour ceux recuits en vases clos. Après le décapage, on laisse les fils s'égoutter pendant quelques heures avant de les repasser à la filière. On ne décape pas à chaque recuit surtout pour les gros numéros.

On estime qu'une tréfilerie ayant 8 bobines ou tambours en activité exige une chute d'eau d'une force de 20 chevaux.

Statistique.

De toutes les industries métallurgiques celle du fer est sans contredit de beaucoup la plus importante. Nous en donnerons une idée, en rappelant qu'actuellement, en France, la fabrication de la fonte, du fer et de l'acier et de leurs élaborations principales, occupe plus de 50,000 ouvriers et crée une valeur de plus de 450,000,000 de francs, non compris l'exploitation des forêts et des mines de houille qui alimentent les usines à fer.

D'après le dernier résumé statistique publié par l'administration, il y avait, en France, en 1846 :

Fabrication de la fonte et du fer.

	Actifs.	Inactifs.	Total.
Hauts-fourneaux.	474	153	627
Forges catalanes et corses pour la fabrication directe du fer.	400	23	423
Foyers de mazerie au charbon de bois.	5	5	5
Fineries au coke.	46	5	24
Feux d'affinerie au charbon de bois.	705	368	1073
Fours à puddler.	456	139	595
Foyers de chaufferie.	108	70	178
Fours à réverbère de chaufferie.	239	67	306

Fabrication du petit fer.

Foyers de chaufferie.	444	84	495
Fours à réverbère de chaufferie.	179	79	258

Fabrication de la fonte moulée de deuxième fusion.

Cubilots.	474	55	526
Fours à réverbère.	64	48	79

FER.

FER BATTU ÉTAMÉ.

Fabrication de l'acier de forge.

	Actifs.	Inactifs.	Total.
Foyers de mazerie.	44	5	49
Feux d'affinerie.	56	23	79

Fabrication de l'acier de cémentation.

Fours de cémentation.	51	41	92
-------------------------------	----	----	----

Fabrication de l'acier fondu.

Fours de fusion.	484	»	484
--------------------------	-----	---	-----

Étirage de l'acier.

Foyers de chaufferies.	48	56	104
Fours de chaufferie.	90	2	92

Nous terminerons en indiquant la production actuelle en fer de l'Europe, et remarquant que celle de la fonte est à celle du fer environ comme 3 : 2; la plus grande partie est transformée en fer forgé et 1/6^e à 1/4, selon les localités en fonte moulée. Cette production est de 24,963,900 quintaux métriques qui se répartissent ainsi qu'il suit :

Angleterre (1850).	42,000,000 r-m.
France (1846)..	3,604,900
Russie (moyenne de 1835 à 1838).	4,027,000
Suède (1844).	900,000
Autriche.	900,000
Prusse.	850,000
Hartz.	600,000
Hollande et Belgique.	801,000
Ile d'Elbe et Italie.	280,000
Piémont.	200,000
Espagne.	480,000
Norwège.	450,000
Danemarck.	435,000
Bavière.	430,000
Saxe.	80,000
Pologne.	75,000
Suisse.	30,000
Savoie.	25,000
Total.	24,963,900 r-m.

Bibliographie. Les principaux ouvrages à consulter, publiés sur la fabrication de la fonte et du fer sont : le voyage métallurgique en Angleterre de MM. Dufrenoy et Elie de Beaumont, et des métallurgies du fer de Karsten, Walter et Leblanc, Flachet, Barrault et Petiet, et surtout pour la transformation de la fonte en fer forgé l'excellent ouvrage que vient de publier l'année dernière M. Valérius (*Traité théorique et pratique de la fabrication du fer*, par B. Valérius; Paris, Mathias).

P. DEBETTE.

FER BATTU ÉTAMÉ (USTENSILES EN). L'emploi du cuivre pour la fabrication des casseroles, chaudrons, et autres vases destinés à la préparation des aliments, entraîne avec lui, dans certains cas, une foule d'inconvénients fort graves. Le prix du cuivre est d'ailleurs trop élevé pour les classes pauvres. La fonte, qui remplace le cuivre dans beaucoup de ménages, est lourde, cassante et d'un usage incommode, elle a l'inconvénient capital de noircir les aliments, et de leur communiquer un aspect et une saveur désagréables qui la fait rejeter de tous les ménages aisés. Le fer-blanc, dans un petit nombre de cas, peut, il est vrai, remplacer le cuivre; mais il est trop faible pour être solidement rivé et agraffé; il ne peut, à cause des soudures, supporter l'action continue du feu. Son manque de consistance, résultant de son peu d'épaisseur, le rend également impropre à être employé pour quantité d'ustensiles qui exigent une certaine solidité.

Quant à l'étain, son prix élevé, son poids énorme, son extrême malléabilité, qui ne lui permet pas de recevoir le moindre choc sans se déformer, ont limité ses usages. Reste le zinc. Chacun sait que ses combi-

naisons salines sont des poisons violents. L'emploi de ce métal est donc restreint.

Le fer battu étamé offre quelques-uns des avantages du cuivre, et s'étend à tous les ustensiles pour lesquels on avait recours aux matières ci-dessus mentionnées. La fabrication des ustensiles en fer battu remplace, pour les besoins de la cuisine et du ménage, la chaudronnerie, la ferblanterie, la fonderie, la poterie d'étain. Le fer battu jouit d'une grande solidité, et la modicité de son prix le met à la portée de toutes les classes. Il se fabrique par l'emboutissage à froid. La condition essentielle, pour la réussite de l'opération, est d'employer du fer d'une grande malléabilité et d'une qualité parfaite.

On emboutit le fer sur une série de matrices, se rapprochant graduellement de la forme de l'objet que l'on veut avoir. Les molécules du fer subissent un écartement successif. On soumet à l'action d'un puissant balancier à vis, dans le genre de ceux qui servent au monnayage, le fer en feuilles placé sur ces différentes matrices. Il nous semble qu'il y aurait avantage à remplacer, par la presse hydraulique, le balancier dont l'emploi est souvent dangereux pour les hommes qui le manœuvrent. On peut obtenir par ce procédé des ustensiles de toutes formes et de toutes dimensions, même la marmite de campagne et la gamelle pour la troupe, quoique ces pièces soient à angles aigus, et cela d'une seule pièce, sans soudures ni solution de continuité, ce qui procure une grande économie et une solidité à toute épreuve.

L'étamage se fait au moyen de bains d'étain porté à une haute température; ce qui le rend, dit-on, plus solide et plus durable. Nous devons observer cependant que l'étain s'étend en couche plus égale, d'une manière plus uniforme, sur le cuivre que sur le fer.

Les autres parties de la fabrication, telles que le montage, l'agraffage, sont absolument les mêmes que celles mises en usage pour les ustensiles de même espèce, en cuivre, fer-blanc, etc.

La fabrication du fer battu ne date guère en France que d'une vingtaine d'années; c'est une industrie nouvelle, dont l'importance augmente chaque jour. La consommation, chez nous, du fer battu étamé peut être représentée par le chiffre de 4,200,000 francs.

Il s'en exporte, en Amérique, en Italie, en Suisse, en Belgique; mais la cause qui s'oppose à l'accroissement de nos débouchés à l'étranger tient au prix élevé du fer chez nous, ce qui nous oblige à vendre nos produits bien plus cher que ceux de même nature qui se fabriquent en Allemagne. Il est vrai que ces derniers, fabriqués au marteau par les procédés à chaud, sont mal établis, lourds et de formes disgracieuses; mais le bon marché les fait préférer aux produits provenant de nos usines de Franche-Comté, où cette fabrication est montée sur la plus grande échelle.

FER-BLANC. Voyez ÉTAMAGE.

FER GALVANISÉ. Voyez ÉTAMAGE.

FERMENTATION. Les chimistes modernes admettent que la fermentation est une réaction spontanée, une altération chimique produite dans une masse de matière organique, par la seule présence d'une substance étrangère qui agit sans emprunter ou céder quelque chose au corps dont elle cause la décomposition. Cet agent qui dédouble les matières les plus compliquées pour donner naissance à des produits plus simples, a reçu le nom de ferment.

L'expérience a prouvé que la fermentation exige ordinairement pour se produire : le contact de l'air, une température de 20 à 30° centigr., la présence de l'eau, enfin le concours constant d'une petite proportion de matière organisée neutre, qui constitue le ferment, et celui d'une matière cristallisable non organisée, en quantité souvent considérable, qui éprouve la fermentation.

L'action mystérieuse des ferments sort de la classe des décompositions ordinaires, qui résultent des affinités chimiques, mais les savants l'expliquent de différentes manières.

D'après M. Liebig, la fermentation des corps est excitée par d'autres corps qui se trouvent eux-mêmes dans un état d'altération, et la cause des transformations qui en résultent, doit se chercher dans la destruction de l'état de repos, par suite de laquelle les molécules mises en mouvement obéissent à leurs attractions mutuelles ou à des attractions nouvelles; car, ajoute ce chimiste célèbre, ce mouvement mécanique suffit déjà pour amener dans beaucoup de corps un changement de forme et d'état, à plus forte raison un corps qui se trouve dans un état de décomposition ou de combinaison devra-t-il pouvoir communiquer à d'autres corps le même mouvement ou la même activité.

Dans les corps exempts d'azote, parmi les causes d'altération qui les sollicitent, la plus essentielle se trouve dans la grande affinité de leur carbone pour l'oxygène, affinité qui a pour conséquence la formation de produits extrêmement simples et inaltérables.

Dans les matières azotées qui renferment toujours du carbone, outre cette cause d'altération, il en existe une autre due à l'affinité de l'azote qu'elles contiennent, pour l'hydrogène; aussi ces matières se décomposent-elles bien plus facilement que celles qui ne contiennent pas d'azote.

Ainsi, dans les matières azotées, deux corps s'emparent des éléments de l'eau, deux affinités opposées s'y trouvent en activité et s'y renforcent réciproquement. Il en résulte que les combinaisons qui contiennent de l'azote, renferment, par suite de la tension de leurs éléments, une cause de perturbation qui agit aussitôt que ces combinaisons rencontrent en même temps de l'hydrogène et de l'oxygène. On conçoit, d'après cela, que toutes les parties azotées de l'organisation végétale ou animale tombent d'elles-mêmes en putréfaction, en présence de l'eau et à une température plus élevée que la température ordinaire. Les substances exemptes d'azote n'ont pas la même propriété, elles manquent de cette prédisposition naturelle qui est propre aux molécules azotées complexes.

Les substances renfermant de l'azote peuvent donc seules provoquer la fermentation des substances organiques. On comprendrait, d'après cela, que la levure, qui est une matière azotée, n'agirait comme ferment qu'en vertu de son altération. Les expériences de M. Colin, qui tendent à prouver que la levure doit sa propriété fermentescible à l'altération de sa partie soluble, viendraient à l'appui de cette supposition.

Le gluten, la légumine, le sang, etc., provoquent comme la levure la fermentation de l'eau sucrée, lorsqu'elles tombent en fermentation.

M. Liebig admet que toutes ces matières qui fermentent d'elles-mêmes au contact de l'eau et de l'air, rapportent sur d'autres corps l'état de décomposition dans lequel elles se trouvent, et se comportent de la même manière que l'eau oxygénée en contact avec l'oxyde d'argent.

Or, nous savons que le bi-oxyde d'hydrogène, dans ce cas, perd la moitié de son oxygène, tandis que l'oxyde d'argent est lui-même réduit à l'état métallique, réduction qu'on ne peut expliquer qu'en admettant qu'elle est l'effet du contact de l'oxyde d'argent avec l'eau oxygénée, corps qui se trouve lui-même dans un état de décomposition. D'après le même chimiste, la levure et tous les ferments proviendraient de l'altération du gluten ou de toute autre matière azotée analogue, lequel gluten, en présence de l'eau et de l'air, entre à chaque instant dans une nouvelle période de décomposition. C'est dans ce dernier état qu'il acquiert la faculté de provoquer la fermentation dans un liquide sucré; mais

si ce liquide renferme lui-même du gluten ou des substances albuminoïdes, comme c'est le cas pour le moût de bière, par exemple, la décomposition des éléments du sucre a pour conséquence une nouvelle production de levure par l'altération de ce gluten. Le mouvement continu des globules qui forment les ferments, pendant la fermentation, serait dû à la perturbation de l'équilibre des molécules du ferment, et ce mouvement se communiquerait également aux éléments des corps en contact.

M. Liebig serait en outre porté à considérer le gluten soluble comme une combinaison hydrogénée semblable à l'acide hydro-indigotique (voyez TEINTURE), comme ce dernier, exposée à l'oxygène de l'air, elle perdrait une certaine partie de son hydrogène ou bien s'oxyderait en se transformant ainsi en ferment insoluble; du moins le dépôt de lie, dans les vins et les bières que l'on conserve, dépôt se formant seulement au contact de l'air, semble prouver que l'oxygène est la cause de la formation des produits insolubles. (Voy. BIÈRE.)

Outre la théorie de M. Liebig pour expliquer la fermentation, on en a proposé dans ces derniers temps une autre qui semble plus généralement adoptée. Les recherches microscopiques sur les matières animales et végétales en fermentation, ont fait admettre dans cette nouvelle théorie, que la cause de cette altération en apparence spontanée était due à la formation de certains végétaux ou animalcules microscopiques; cette assertion s'appuie d'ailleurs sur la grande similitude qui existe entre l'action des ferments et le rôle joué par tous les animaux et par toutes les parties des plantes qui ne sont pas vertes, similitude qui s'explique de la manière suivante. Les animaux, par l'accomplissement régulier des actes de leur vie, détruisent les matières organiques complexes que les végétaux tendent sans cesse à créer sous l'influence de la lumière, et ils les font rentrer dans les composés habituels de la nature minérale, en même temps qu'ils utilisent pour eux les forces qui maintenaient ces matières à l'état de combinaison. Ainsi agissent les fermentations; elles dédoublent les matières organiques complexes, pour les ramener aussi à des formes plus simples appartenant au règne inorganique.

Le ferment jouerait donc le même rôle que tous les animaux; comme eux il a besoin pour vivre et se développer d'une nourriture semblable à la leur, comme eux encore, il détruit en les simplifiant les productions végétales.

Tantôt le ferment n'existe qu'en germe dans les matières organisées; tantôt il est déjà formé, mais pendant la fermentation il perd sa qualité de ferment; tantôt, au contraire, non seulement il existe et agit, mais encore il se développe jusque à sextupler de poids.

L'étude de la fermentation alcoolique peut donner une juste idée de l'action peu connue du ferment; nous y trouverons dans cette étude un exemple des trois états sous lesquels se présente le ferment dans les phénomènes de la fermentation.

Ainsi, dans les raisins, le ferment est à l'état de germe, la fermentation n'attend que le concours de l'air pour se produire spontanément. Dans la décomposition du sucre liquide par la levure de bière, le ferment disparaît faute d'une matière azotée pour l'alimenter, son action est incomplète. Enfin, dans la fabrication de la bière, la fermentation est complète, car non seulement la levure décompose le sucre, mais en même temps elle se développe aux dépens de la matière albumineuse de l'orge et produit un volume sept fois plus considérable où toutes ses propriétés se renforcent. Telles sont les trois phases de la vie du ferment.

D'après les expériences et les recherches microscopiques de MM. Cagniard-Latour et Turpin, la levure de bière, examinée avant la fermentation, est formée en entier de globules de $1/100^e$ de millimètre de diamètre,

FERMENTATION.

dont le pourtour semble souvent garni de petits appendices que ces savants regardent comme de véritables bourgeons annexés aux cellules mères. Aussitôt que la fermentation commence, les petits corps ovoïdes qui forment la levure s'agitent dans tous les sens, et si la substance est mêlée de matières azotées, le ferment augmente de volume, les appendices latéraux des globules se développent rapidement et semblent se détacher pour vivre isolément à leur tour et produire d'autres bourgeons; ce phénomène de multiplication par dédoublement paraît bien difficile à constater par expérience, néanmoins, s'il était démontré, il faudrait bien admettre, comme l'a dit M. Dumas, que la fermentation constitue de véritables actes vitaux, et que la reproduction du ferment est la même que celle du règne végétal.

L'existence d'un être vivant démontrée par là serait confirmée par la remarque que dans toute fermentation complète excitée dans une matière non azotée, impropre à la nutrition, la levure perd ses propriétés, et que, si on ajoute au contraire de l'albumine au mélange, le développement du ferment marche aussitôt.

Ainsi, par une nourriture convenable le ferment donne naissance à du ferment; c'est ce qui explique la fermentation générale manifestée dans du jus de raisin non altéré, quand on y ajoute du moût en fermentation.

Nous croyons devoir donner ici l'opinion de M. Liebig sur cette nouvelle théorie; nous citons textuellement :

« Dans la théorie qui admet que la fermentation est due à la formation de certains végétaux ou animales microscopiques, les particules de levure seraient des espèces de champignons dont les germes ou les spores pénétreraient de l'atmosphère dans le liquide fermentescible, ils s'y développeraient aux dépens des substances azotées, de manière à devenir de véritables champignons; par le contact de ceux-ci, dans l'état de développement, avec les particules sucrées, celles-ci se décomposeraient en acide carbonique et en alcool; ce qui, en vérité, signifie tout simplement que l'acte de cette végétation trouble l'équilibre des attractions élémentaires du sucre et en détermine la métamorphose.

« M. Gay-Lussac a prouvé par ses expériences que le jus de raisin exprimé sur du mercure à l'abri de l'air, n'entre pas en fermentation, et que ce phénomène s'établit au contraire au bout de quelques heures dès que l'air a de l'accès. Il a démontré en outre que la fermentation s'établit immédiatement si l'on fait arriver de l'oxygène au dessus de jus, et qu'il s'absorbe de ce gaz 4/420^e du volume de l'acide carbonique développé pendant la fermentation. Or, comme on ne peut guère supposer la présence de germes de champignons dans le chlorate de potasse ou le manganèse, d'où l'on extrait le gaz oxygène, il n'est pas rationnel non plus d'attribuer la décomposition à des végétaux en développement.

« Enfin, M. Gay-Lussac a encore fait voir que le jus entre aussi en fermentation si l'on y introduit les pôles d'une pile galvanique, c'est-à-dire dans des circonstances où aucune substance n'y peut arriver du dehors.

« La théorie qui explique la fermentation par le développement de certains végétaux, est donc obligée d'admettre que des êtres vivants peuvent se produire sans la présence d'un germe ou d'une semence, ce qui est tout à fait contraire aux expériences qu'on possède sur les conditions nécessaires au développement des plantes. »

Plus loin l'illustre professeur de Giessen ajoute : « Ce serait chose singulière, merveilleuse, que de voir, pendant les actes de décomposition qui constituent la fermentation, naître des matières organisées et des

FERMENTATION.

parties d'organes des substances d'une structure cristalline, des substances douées d'une forme géométrique. Nous savons, au contraire, qu'avant de se résoudre complètement en combinaisons inorganiques, un corps passe par une série de métamorphoses qui ne lui font perdre ses formes qu'insensiblement. »

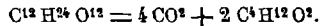
On reconnaît généralement aujourd'hui les fermentations :

Alcoolique;	Benzoïque;
Glucosique;	Sinapisique;
Visqueuse;	Ammoniacale;
Lactique;	Putride;
Acétique;	Digestive;
Gallique;	Et celle des matières grasses.
Pectique.	

Il n'est pas dans notre intention de les examiner toutes avec le même soin, nous ne nous étendons que sur les principales.

Dans la fermentation alcoolique, le fait chimique prédominant est la conversion du sucre en alcool et en acide carbonique.

L'équivalent du sucre de raisin desséché dans le vide à 130°, étant représenté par C¹² H¹² O¹², la réaction dont nous avons parlé peut se représenter par l'équation suivante :



Et en représentant par des nombres :

$$2250 = 4100 + 4150.$$

D'où l'on peut déduire que 400 parties de sucre de raisin doivent donner 54,2 parties d'alcool et 48,8 d'acide carbonique. Si le sucre de raisin était hydraté, les deux équivalents d'eau qu'il renfermerait alors deviendraient libres.

M. Rose a trouvé que le sucre de canne, pour se décomposer, exigeait huit fois plus de ferment que le sucre de raisin.

La fermentation du sucre de canne est arrêtée instantanément par une addition d'alcool absolu, et la liqueur ne renferme plus que du sucre de raisin, dont la formation est due à la forte proportion de ferment employé. Ainsi le sucre de canne, dont la formule est C¹² H²² O¹¹, prend un atome d'eau représenté par H² O, pour se transformer en sucre de raisin, qui seul possède la propriété de fermenter.

D'après M. Hesse, la fermentation du sucre de raisin ne se fait bien qu'au moyen du caséum du lait, qui sert de ferment. Dans cette fermentation, outre l'acide carbonique et l'alcool, il se produit aussi du lactate d'ammoniaque.

Le ferment épuisé par l'eau, l'alcool et l'éther, contient, abstraction faite des cendres :

Carbone.	50,6
Hydrogène.	7,3
Azote.	45,0
Oxygène.	} 27,4
Soufre.	
Phosphore.	
	100,0

Le soufre qu'il contient explique l'odeur d'hydrogène sulfuré qui s'en dégage quand il entre en putréfaction.

Cette analyse peut se représenter par la formule C⁴⁸ H⁸² Az¹² O²⁰, composition qui se rapproche beaucoup de celle des matières albuminoïdes, dont la formule est C⁴⁸ H⁷² Az¹² O¹⁸, et qui ne diffère de celle du ferment que par cinq atomes d'eau.

Du reste, outre cette analogie de composition, les caractères de ces corps sont les mêmes. On sait que le gluten, l'albumine, le caséum et la fibrine, sous l'influence de l'air et de l'eau, peuvent se convertir en

FERMENTATION.

ferment à la température ordinaire, mais très lentement.

Dans tous les ferments le microscope montre la même forme globulaire, avec les mêmes dimensions qu'on remarque dans la levure de bière, ce ferment par excellence.

Tous les produits qui peuvent engendrer le ferment sont putrescibles, et agissent d'autant mieux qu'ils ont déjà commencé à se décomposer: on a tiré de là une nouvelle analogie entre le ferment et les animalcules microscopiques.

D'après M. Colin, les proportions de sucre et d'eau qui sont les plus favorables pour produire la fermentation, sont les suivantes: 4 partie de sucre, et 3 ou 4 d'eau. M. Thénard a trouvé qu'une partie de levure fraîche suffisait pour la fermentation de cinq parties de sucre. La température la plus favorable à la marche de l'opération varie entre 20 et 25° centigrades.

D'après M. Quevenne, les acides minéraux énergiques sont défavorables à la fermentation alcoolique; la créosote et l'essence de térébenthine l'empêchent de se développer; l'alcool, les acides tartrique et nitrique, ralentissent son action. Les alcalis exercent sur la fermentation une action nuisible, tant qu'ils ne sont pas neutralisés par les acides qui se produisent. L'addition d'un acide reproduit immédiatement la fermentation en sursaturant ces alcalis.

L'oxyde rouge de mercure, l'acide oxalique, l'acide prussique étendu d'alcool, arrêtent la fermentation du vin. La litharge n'agit point comme l'oxyde de mercure. Les sels alcalins éloignent le moment de l'action des ferments en raison de leur alcalinité.

Les poisons organiques n'agissent pas sur la fermentation, ou seulement la retardent.

M. Quevenne a, d'un autre côté, soumis la levure de bière elle-même à de nombreuses expériences, dont voici les résultats les plus intéressants.

La levure ordinaire est une bouillie écumeuse qui est mêlée de grumeaux noirs; elle exhale alors une forte odeur aigre appartenant du reste à toutes les levures. Sa saveur est amère et sa réaction acide. Les globules microscopiques dont elle est entièrement composée, sont imprégnées de matières solubles provenant de l'orge et du houblon employés dans la fabrication de la bière, ainsi que de quelques autres matières étrangères. Délayée dans de l'eau, elle lui communique l'aspect d'un liquide émulsif gris sale, dans lequel il se forme quelque temps après un dépôt de grumeaux bruns amers, qui paraît provenir du houblon. Le liquide trouble décanté fournit au bout d'un jour un autre dépôt, et la liqueur qui surnage est légèrement acide; après plusieurs dépôts successifs, on finit par obtenir un dernier dépôt blanc, homogène et assez ferme, qui constitue la levure pure. Cette levure est fade, elle a gardé son odeur caractéristique et une partie de son acidité; cependant, au moyen de lavages prolongés, on peut faire disparaître cette réaction acide.

Au microscope, le ferment ainsi purifié apparaît en globules sphériques, ou plutôt ovoïdes, présentant quelques points noirâtres qui augmentent en nombre avec le temps, et qui quelquefois disparaissent pour faire place à un cercle, ou seulement à un segment de cercle en croissant.

D'après M. Quevenne, le diamètre des globules de la levure, provenant d'une fermentation qui a bien marché, est en général de $\frac{1}{400}$ à $\frac{1}{100}$ de millimètre. Quelques-uns de ces globules en portent un autre plus petit adhérent au gros globule, de telle manière qu'on ne peut l'en séparer par l'agitation du liquide.

On voit aussi disséminés entre les points dont nous avons parlé d'autres points noirs plus petits, qui disparaissent par une ébullition dans l'eau acidulée par l'acide hydro-chlorique. Le ferment obtenu par de longs lavages n'a perdu qu'une partie de son énergie; il peut encore pro-

FERMENTATION.

duire très bien la fermentation. Ceci est tout à fait opposé à ce que dit M. Liebig, qui prétend que le corps insoluble obtenu par des lavages répétés, au moyen de la levure de bière, ne provoque pas la fermentation, la partie soluble ayant seule cette propriété.

M. Quevenne a en outre trouvé que la levure de bière, par la dessiccation, perd 68 p. 400 de son poids, et devient dure, cornée et demi-transparente. Si on la remet dans l'eau elle reprend son état primitif. Chauffé dans un tube de verre, le ferment sec se décompose, en répandant une odeur de pain grillé et donnant naissance aux produits ordinaires de la distillation des matières animales; il reste dans le tube un charbon assez dur renfermant différents sels.

Le ferment en bouillie ne se dessèche point à l'air; à la longue il prend une réaction alcaline et dégage une odeur de fromage de Gruyère; enfin il se couvre de moisissures, et délayé dans l'eau il présente encore des globules très pâles, mêlés d'une infinité de grumeaux noirs plus petits.

Mêlé avec du sucre en poudre, le ferment à l'état de bouillie le transforme simplement en sirop, dans lequel il peut se conserver très longtemps; cette propriété est mise à profit dans les distilleries pour la conservation de la levure.

Délayé avec de l'alcool à 36°, le ferment donne un liquide cailléboté qui prend à la longue une couleur jaune. Après quatre lavages à l'alcool, l'éther bouillant versé sur ce ferment ne se colore pas, mais si on le distille on obtient un liquide acide qui, par le refroidissement, se trouble et dépose une huile jaune citrine. L'alcool provenant des premiers lavages donne aussi par la distillation une matière grasse jaune, mais plus consistante, qui, ainsi que la première, se dissout dans l'acide sulfurique, en lui communiquant une couleur rouge cerise.

Après avoir enlevé par l'éther l'huile que l'alcool a prise au ferment, on obtient, en évaporant l'alcool à sec, une matière sèche rouge-hyaicinthe, transparente, dont l'odeur rappelle de l'osmazôme. Sa saveur, qui d'abord est piquante, devient successivement douce, fade et amère. Cette matière est soluble dans l'eau, qu'elle rend acide. Traitée par le nitrate d'argent, la solution aqueuse ainsi obtenue donne un précipité gris-roux soluble dans l'acide nitrique. L'acétate de plomb y forme un précipité blanchâtre. Le chlorure de baryum n'en altère pas la transparence; l'oxalate d'ammoniaque la trouble au contraire.

L'extraît alcoolique, en solution dans l'eau, donne un précipité roux par l'acétate de plomb; ce précipité, qui est abondant, renferme du phosphate de plomb. En enlevant l'excès de plomb par l'acide sulfurique et en saturant par l'hydrate de zinc, on obtient, après évaporation, du lactate de zinc mêlé probablement d'acétate.

Le ferment, successivement épuisé par l'eau, l'alcool et l'éther, se présente, à l'état sec, en grumeaux blancs, qui peuvent se réduire facilement en poudre. Il est alors sans odeur, et sa saveur est légèrement fade; humecté, il rougit faiblement le papier bleu de tournesol. À l'aide du microscope on voit que ses grains ont diminué de volume, leur plus gros diamètre étant alors de $\frac{1}{300}$ de millimètre; ils paraissent moins pâles, mais sont toujours pointillés comme auparavant; dans cet état, le ferment ne peut plus développer la fermentation. Ce produit se divise dans l'acide sulfurique, se concentre en formant une bouillie qui jaunit, puis devient rouge. L'acide nitrique, également concentré, le dissout en se colorant en jaune paille.

L'acide phosphorique le dissout aussi, mais à l'aide d'une ébullition prolongée.

Avec l'acide hydro-chlorique concentré, et à une température de 20°, ce ferment devient jaune puis se

FERMENTATION.

dissout en colorant en violet la liqueur qui se trouble.

L'acide hydro-chlorique étendu de 45 parties d'eau n'altère pas les globules du ferment, et si on fait bouillir le liquide, les points noirs qui se trouvaient interposés entre les globules disparaissent complètement.

L'acide acétique et la potasse ont, à froid, peu d'action sur le ferment; mais si on opère à chaud, la potasse le dissout en grande partie. L'ammoniaque agit de même, mais moins fortement.

Toutes ces propriétés établissent la plus grande analogie entre le ferment et la fibrine, le caséum et l'albumine.

La fermentation glucosique est celle qui a principalement pour effet la conversion de l'amidon et de la dextrine en sucre; son action se manifeste surtout au moment où la diastase réagit sur l'amidon.

La diastase n'est pas le seul ferment qui puisse produire la fermentation saccharine: le gluten peut la déterminer également, surtout si la température est de 50 ou 60°, ce qui tendrait à faire croire que la diastase n'est qu'une simple modification du gluten, qui s'opère sous l'influence de l'air.

On a donné le nom de fermentation visqueuse à la modification spontanée que les vins blancs subissent quelquefois, et qui leur fait prendre l'aspect glaireux du blanc d'œuf. Cette maladie des vins, connue généralement sous le nom de *graisse*, se retrouve aussi dans les sirops et dans les infusions de tan.

M. Desfosses est parvenu à produire la fermentation visqueuse en faisant bouillir de la levure avec de l'eau, puis en ajoutant à ce mélange filtré du sucre, de manière à lui faire marquer 6 à 8° au pèse-sirop. Si on expose ce liquide dans un endroit chaud, il s'épaissit et devient visqueux en dégageant de l'hydrogène et de l'acide carbonique.

M. Péligot a remarqué que pendant la fermentation visqueuse il se développe dans le liquide des globules d'un ferment très analogue à la levure de bière. Ce ferment peut exciter la fermentation visqueuse dans les solutions sucrées auxquelles on l'ajoute, si l'on a soin d'élever suffisamment la température de la masse.

L'eau bouillante enlève au gluten une matière qui peut aussi produire la même fermentation.

Les acides sulfurique, sulfureux et hydro-chlorique, l'alun et le tannin empêchent la fermentation visqueuse en précipitant son ferment.

Les vins rouges doivent au tannin qu'ils ont emprunté à la rafle des grappes de raisin, avec laquelle ils ont été longtemps en contact, la propriété de ne point subir cette fâcheuse altération. Les vins blancs préparés dans d'autres conditions manquent de tannin et par cela même sont sujets à la graisse, mais si on leur fournit cette matière, on précipite le ferment et on les empêche ainsi de subir la fermentation visqueuse.

Toutes les substances végétales neutres ayant la même composition que l'acide lactique ou qui n'en diffèrent que par quelques atomes d'eau peuvent subir la fermentation lactique. Le ferment qui agit dans ce cas peut être fourni par toutes les matières organisées neutres, animales ou végétales, lorsqu'elles ont été modifiées par le contact de l'air.

Les corps qui peuvent le plus facilement se convertir en acide lactique par la fermentation, sont: la glucose, le sucre de canne, la dextrine et la lactose, qui tous ne diffèrent de l'acide lactique que par un peu plus ou un peu moins d'eau qui leur est prise ou rendue par la fermentation.

Tous les agents qui arrêtent la fermentation alcoolique agissent de même sur la fermentation lactique.

Parmi les ferments qui la déterminent le plus facilement se trouve la diastase, mais la diastase transformée en un nouveau ferment par une exposition de quelques jours à un air humide. Le caséum se convertit

FERMENTATION.

aussi en ferment lactique au contact de l'air. Ce phénomène se présente surtout dans le lait abandonné à lui-même et qui se coagule en s'aigrissant. Le coagulum est composé de caséum et de beurre; le petit lait renferme du sucre de lait et des sels. La coagulation du caséum a été produite par l'acide lactique, lequel a pris naissance par l'action exercée par le caséum lui-même sur le sucre de lait. Ainsi au contact de l'air le caséum devient ferment et transforme le sucre de lait en acide lactique, qui à son tour coagule le caséum, lequel entraîne le beurre en se précipitant et cesse alors d'agir, et la fermentation lactique s'arrête. Si on sature l'acide lactique formé, le caséum se redissout et les phénomènes recommenceront dans le même ordre.

Les membranes de l'estomac de divers animaux, ou des morceaux de leur vessie fraîche et lavée, peuvent aussi donner naissance à la formation de l'acide lactique.

La fermentation acétique se produit dans la fabrication du vinaigre, quel que soit le procédé employé. Dans l'acétification, les liqueurs alcooliques employées, par la déshydrogénation de leur alcool, donnent naissance à un corps nommé aldéhyde dont la formule est $C^2 H^2 O^2$, celle de l'alcool étant $C^2 H^2 O$. A son tour l'aldéhyde s'oxyde à l'air pour produire de l'acide acétique $C^2 H^2 O^4$.

Tous les chimistes reconnaissent que l'acétification se produit sous l'influence d'un ferment spécial qui prend naissance pendant la formation du vinaigre, et se trouve dans la matière mucilagineuse qui surnage ce liquide pendant sa fermentation.

Outre la présence d'une matière albumineuse, celle de l'air est indispensable à la fermentation acétique. Il est digne de remarque que le résultat de l'acétification est tout à fait l'opposé de celui des fermentations en général. Effectivement le ferment a toujours pour objet la destruction des matières organiques complexes pour les ramener à des formes plus simples; la fermentation acétique produit au contraire l'union de deux corps, l'aldéhyde et l'oxygène: c'est une véritable combustion qui nécessite, comme on le comprend, la présence de matières poreuses qui divisent les liquides et augmentent les surfaces de contact avec l'air. Une température autre que celle de 20 ou 30° arrête l'acétification.

Le vin, la bière, le cidre et en général toutes les matières alcooliques peuvent servir à la fabrication du vinaigre; mais si la matière employée est trop riche en alcool il faut l'étendre d'eau pour que l'opération marche bien (voyez ACÉTIFICATION).

Si on enlève la matière animale qui apparaît à la surface du liquide pendant l'opération, la fermentation cesse immédiatement.

La fermentation lactique exige, pour se produire, des matières amylacées ou sucrées, mais le concours continu de l'air n'est pas nécessaire; une fois commencée elle peut s'en passer; elle ne fait pas non plus intervenir l'alcool. Dans la fermentation acétique, au contraire, la présence de l'alcool tout formé est aussi indispensable que celle de l'air.

La fermentation galleuse produit le changement qui s'opère quand la noix de galle pilée est exposée en pâte au contact de l'air: le tannin passe à l'état d'acide gallique par l'action du ferment renfermé dans la noix de galle. Ce ferment peut produire également la fermentation alcoolique dans un liquide sucré. D'un autre côté la viande, le sang, le caséum peuvent aussi convertir le tannin en acide gallique, mais seulement au bout de quelques semaines de contact à l'abri de l'air; la levure de bière opère cette transformation plus lentement encore. Toutes ces observations ont fait admettre l'existence de la fermentation gallique.

Fermentation pectique. Lorsqu'on met une dissolution

de pectine transparente et fluide en contact avec de l'albumine végétale extraite du suc des fruits, la masse s'épaissit au bout de quelques heures, devient gélatineuse et finit par se contracter considérablement; la pectine a été ainsi transformée en une substance insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis; c'est de l'acide pectique. Ce changement isomérique éprouvé par la pectine sous l'influence de l'albumine végétale, paraît analogue aux phénomènes qui se passent dans les fermentations; c'est ce qui a fait admettre une fermentation pectique.

La fermentation benzoïque transforme une matière neutre azotée et cristallisée, n'agissant pas sur l'économie animale et existant dans les amandes amères, en produits nouveaux parmi lesquels se trouvent l'hydrure de benzoïle et l'acide hydro-cyanique qui forment ensemble l'essence des amandes amères.

Cette fermentation se produit toutes les fois qu'on délaie avec de l'eau le tourteau des amandes amères; une odeur d'acide prussique indique le commencement de la décomposition.

La matière qui agit comme ferment a été appelée synaptase par M. Kobiquet; celle qui subit la fermentation est l'amygdaline.

La synaptase a la plus grande analogie avec l'albumine; elle n'agit pas sur l'amidon, tandis qu'en présence de l'amygdaline elle la transforme en produits nouveaux; la réaction a lieu à froid aussi bien qu'à chaud.

L'amygdaline qui existe dans le son des amandes amères a la composition suivante; $Az^2 C^{40} H^{54} O^{22}$, hydratée elle renferme en outre 6 atomes d'eau. La synaptase n'a pas été analysée, on sait seulement que c'est une matière azotée.

Nous ne donnerons ni le moyen de préparer ces deux corps, ni leur manière de se comporter avec les divers réactifs; nous ne parlerons pas non plus de l'acide amygdalique qui dérive de l'amygdaline: cette étude regarde beaucoup plus les traités de chimie théorique qu'un résumé tel que le nôtre.

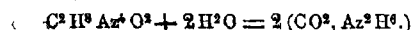
Dans la fermentation sinapisique la farine de moutarde est transformée en une huile essentielle.

Le principe particulier contenu dans la moutarde noire qui détermine constamment la production d'une huile volatile, a reçu le nom de myrosine. La moutarde blanche ne donne jamais d'huile volatile, mais elle fournit un principe âcre quand on la fait digérer dans l'eau froide. Traitée par l'alcool à 38°, elle fournit par l'évaporation une substance cristalline appelée sinapisine; c'est cette matière qui sous l'influence de la myrosine donne naissance au principe âcre dont nous avons parlé.

La production de l'huile essentielle fournie par la fermentation de la moutarde noire, est accompagnée, comme toutes les fermentations, d'une formation de globules ayant l'aspect de ceux de la levure de bière: ils sont seulement plus petits.

Sous le nom de fermentation de l'urée, M. Dumas désigne la conversion de l'urée en carbonate d'ammoniaque, sous l'influence de l'eau, d'un ferment et d'une température favorable.

L'urée en se transformant en carbonate d'ammoniaque fixe 2 atomes d'eau. En représentant ce corps par $C^2 H^8 Az^2 O^2$, la formule qui explique ce phénomène est la suivante:



C'est sa conversion en carbonate d'ammoniaque qui rend l'urée propre à l'alimentation des végétaux. Cette conversion se fait par l'action de la matière muqueuse de l'urine, qui joue le rôle de ferment. La levure de bière n'agit pas sur l'urée pure, même à la longue; ajoutée à l'urine elle provoque sa fermentation. Le résidu blanc qui se dépose dans les vases où l'on recueille

les urines est le plus énergique de tous les ferments qui peuvent décomposer l'urine.

La fermentation putride des matières animales ou végétales, donne pour produits ultimes de l'acide carbonique, de l'ammoniaque et de l'eau.

Pour que les matières animales et végétales puissent entrer en putréfaction, il faut le contact de l'air, celui de l'eau et la température nécessaire aux fermentations proprement dites, car, à 0° et au-dessous, à 400° et au-dessus toute putréfaction cesse.

D'après M. Liebig, l'eau dans la fermentation putride ne servirait pas seulement de milieu pour favoriser le mouvement des molécules, mais elle agirait en outre en vertu de l'affinité de ses éléments pour ceux de la substance organique. Tous les chimistes ne sont pas d'accord sur ce point.

Le contact d'une matière en putréfaction excite rapidement la putréfaction générale des substances animales auxquelles on l'ajoute.

Une substance organique se conserve, si on lui enlève son eau, ou si on la met à l'abri du contact de l'air.

Les sels avides d'eau, les matières qui, comme la créosote, l'alcool, le tannin, le sublimé-corrosif, etc., peuvent coaguler l'albumine, empêchent également la putréfaction des substances animales. La plupart des acides, le charbon et le chlore agissent de la même manière. (Voyez l'article CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES.)

Le plus souvent, au moment où la putréfaction commence, des myriades d'animalcules microscopiques se montrent, et semblent naître aux dépens de la matière qui se désagrège. A ces animalcules en succèdent d'autres qui font à leur tour place à de nouvelles générations, de telle manière que la décomposition finale est le résultat d'un grand nombre de réactions successives.

Ces animalcules ne peuvent être, d'après M. Liebig, la cause de toutes ces transformations, puisqu'eux-mêmes, après leur mort, ils éprouvent les mêmes décompositions par lesquelles ils se résolvent en définitive en eau, en acide carbonique et en ammoniaque.

La digestion a été considérée dans ces derniers temps comme une véritable fermentation.

Le suc gastrique renferme le ferment qui produit cette fermentation digestive. La substance qui, dans le suc gastrique, produit l'action d'un ferment, a été appelée pepsine par M. Schwann.

M. Vogel fils a isolé cette matière que l'estomac des porcs fournit en abondance.

Ajoutée à l'acide hydro-chlorique étendu, la pepsine a la propriété de dissoudre, à 23° centigr., la viande cuite, et cela sans diminuer de poids et sans changer de nature; cette matière agirait donc sur les aliments par sa seule présence, en les disposant à la solubilité; son action serait la même que celle de la diastase dans la transformation de l'amidon en sucre de raisin.

M. Deschamps, de son côté, s'est assuré que la présure est propre à l'estomac de tous les animaux, et qu'elle est essentielle à la digestion, il a appelé chymosine la partie active de la présure.

D'après d'autres expériences dues à MM. Dumas et Cahours, la présure, ajoutée à la dose de quelques gouttes dans un mélange de 40,000 parties d'eau et de 6 p. d'acide hydro-chlorique, rend ce liquide apte à dissoudre la fibrine en quelques heures.

L'acide hydro-chlorique seul agirait en formant une gélée consistante insoluble. Comme Proust a trouvé dans le suc gastrique de l'acide hydro-chlorique libre, on peut dire que dans cette matière il y a deux agents; l'acide qui ramollit et gonfle les matières azotées qui se trouvent dans les aliments; la pepsine ou la chymosine qui en détermine la liquéfaction.

M. Payen a donné le nom de gasterase à la matière azotée qui dissout les aliments, matière qu'il a isolée récemment.

La fermentation des corps gras consiste dans la séparation des acides gras et de la base qui, réunis, forment les graisses. Dans ce dédoublement, les acides gras s'hydratent, ainsi que la base, qui est convertie en alcool glycérique ou glycérine. Cette fixation d'eau constitue toute la fermentation. Une fois séparés de leur base, les acides gras ne peuvent plus se recombinaison avec elle; ce phénomène est donc tout à fait en dehors des réactions ordinaires que présente la chimie.

Dans la fermentation des graines, les mêmes phénomènes qui ont lieu pour les autres fermentations se reproduisent. Le concours d'une matière albuminoïde, celui de l'eau, celui de l'air, et une température variant de 15 à 30°, sont indispensables. F***.

FERMOIR. Cette dénomination s'applique à un grand nombre d'outils différents. On dit qu'un outil est un fermail ou est aiguisé en fermail, lorsque le tranchant est formé par la réunion de deux biseaux; ces biseaux sont plats ou ronds; dans ce dernier cas, le fermail est dit à nez rond. Le fermail est en général un outil dégrossisseur.

FERNAMBOUC. Voyez BOIS DE TEINTURE.

FEU GRISOU. Voyez MINES.

FEUTRE. Voyez CHAPEAUX et LAINE.

FEUTRES VERNIS. Le feutre pénétré d'une quantité suffisante d'huile siccative sert à la confection de plusieurs produits importants, et surtout à celle de visières de casquettes et de chapeaux, dont l'imperméabilité et la durée rendent l'usage très utile pour les hommes exposés journellement par leur travail à l'intempérie des saisons.

Les feutres ne sont point préparés exprès pour ce genre de travail; on les obtient par les procédés indiqués à l'article CHAPEAUX, seulement on se sert de matières plus grossières. L'huile siccative est préparée, comme nous l'indiquerons à l'article HUILES, en employant pour 400 parties d'huile en poids, 2 p. de céruce, 2 p. de litharge, et autant de terre d'ombre.

Le feutre pour chapeaux étant placé sur la forme, on l'imprègne d'huile siccative, et, après l'avoir desséché à l'étuve, on le doucit au tour avec la ponce, en le plaçant sur un moule en bois; on réitère cette opération six fois, puis on le vernit au moyen d'une brosse en queue de morue.

Les visières sont préparées un peu différemment. Un morceau de tissu étant étendu sur une table, on l'imprègne de colle de farine et on le porte à l'étuve; on le coupe ensuite de la forme voulue, puis on le pénètre d'huile siccative et l'on ponce, en réitérant l'opération à trois reprises: on place ensuite la visière dans un moule, où elle est fortement comprimée au moyen d'une presse; le moule est chauffé de manière à pouvoir recevoir successivement jusqu'à vingt visières.

Pour nettoyer un chapeau sali par la boue ou la poussière, il suffit de le laver, de le bien essuyer, et de le frotter avec un peu d'huile.

FIBRINE (*angl.* fibrine, *all.* thierischer faserstoff). La fibrine constitue la majeure partie des muscles des animaux, elle existe dans le chyle, le sang, etc., et l'on peut la considérer comme la plus abondante des parties constituantes de tout être du règne animal. On la prépare facilement, en agitant et battant avec une poignée de verges du sang récemment obtenu; la fibrine s'attache alors aux baguettes sous forme de longs filaments rougeâtres, que l'on décolore en les malaxant entre les mains sous un filet d'eau chaude; enfin, on la dépouille des corps gras qui pourraient y adhérer, en la faisant digérer avec de l'alcool ou de l'éther.

La fibrine ainsi obtenue est solide, blanche, flexi-

ble et légèrement élastique, insipide, inodore, plus dense que l'eau dont elle renferme les $\frac{4}{3}$ de son poids, et tout à fait neutre aux réactifs. Desséchée, elle devient jaunâtre, demi-transparente, roide et cassante; trempée de nouveau dans l'eau, elle reprend sa mollesse et sa flexibilité. La fibrine renferme pour 400 : 52,78 de carbone, 6,96 d'hydrogène, 23,48 d'oxygène et 16,78 d'azote; et en outre, d'après M. Mulder, 0,36 p. 400 de soufre et 0,33 p. 400 de phosphore.

FIEL DE BOEUF. Le fiel de bœuf purifié possède des qualités qui doivent le rendre précieux dans les arts et dans l'industrie. Il est employé avantageusement pour le dégraissage et le nettoyage des étoffes (voyez DÉGRAISSAGE). Il se combine très facilement avec toutes les couleurs de la peinture, leur donne plus de ténacité, les fixe fortement, et les rend plus coulantes; mais on lui reproche aussi de salir certaines couleurs brillantes et vives, et de répandre une odeur désagréable et nauséabonde, lorsqu'il est employé à l'état naturel et en excès.

Le fiel de bœuf se trouve contenu en grande partie dans une espèce de poche membraneuse; en général il est d'un jaune-verdâtre et parfois d'un vert foncé; il est très amer et un peu sucré en même temps; d'une faible odeur nauséabonde particulière; il convertit les couleurs de tournesol et de violette en jaune-rougeâtre, effet qui semble principalement dû à sa couleur; son poids spécifique est de 1,026 à 6°; sa consistance varie; le plus souvent elle est sirupeuse; quelquefois elle est très limpide, et d'autres fois elle est troublée par une matière jaune qu'on trouve dans la bile de presque tous les animaux, et qu'on peut en séparer au moyen de l'eau. Le fiel, abandonné à lui-même dans un vase ouvert, se putréfie peu à peu et dépose un peu de matière vert-jaunâtre; le mucus seul qu'il contient se décompose alors en partie; aussi la fermentation n'est point active, et l'odeur qu'il répand n'est point fétide; on prétend qu'elle finit par avoir quelque analogie avec celle du musc; le fiel s'unit en toute proportion avec l'eau et l'alcool; traité par un acide, il donne un précipité composé d'une matière animale jaune et d'un peu de résine; cet effet est beaucoup plus sensible avec l'acide sulfurique; la potasse et la soude, loin de troubler le fiel, le rendent plus transparent et en diminuent l'état visqueux.

Une des propriétés remarquables du fiel, c'est de dissoudre la plupart des matières grasses; cet effet est dû sans doute à la soude qu'il contient et au composé ternaire de picromel, de résine et de soude; c'est pour cela que les dégraisseurs lui donnent la préférence, même sur le savon, pour dégraisser les étoffes de laine.

800 parties sont composées à peu près de :

Eau.	700
Picromel.	69
Matière résineuse.	45
Matière jaune, terme moyen.	4
Soude.	4
Phosphate de soude.	2
Chlorures de sodium et de potassium.	3,5
Sulfate de soude.	0,8
Phosphate de chaux et peut-être de magnésie.	1,2

« Lorsque l'on a beaucoup de fiel de bœuf et qu'on n'en a pas l'emploi, on peut le faire évaporer au bain-marie en consistance d'extrait, dans une bassine d'argent pour s'en servir au besoin en la dissolvant dans une eau légèrement alcaline. » (*Extrait du Manuel de blanchissage*, par Julia de Fontenelle, tom. II, p. 96.)
Manière de purifier le fiel de bœuf concentré. Cette manière de purifier le fiel de bœuf concentré a été imaginée par Richard Carthey et publiée dans le journal de

FIEL DE BOEUF.

Nicholson (octobre 1814, *Bibliothèque britannique*, tom. XLIX, pag. 85.)

« Prenez du fiel de bœuf au moment où l'on vient de tuer l'animal; après l'avoir laissé reposer dans une bassine pendant une nuit, versez-le dans un vase de terre propre, avec la précaution de ne pas laisser passer les sédiments dans le vase; mettez-le ensuite dans un poëlon plein d'eau bouillante sur le feu au bain-marie, de manière à ce que l'eau ne puisse point entrer dans le pot. Faites bouillir l'eau jusqu'à ce qu'il s'épaississe; puis étendez-le sur un plat devant le feu pour achever l'évaporation, après l'avoir débarrassé autant qu'il est possible de son humidité, mettez-le dans de petits pots que vous recouvrez de papier, attaché de manière à en fermer l'entrée à la poussière. Il conservera ainsi pendant plusieurs années toutes ses propriétés. »

Certains peintres d'aquarelles très en réputation à Paris se bornent mystérieusement à faire bouillir le fiel de bœuf au bain-marie; à l'étendre sur des assiettes en couche mince, et à le faire sécher au soleil pendant un certain temps. Ce procédé est simple et surtout efficace pour purifier une petite quantité de fiel, et le décolorer au point qu'il n'altère plus les couleurs avec lequel il est mêlé, mais on comprend aisément que cette méthode n'est point applicable en grand; il vaut mieux dans ce dernier cas recourir au moyen suivant que l'on doit à M. Tomkins, graveur anglais :

« A une pinte de fiel de bœuf frais, bouilli et écumé, ajoutez 32 grammes d'alun en poudre fine; laissez la liquer sur le feu jusqu'à ce que la combinaison soit parfaite; lorsqu'elle est refroidie, versez-la dans une bouteille, que vous boucherez légèrement. »

« Prenez ensuite une pareille quantité de fiel de bœuf, bouilli et écumé; ajoutez-y 32 grammes de sel commun, et continuez de le laisser sur le feu jusqu'à ce que le tout soit combiné; après quoi vous le mettez dans une bouteille qui devra être légèrement bouchée.

« Cette préparation se conservera sans altération et sans dégager de mauvaise odeur, pendant plusieurs années.

« Lorsqu'on l'a laissée pendant trois mois environ dans une chambre où règne une température modérée, elle dépose un sédiment épais et s'éclaircit; alors elle est propre aux usages ordinaires; mais comme elle contient encore beaucoup de matière colorante jaune, faisant virer au vert les couleurs bleues et salissant le carmin, on ne peut pas l'employer pour les couleurs en miniature.

« Pour obvier à cet inconvénient, M. Tomkins recommande de décantier séparément chacune des liqueurs sus mentionnées, après les avoir laissées jusqu'à ce qu'elles soient claires, puis de les mêler ensemble par portions égales. La matière colorante jaune que retient encore le mélange se coagule aussitôt, se précipite, et laisse le fiel de bœuf parfaitement purifié et incolore. Si on le désire, on peut le verser à la fin sur un filtre de papier.

Cette préparation s'éclaircit en vieillissant, elle ne dégage jamais d'odeur désagréable, et ne perd aucune de ses qualités utiles. » (*Extrait du vol. XXXI des transactions de la Société d'encouragement de Londres.*)

Propriétés du fiel de bœuf purifié.

Outre les avantages que nous venons d'indiquer, le fiel de bœuf purifié possède celui de se combiner très facilement avec les couleurs, et de leur donner plus de solidité, soit lorsqu'il est mêlé avec elles, soit lorsqu'on le passe sur le papier après que les couleurs ont été appliquées. Il augmente l'éclat et la durée de l'outremer, du carmin, du vert et généralement de toutes les couleurs fines, et contribue à ce qu'elles s'étendent plus facilement sur le papier, l'ivoire, etc.

Combiné avec la gomme arabique, il épaissit les

FIL DE LAINE FLOCHE.

couleurs sans leur communiquer néanmoins un vernis désagréable; il empêche la gomme de se gercer et fixe tellement les couleurs, qu'on peut appliquer dessus d'autres nuances, sans qu'elles se combinent avec les premières.

Mêlé avec du noir de lampe et de l'eau gommée, il donne une couleur qui peut remplacer l'encre de Chine.

Pour préparer cette encre il suffit de faire noircir à la fumée d'une chandelle ordinaire un morceau de terre ou de verre, de recueillir le noir qui s'y est formé, de le mêler d'abord avec de l'eau gommée, et ensuite avec le fiel de bœuf purifié. On obtient par ce moyen une couleur qui n'a pas besoin d'être broyée, qui est d'un beau noir, s'étend très facilement sur le papier et ne peut en être enlevée sans le détruire.

Lorsqu'on passe le fiel de bœuf sur des dessins faits au crayon ou à la plombagine, les traits ne s'effacent plus, et on peut ensuite les enluminer avec des couleurs dans les préparations desquelles il est entré une petite quantité de cette liqueur.

Les peintres en miniature trouveront un grand avantage à l'employer; en le passant sur de l'ivoire, il lui enlève complètement la matière onctueuse dont sa surface était chargée; mêlé avec les couleurs, il les rend propres à s'étendre plus facilement et à pénétrer dans l'ivoire de manière à s'y fixer solidement.

On peut aussi s'en servir pour des transparents. On le passe sur le papier vernis ou huilé qu'on laisse ensuite sécher; les couleurs préparées avec un peu de fiel de bœuf s'y appliquent très également, et résistent à tous les moyens qu'on pourrait employer pour les enlever.

Mais nous le répétons, le fiel doit être très frais, autrement le procédé de M. Tomkins ne réussit pas, comme nous l'avons expérimenté nous-mêmes.

En Allemagne, M. Keller a fait usage du fiel de bœuf pour enduire une planche de cuivre destinée à la gravure à l'aquatinta par un moyen mécanique (voyez GRAVURE A L'AQUATINTA).

FIEL DE VERRE. Sel salin qui vient surnager le verre dans les pots de verrerie, et qui est alors extrêmement liquide; c'est du sulfate de soude impur.

FIL DE LAINE FLOCHE. On appelle ainsi, dans le commerce de la bonneterie et de la tapisserie à l'aiguille, le fil fait avec de la laine longue, peignée et très ouverte, soit anglaise, soit mérinos *métis*. Ce fil est composé le plus ordinairement de 3, 4, 5 et 40 brins, légèrement tordus à la filature et réunis ou doublés, soit à la Mull-Jenny, soit à l'aide d'une machine appelée *moulin*; de là est venue la dénomination de *fil floche moulin*.

Autrefois, c'est-à-dire sous le règne de Louis XIV et de Louis XV, on appelait, dans les fabriques, *fil d'Estain* le fil retors fait avec de la laine de Flandre peignée, qu'on nommait par conséquent *Estain*; ce genre de fil était principalement employé dans la fabrication de la tapisserie des Gobelins, des tapis de la Savonnerie, de la passementerie et de la bonneterie, etc. On ne connaissait point à cette époque le fil de laine floche fait avec de la véritable laine longue anglaise, qui a été fabriqué pour la première fois en France, vers l'année 1826, par M. Wulliamy, filateur à Nonancourt.

C'est au mois de mai 1836 que nous avons livré au commerce de Paris les premiers fils floches, faits avec de la laine mérinos-métis provenant de Berlin. Plus tard, nous avons employé exclusivement les laines mérinos françaises. Nous avons recherché inutilement pendant deux années (de 1831 à 1836) un filateur français qui voudrait bien entreprendre le filage de cette espèce de laine, la plus propre sans contredit au travail de la tapisserie à l'aiguille, et à la fabrication de la bonneterie de luxe.

FIL DE LAINE FLOCHE.

Ce n'est que depuis cette époque que les avantages de cette laine ont été reconnus et généralement appréciés par les fabricants de tapisseries.

La laine mérinos-métis fournit un fil soyeux, léger, élastique, floche ou gonflé, et par conséquent susceptible de garnir les mailles du canevas beaucoup mieux sans doute qu'on peut le faire avec la laine anglaise ou dite anglaise, plus lisse, plus rigide, et surtout plus pesante pour une même longueur déterminée.

Cette laine reçoit plus facilement et plus uniment les teintures qui flattent plus agréablement la vue, parce qu'elles ne sont pas luisantes, et qu'elles n'ont pas l'inconvénient de s'affaiblir par la lumière qu'elles réfléchissent.

La tapisserie à l'aiguille, faite avec ces fils de laine teints diversement, présente un aspect plus doux et plus agréable à la vue.

Aujourd'hui, la consommation des fils de laine mérinos-métis française qui, au commencement de l'année 1836 était nulle, s'élève au chiffre de plusieurs millions par année. Nous ne comprenons pas, dans le produit des ventes, les fils que quelques marchands de Paris et de la province font venir de Berlin par l'interlope, moyennant une prime d'assurance variable de 20 à 25 p. 100 de la valeur, inférieure aux droits de douanes auxquels sont soumis, à l'entrée en France, les laines peignées étrangères.

La plupart des marchands français vendent toujours les fils mérinos à broder sous la désignation de *fils de Berlin*, afin de vaincre, disent-ils, l'opinion régnante qu'on ne peut produire en France de fils à broder comparables à ceux de Berlin; et, par une bizarrerie singulière, les Berlinoises, eux, vendent les plus belles laines à broder sous la dénomination de laine *Zéphyre Ternaux*, du nom de notre illustre compatriote, qui importa, dit-on, à Gotha les premiers moutons mérinos-métis, dont la race croisée a produit la belle variété de laine longue propre à la broderie. « C'est ainsi, nous disait un Berlinoise, que nous honorons un homme qui a été utile à notre pays. »

Nous reconnaissons, cependant, que les véritables laines de Berlin l'emportent sur les laines françaises, non moins par la finesse des fils et la beauté des teintures, résultat d'un mode de filage et de teinture mieux entendu, que par un prix de vente moins élevé.

Le problème consiste donc aujourd'hui à obtenir, avec des laines mérinos-métis françaises, la réunion de toutes les qualités des fils de Berlin, pour satisfaire non seulement aux nécessités du travail de la tapisserie, mais encore aux exigences du consommateur. Mais, il faut le dire franchement, les filateurs et teinturiers français sont encore fort incertains sur le but à atteindre et sur les moyens d'en approcher.

Cherchons à fournir des indications positives sur le meilleur choix de la laine, et sur les phénomènes qui peuvent avoir de l'influence sur la réussite du fil floche. Notre intention cependant n'est pas d'entrer ici dans l'étude et la description des procédés pratiques de la filature; nous nous bornerons à fournir des renseignements exacts ou au moins suffisants pour effectuer, sans peine et sans tâtonnement, un bon et beau fil floche à broder.

Variété et qualité des laines mérinos-métis. Les toisons grasses, courtes, rondes, unies, c'est-à-dire celles qui présentent une surface rase, annoncent la régularité des mèches, la roideur des brins, et plus encore un grand déchet au désuintage, au peignage et à la filature.

Les toisons grasses, courtes ou longues, touffues et noueuses, c'est-à-dire dont les mèches se terminent par des nœuds, sont des indices de brins flexibles, ténus et élastiques, mais qui ne se soutiennent pas après le lavage du suint et des matières étrangères.

FIL DE LAINE FLOCHE.

Les laines, courtes ou longues, fines et crépues, sont trop molles, trop mobiles, trop faciles au feutrage; elles rendent toujours un fil faible et maigre.

Les laines d'agneau et celles dites de peau, abattues avant leur maturité ou leur développement, sont tendres, flexibles, mais elles n'ont pas la ténacité et l'élasticité convenables.

Les laines dites pelades, détachées au moyen de la chaux sur les animaux morts dans les fermes ou tués dans les boucheries, sont sèches, dures au toucher, dépourvues de la douceur, du moelleux et de la flexibilité que leur donne le suint, et réussissent mal à la teinture.

Or, pour obtenir le meilleur fil pour la tapisserie, il faut que tous les brins de la laine soient également flexibles, élastiques et nerveux; il faut enfin que tous les brins soient lisses, égaux et parallèles, c'est-à-dire peignés; par conséquent, la laine doit être longue; le cardage, au contraire, rendrait le fil velu et peu résistant.

Choix de la laine. On choisit les laines mérinos-métis dont les brins sont longs, frisés ou ondulés, c'est-à-dire dont les sinuosités sont peu développées et régulières; ces laines fournissent un fil floche, flexible, élastique et nerveux; mais les laines, dont les brins se développent en spirales ou vrilles, et s'enchevêtrent ensemble, produisent un fil serré, crépu et feutré.

Les laines provenant des moutons-métis et qui sont vendues dans le commerce sous la désignation de laines de la Brie, de la Champagne, de Reims, de la Bourgogne, du Soissonnais, etc., sont très propres à la fabrication des fils floches à broder, et beaucoup plus que les laines mérinos de race pure, celles de la Saxe par exemple, qui sont trop molles et trop feutrantes. Cependant il faut choisir préférablement celles détachées à maturité sur les animaux vivants qui ont pris péniblement leur nourriture dans des terrains arides et sablonneux. Ces laines, contenant moins de suint et de matières étrangères exigent des opérations de désuintage moins prolongées et par conséquent moins destructives, et fournissent surtout un déchet moins considérable au peignage et à la filature.

Au reste, l'expérience et la pratique nous ont conduit à reconnaître qu'on peut produire des fils à broder comparables à ceux de Berlin, en employant exclusivement les laines fines françaises; mais nous devons avouer aussi que l'opinion générale des filateurs et des marchands de laines est opposée à la nôtre.

Moyen de reconnaître et d'essayer la qualité de la laine brute ou peignée. On peut apprécier, au besoin, la douceur et le moelleux de la laine par le toucher.

On reconnaît la finesse des brins par la comparaison à l'œil nu, ou même par le micromètre de Daubenton, par le mesureur de laines de Köhler ou de Boisseau, ou par une filière ordinaire; mais à vrai dire, ces diverses appréciations ne sont ni rigoureuses ni absolues pour éclairer les filateurs et les fabricants qui doivent rechercher les laines légères, flexibles, élastiques et tenaces.

La laine brute qu'on veut éprouver doit être lavée dans une eau savonneuse (eau 100 parties, savon vert 4 à 5 parties), ou mieux dans une eau contenant 2 à 3 p. 100 de sous-carbonate de soude chauffée à la température de 50 à 60 degrés centigrades. Ce lavage a pour but d'enlever les corps gras et étrangers qu'elle contient toujours; puis on la rince à l'eau très claire, sans tordre ni brouiller les filaments qu'on démêle encore quand ils sont secs, avec un peigne ordinaire, afin de les rendre parallèles.

Cela fait, on reconnaît très bien la flexibilité des brins de laine par la faculté qu'ils présentent d'être pliés facilement sous un angle très aigu, et sans être endommagés, c'est-à-dire sans se couper à l'endroit où

FIL DE LAINE FLOCHE.

Ils sont pliés. On frotte et on retord entre les doigts plusieurs filaments qui s'enlacent d'autant plus facilement et plus parfaitement qu'ils sont plus légers, plus fins et plus souples.

Pour juger de l'élasticité d'une laine, il faut en prendre une poignée dans la main, et la presser à plusieurs reprises pour essayer son ressort; ensuite on étend plusieurs brins dans leur longueur, et on voit s'ils reprennent promptement et avec force la première dimension que le frisé leur donne.

Enfin, on essaie la ténacité ou la force d'une laine par sa résistance plus ou moins grande qu'opposent, avant de se rompre, plusieurs brins de même finesse et de même croissance tirés par les deux bouts; cette dernière épreuve, toutefois, n'offre qu'un indice de la force normale des brins pris isolément, et n'entre pour rien dans l'examen du fil complexe qui peut être plus ou moins résistant, suivant que les brins ou filaments qui les constituent sont plus ou moins fins, nombreux et tordus.

Manière d'appréter la laine peignée. Lorsque la laine peignée est grasse au toucher, lorsqu'elle n'est pas parfaitement désuintée, ou que l'on a employé une trop grande quantité de corps gras pour faciliter le peignage, et à une trop basse température, il est convenable de la laver dans la dissolution d'eau alcaline tiède dont nous avons déjà parlé. On la rince ensuite dans l'eau claire pour enlever les matières solubles et étrangères; puis on l'essore à l'aide de la machine de Penzold, ou du ventilateur de Lamberau (voyez machine à ESSORER), pour en extraire la plus grande partie de l'eau de lavage. Enfin, on la fait sécher à l'air libre et à l'ombre.

Cette préparation préliminaire a pour double effet : 1° d'enlever le corps gras qui attire la poussière, jaunit et tache la laine; 2° de donner à la laine plus d'aptitude à prendre l'eau, plus de facilité à subir les opérations du blanchiment (VOYEZ BLANCHIMENT), de la teinture et des apprêts (VOYEZ TEINTURE).

Cela fait, on expose la laine réduite en lames ou rubans à la cave pendant douze à vingt-quatre heures, ou mieux on l'humecte d'eau en la pressant entre des toiles mouillées, puis on la soumet à l'action d'une presse à vis pendant dix à quinze minutes, dans une caisse en bois fermée, et dans laquelle on introduit un courant de vapeur. On la retire ensuite pour la faire sécher à l'air libre et à l'ombre, ou dans un séchoir ventilateur.

La vapeur agit en se condensant par la basse température de la laine, dont les brins prennent ainsi un plus grand degré de souplesse, d'affinité et de cohésion.

De plus, la vapeur tend à conserver d'une manière invariable aux brins de laine la forme, c'est-à-dire la juxtaposition, qu'on leur a donnée par la pression. La chaleur ordinaire seule agirait mal sur les poils qui se contracteraient et se contourneraient en différents sens d'autant plus facilement qu'ils seraient plus fins, plus déliés et plus écartés les uns que les autres; c'est là un inconvénient qu'il faut éviter, si l'on veut obtenir facilement un fil lisse, net, régulier, tenace et gonflé.

Au besoin, on bat légèrement la laine nattée mollement, à l'aide d'un battoir en bois qui étend les brins, les étire, les rompt, développe leur frisé, leur flexibilité, leur élasticité, et les dispose par suite à se croiser, à s'enlacer plus facilement par la filature. Mais cette méthode ne doit être employée qu'avec discernement pour préparer les laines longues et grasses.

Enfin on file et on dévide la laine par les procédés ordinaires; cependant, nos propres expériences nous ont conduit à reconnaître qu'on peut obtenir les meilleurs résultats dans la filature, en employant la vapeur agissant librement sur la laine réduite en rubans et chauffant les peignes ou hérissons, etc.

Apprêt des fils de laine écrus. Cet apprêt a été employé pour la première fois, par nous, en 1837, et nous

FIL D'OR ET D'ARGENT.

en avons toujours obtenu des résultats satisfaisants. Au reste, nous avons suivi ou appliqué tout simplement les principes de l'apprêt sur les tissus de laine.

Voici notre manière de procéder : Nous développons plusieurs écheveaux sur deux bâtons ou *lissoirs*, passés dans leur circonférence, et nous les accrochons parallèlement sur un châssis ou *toltoir*. Nous formons ainsi plusieurs couches ou rangs d'écheveaux que nous plaçons les uns au-dessus des autres, entre des toiles légèrement humectées d'eau.

Nous entourons les écheveaux avec une espèce de sac d'étoffe de laine peu serrée, et nous les plaçons dans une cuve fermée, dans laquelle ils sont exposés, pendant 15 à 20 minutes à l'action simultanée de la vapeur sèche et d'une légère pression que l'on augmente graduellement. Cette opération rend les fils plus unis, plus lisses, en aplissant d'une manière invariable les poils ou duvets.

C'est en séchant sous la double action de la chaleur et de la pression que la laine acquiert du lustre, du brillant à l'œil, et une plus value marchande de 25 à 30 p. 100.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que la laine ainsi apprêtée perd quelquefois un peu de sa blancheur; que le fil diminue de longueur et s'étend plus difficilement, parce que les brins éprouvent trop de frottement pour pouvoir glisser les uns sur les autres. Le fil de laine devient, toutefois, plus souple, plus élastique, plus tenace et plus gonflé ou floche.

Si l'on veut obtenir des fils écrus encore plus floches et plus ouverts, il suffit de les exposer pendant un temps déterminé à l'action d'un ventilateur, ou d'un courant d'air sec.

Nous ne terminerons pas cet article sans parler d'une fraude qui se pratique journallement dans le commerce des fils de laine. Cette fraude consiste à passer la laine à la vapeur libre. c'est-à-dire à la mouiller, ce qui lui donne momentanément plus de mollesse, plus de douceur au toucher et plus de poids; tous les acheteurs savent cela, cependant les personnes inhabiles ou trop confiantes se laissent prendre tous les jours à cette apparence trompeuse. ROUGET DE LISLE.

FIL D'OR ET D'ARGENT. Nous n'entendons pas parler ici de l'étirage de l'or et de l'argent, qui se fait comme pour les autres métaux, au moyen du banc-à-tirer, mais des fils de soie blanche ou jaune recouverts d'un fil très mince et aplati, d'argent seul ou doré. Le seul soin à prendre en tordant les fils, est de régler la torsion de manière à ce que le fil métallique se roule en hélice sur la soie de manière à la recouvrir complètement.

FIL RETORS. (*ang. thread, all. zwirn*). La réunion de plusieurs brins de coton, de laine ou de lin, pour en former par la torsion un seul fil, servant à la couture, à la confection des filets, etc., s'exécute au moyen de la machine représentée en coupe transversale figure 883; *a*, bâti en fonte de la machine; *b*, châssis sur chacun des côtés duquel s'étend une rangée de bobines *l, l*, mobiles sur leurs axes et couvertes de fil à tordre; ce fil passe des bobines sur les baguettes de verre *c, c; d, d*, sont de petites cuves allongées en bois doublées de plomb et remplies d'eau, qui servent à mouiller le fil, dans le but de faciliter sa torsion. On mouille toujours le lin, plus rarement le coton et jamais la laine. On réunit les fils qui doivent être tordus ensemble en les forçant à passer à travers des boucles *e, e*, pratiquées à l'une des extrémités de fil de métal, et placées comme l'indique la figure. De là les fils passent sur les cylindres étireurs *g, h*, dans le sens indiqué par les flèches, puis sur des rouleaux métalliques *n, n*, mobiles autour des charnières *o, o*, afin de pouvoir faire varier au besoin leur position, et qui les conduisent sur des bro-

ches *m*, *m*. Le cylindre *g*, est en fer ou en laiton, et le cylindre *h*, en bois de hêtre avec un axe en fer; *j*, *i*, *k*, sont les supports des cylindres; les cylindres *g*, forment un seul arbre sur chacun des côtés de la machine et reçoivent leur mouvement du moteur, au moyen d'engrenages, tandis qu'il y a autant de

En faisant varier la vitesse de rotation des cylindres *y* et *k*, celle des broches demeurant constante, on fait varier à volonté le degré de torsion des brins.

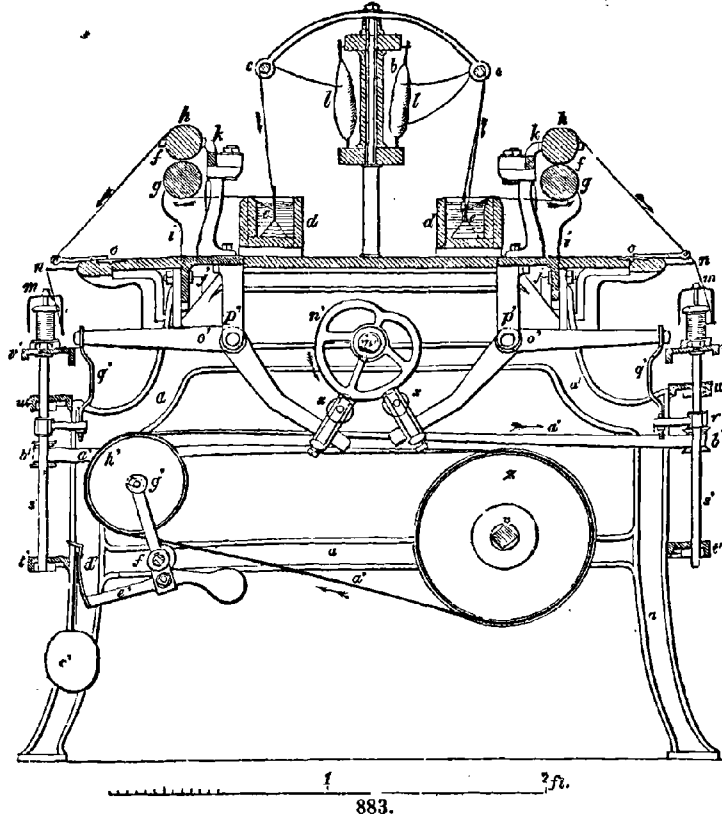
FILETS (*angl. net, all. netz*). On sait que les filets qui servent pour la pêche sont faits avec des fils très résistants, qui forment des mailles de grandeur variable

suyant les filets; chacune de ces mailles est limitée par des nœuds disposés de manière à résister et à se consolider par la traction.

Dans la fabrication ordinaire à la main, fabrication qui exige l'emploi d'un moule (dont la grosseur est en raison de la grandeur des mailles) et d'une navette autour de laquelle s'enroule le fil, c'est la révolution de ce fil qui constitue la boucle, qui serrée après le passage de la navette forme le nœud.

On voit combien cette fabrication est plus compliquée que celle des tissus, qui ne sont formés comme la toile que par l'entrelacement des fils, et même que les tissus à mailles comme le tulle, le tricot, qui sont formés de mailles non arrêtées par des nœuds, et dont la fabrication à la mécanique paraît être la dernière limite des ressources de la science du mécanicien constructeur.

Un des plus habiles mécaniciens que la France ait possédés, M. Pecqueur, a voulu aller au delà, et après s'être essayé en combinant de



cylindres *h*, que de broches, et que ces cylindres sont mus par la friction des cylindres inférieurs.

Les broches ont un mouvement vertical de va-et-vient, et en même temps leurs ailettes reçoivent un mouvement de rotation continu, afin que le fil se répartisse également sur la surface des broches.

L'axe *v*, qui reçoit le mouvement du moteur, porte de distance en distance des poulies *x*, qui font mouvoir, au moyen de courroies sans fin, quatre broches à la fois: la courroie *a* passe d'abord sur un rouleau de pression *h*, sur l'axe duquel agit un levier coudé *g' f' e'*, chargé d'un contre-poids *c'*, puis de là elle passe sur les gorges *b'*, montées sur les axes *s'* des ailettes de deux broches de droite, revient passer sur les gorges *b'*, des axes des ailettes des deux broches de gauche opposées, pour retourner ensuite sur la poulie *x*, en suivant les directions indiquées par les flèches.

L'extrémité d'un des cylindres *g*, imprime, au moyen d'engrenages, un mouvement de rotation continu à l'axe *m'*, portant des courbes en cœur *n'*, qui en agissant sur les galets *x*, *x*, fixés à l'une des extrémités des leviers *o', o'*, mobiles autour des points *p', p'*, impriment à ces leviers un mouvement de va-et-vient qu'ils transmettent par l'intermédiaire des fourchettes *q', q'*, embrassant les collets *r', r'*, aux axes des broches, qui sont guidés par les pièces *t'* et *u'*.

charmantes petites machines qui servent à la fabrication des bourses en filets, il a attaqué celle des filets de pêche et y a complètement réussi. Chacun a pu admirer à l'Exposition de 1849 cette belle machine et se convaincre, en la voyant fonctionner, de tout ce qu'elle renferme d'ingénieux. On-en jugera encore mieux en étudiant dans le Bulletin de la Société d'encouragement (juillet 1852) les dessins de l'inventeur, auquel cette Société a décerné un grand prix qu'elle avait proposé pour la solution du problème de la fabrication mécanique des filets de pêche.

Dans l'impossibilité de donner ici des figures en assez grand nombre et des explications assez détaillées pour faire apprécier cette machine dans tous ses détails, nous tâcherons seulement d'en donner une idée. Ce qui la rend remarquable, entre bien des dispositions mécaniques très ingénieuses, c'est l'emploi multiplié qui y est fait: d'excentriques pour y imprimer des mouvements dont les lois sont très complexes et de joints brisés pour produire des mouvements de rotation en même temps que des mouvements de translation.

Des fils verticaux sont tendus parallèlement; une ligne de crochets vient les accrocher, puis se recule et se renverse; le fil passe sur le pied du crochet: celui-ci, tournant, vient alors prendre une seconde fois le fil, et, se redressant, laisse partir le premier fil, la dent du crochet

FILETS.

étant à la partie inférieure, et forme ainsi la boucle. Le porte-crochets, s'avancant, vient engager les fils sous une rangée de navettes, et, après les avoir abandonnés, reprend sa place. Ces navettes, placées sur le cadre tournant d'un axe horizontal, s'éloignent des fils verticaux, et entraînent la boucle qui passe dans chacune d'elles, formant le nœud comme dans le travail à la main. Arrivées à une distance convenable, ces navettes basculent; et comme la partie circulaire autour de laquelle elles tournent est entaillée, le fil est lâché, comme fait le petit doigt dans le travail à la main quand la maille est convenablement serrée, et l'opération se continue pour former une nouvelle série de mailles.

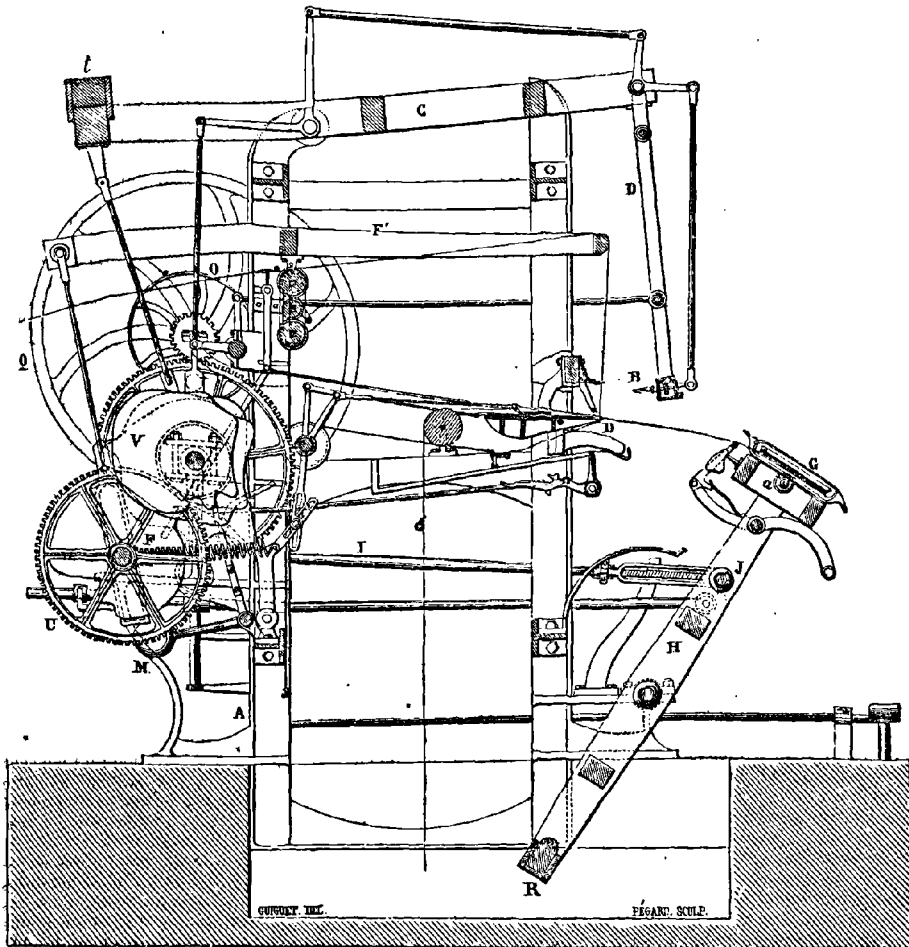
On voit sur la fig. 884 le système qui donne aux cro-

FIJERES.

chettes le mouvement de rotation, après qu'ils ont accroché les fils, et qui se compose d'une longue crémaillère qui engrène avec de petits pignons montés sur l'axe de chaque crochet. On voit aussi très clairement sur cette figure comment la navette étant toujours accrochée, le fil peut cependant passer dessous, grâce à l'encoche pratiquée dans le galet à rebords engagé dans une rainure qui l'assemble avec le châssis oscillant.

Par cette disposition le galet ne peut plus se séparer de la navette, et peut pourtant tourner sans elle. Cette fig. 884 est la coupe de la machine, et a été choisie entre celles qui servent à la représenter, parce qu'elle en indique assez bien la construction en montrant l'élément composé d'une navette et d'un fil, élément qui se répète autant de fois qu'il y a de navettes disposées les unes à côté des autres. Elles étaient au nombre de cinquante-deux dans la machine mise à l'Exposition.

G, navette; H, levier oscillant qui porte la navette et permet de serrer le fil; DD, rangées de crochets formant rateau et recevant un mouvement alternatif de va-et-vient; ils ont pour objet de saisir et maintenir les



884.

chets le mouvement de rotation, après qu'ils ont accroché les fils, et qui se compose d'une longue crémaillère qui engrène avec de petits pignons montés sur l'axe de chaque crochet. On voit aussi très clairement sur cette figure comment la navette étant toujours accrochée, le fil peut cependant passer dessous, grâce à l'encoche pratiquée dans le galet à rebords engagé dans une rainure qui l'assemble avec le châssis oscillant.

nœuds à mesure qu'ils sont formés; B, crochets dont le mouvement compliqué part des deux arbres K et L, qui portent les excentriques et les manivelles qui leur communiquent le mouvement; I, bielle qui éloigne les navettes et fait serrer les nœuds.

FIJERES EN PIERRES FINES. Nous avons parlé des filières en acier à l'article **BANC-A-TIERR**, nous traiterons ici du progrès que, il y a quelques années

seulement, une heureuse idée, l'application des pierres fines à la construction des filières; on fait faire à la tréfilerie des métaux fins; amélioration aussi importante sous le rapport de la perfection que de l'économie des produits.

Le travail des pierres fines destinées à la construction de filières propres à tirer dans les numéros les plus fins les métaux précieux se rapproche beaucoup de celui des pierres employées dans l'horlogerie; seulement on emploie des pierres plus fortes, et les trous, au lieu d'être à peu près cylindriques comme pour les montres, doivent présenter un double évasement d'une forme particulière. La main d'œuvre et les outils sont, à peu près les mêmes dans les deux industries. Voici en peu de mots en quoi consiste le travail qui nous occupe:

On doit d'abord faire choix de rubis ou saphirs sains et durs; cette dernière qualité les rendant ordinairement opaques et marbrés, ce sont les pierres rejetées par la bijouterie qui conviennent le mieux aux filières: ces pierres doivent surtout être pures de tous corps étrangers, tels qu'oxydes métalliques ou autres, de quelque nature qu'ils soient.

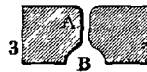
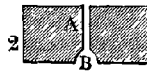
Le travail se fait sur des tours d'une extrême délicatesse et d'un ajustage parfait. Comme mordant pour user, tourner, percer et polir les pierres, on emploie le diamant fin, qui seul peut mordre sur la première dureté au dessous de lui. Outre les esquilles de diamant qui servent de burin pour tourner, on en réduit en poudre fine qui se tamise à l'huile pour servir, dans les différents numéros qu'on obtient ainsi, aux diverses opérations, depuis le sablage de la meule ou lapidaire à user, pour laquelle on emploie le premier et le plus gros numéro jusqu'au dernier polissage qui se fait avec le dernier numéro, qui n'est autre qu'une poudre presque impalpable.

La première opération est l'*applatissage*, qui consiste à passer les pierres sur le lapidaire, et à les amener à présenter deux faces parallèles ayant pour écartement la plus grande épaisseur que peut produire la pierre, en raison de sa grosseur et de sa forme primitive. Les plus petites pierres servent aux filières destinées à tirer les fils capillaires, et peuvent, après le tournage, représenter des lentilles de 2 millimètres de diamètre sur 4,5 millimètre d'épaisseur. Le tournage consiste, après avoir aplati les pierres selon deux faces parallèles, à leur donner une forme de pourtour parfaitement ronde.

Cette opération du *tournage* se fait avec des burins en diamant, après avoir fixé la pierre au tour, à l'extrémité d'un tasseau, où elle reste attachée par un ciment à la gomme laque. La pierre s'appuie sur une de ses faces, qui devient, pour tout le reste du travail, la base sur laquelle on se fixe pour percer et obtenir un trou bien perpendiculairement à cette face, qui est plus tard le point d'appui de sertissage; on obtient ainsi une régularité d'exécution sans laquelle on ne pourrait arriver au but dans un travail aussi délicat.

Le *perçage* se fait ensuite sur un tour ordinairement consacré exclusivement à ce travail, et dont on peut se figurer la perfection d'ajustage en sachant que l'axe de ce tour ne marche pas à une vitesse moindre de cinq à six mille tours à la minute, et porte, dans un trou foré à cet effet, une petite broche d'acier collée au ciment après avoir été trempée et revenue presque bleu. Cette broche d'acier sert de foret pour la pierre. La justesse du tour permet en effet de tourner cette broche jusqu'à une finesse moindre que celle d'un cheveu fin, parfaitement cylindrique sur une longueur de 2 à 3 millimètres. Le même tour porte, en avant de l'arbre, sur une verge carrée, un chariot bien ajusté, portant lui-même, à sa partie supérieure et au niveau de l'arbre du tour, une petite pièce d'acier, ou plus souvent de laiton, qu'on nomme le *coulant*, vu sa pro-

priété de glisser dans la rainure qui le contient, en suivant une ligne parallèle à l'axe même du tour; c'est au bout de ce coulant, du côté de l'arbre du tour, et par conséquent précisément en face du foret, que se colle la pierre. La disposition du chariot, porteur du coulant, est telle, qu'au moyen de plusieurs vis on amène la pierre à présenter son centre à la pointe du foret. On met alors sur la pierre une goutte de poudre de diamant délayée dans de l'huile fine, puis, le tour mis en mouvement à la vitesse que nous avons indiquée, on vient faire appuyer la pierre contre le foret, en appuyant légèrement sur le coulant avec le bout du doigt. Pendant cette légère pression, le bout du foret broie contre la pierre les grains de poudre qui se trouvent entre elle et lui; mais son mouvement de rotation excessif chasse bientôt ces grains de poudre; on retire alors le coulant: la goutte d'huile qui est sur la pierre, et au milieu de laquelle passe le foret, vient remouiller la place mise à sec, et y rapporter en même temps de nouveaux grains de poudre de diamant, qu'une nouvelle pression du foret vient chasser, et qui sont remplacés par ceux que ramène l'huile, le coulant s'étant de nouveau éloigné. C'est par ce jeu continu de va et vient de la pierre contre le foret que s'obtient le perçage; car à chaque contact le foret chasse bien la poudre, mais ce n'est pas sans avoir fait subir à chaque grain qu'il rencontre un petit mouvement de rotation qui a fait un trait contre la pierre moins dure que le grain de diamant. C'est la succession de ces frottements qui, emportant peu à peu quelques atomes de la pierre, finit par produire un trou cylindrique au milieu de la masse dure et compacte A (fig. 1). On peut se figurer la délicatesse de tout ce travail en pensant aux dimensions des corps sur lesquels on agit.



faisant tout marcher, le même ouvrier peut conduire plusieurs tours à la fois.

Après ce travail du perçage, qui n'atteint jamais au delà des deux tiers de l'épaisseur de la pierre, on comprend qu'il faut ouvrir du côté opposé un jour à ce premier trou. Cela se fait au moyen d'esquilles pointues en diamants fins: la pierre se colle au ciment sur une petite plaque de laiton à jour dans le centre; cette plaque entre juste et ferme hermétiquement une boîte nommée *barille*, ajustée à l'arbre d'un tour; elle peut se retourner, et est assez bien ajustée pour que le centre ne change pas. Ainsi, ayant collé la pierre d'un côté en la concentrant par le trou du perçage, on retourne le couvercle, et à travers l'ouverture de son centre, derrière laquelle la pierre se trouve placée, on pratique dans celle-ci un trou conique B (fig. 2), qui vient rencontrer, précisément par son sommet, le fond du trou percé au foret. La filière est ainsi mise à jour; mais elle ne présente encore qu'un trou cylindrique terminé d'un côté par une large ouverture conique dont on ne doit plus tenir aucun compte; il reste à donner à la pierre la partie cylindrique du trou auquel il faut donner la forme voulue avant de le sertir au milieu d'une plaque ronde en laiton qui lui sert de monture pour pouvoir être manié aisément et placé convenablement dans les porte-filières ou *jeux* qui font partie des bancs à tirer.

On doit contre-percer et former le trou avant de le sertir, parce qu'à cet état on peut voir dans l'intérieur

de la pierre au moyen d'une petite facette polie qu'on a pratiquée sur le champ de la pierre; c'est par cette facette qu'on voit, en pratiquant le contre-perçage à l'esquille, le moment où il vient rencontrer le fond du perçage. La forme se donne au moyen de petites broches d'acier dont on lime le bout en cônes plus ou moins allongés que l'on passe successivement en commençant par les plus obtus. De même que pour le perçage on commence par mettre à l'entrée du trou une goutte de poudre de diamant délayée dans l'huile: cette poudre use le pourtour du trou selon la forme des divers cônes que l'on passe et qui la broient contre la pierre. La dernière broche que l'on passe n'est plus un cône, mais bien une broche cylindrique plus fine que le trou lui-même, et qui le traverse d'outre en outre; cette broche travaille le milieu du trou où les cônes n'ont pu atteindre, et, en s'inclinant légèrement de côté, elle enlève les angles que les cônes ont laissés entre eux, et marie les facettes successives qu'ils ont produites. Toutes ces broches coniques et cylindriques en acier se passent avec de la poudre d'un numéro un peu plus gros. Quand le trou a été ainsi formé (fig. 3), on enlève cette poudre au moyen d'un *brochon* de bois de fusain: ce bois, au moyen d'un petit couteau bien affilé, peut produire une pointe allongée et assez fine pour plonger dans ces trous du diamètre d'un cheveu, et y ramasser la poudre de diamant, qui les salit après avoir servi à les former. On passe ainsi plusieurs brochons de chaque côté, puis on recommence l'opération que l'on vient de faire, mais en employant des broches de laiton et de la poudre fine qui polit parfaitement; enfin, après un nouveau nettoyage, on s'assure à la loupe du poli et de la forme. La forme de la section de la filière varie suivant le métal que l'on doit tirer. En principe, elle doit toujours être telle que la section du trou, selon son axe, présente sur les bords une courbe parabolique dont chaque élément a pour tangente le côté du cône qui a servi à la produire, et dont la longueur a un rapport voulu dépendant de la section du cylindre du fil qui doit y passer, en tenant compte encore de l'espèce de métal. Ainsi la forme de la filière pour or doit être beaucoup plus allongée que celle de la filière pour argent, les surfaces de frottement étant ainsi bien plus allongées dans le premier que dans le second cas.

L'acier exige, au lieu d'une courbe fortement arrondie, une filière dont l'entrée est un cône presque droit.

On comprend, du reste, que cette courbe voulue pour une bonne filière cesse au point où, dans la longueur de l'axe du trou, le métal une fois comprimé cesse de toucher aux parois de la filière. La sortie du trou est semblable à l'entrée, sauf la dimension. Ce second évasement sert à deux fins: d'abord à permettre au trait (le fil) de reculer, ce qui n'arriverait pas si le trou finissait brusquement, selon une ligne droite perpendiculaire à son axe, car alors il présenterait une arête vive qui ferait l'office d'un couteau circulaire qui arracherait les molécules du métal, et ne lui permettrait pas de retourner en arrière; ensuite, la matière, ménagée ainsi en une légère courbe, présente un épanchement qui soulève la filière, qui, sans cela, s'aiguiserait et s'en irait en éclats sous la pression du métal qu'elle comprime. On voit, d'après la figure 3, que l'entrée du trou est bien plus large que la surface de section du trait qui doit y passer; cela est nécessaire, le fil n'arrivant pas toujours suivant une ligne parfaitement droite, suivant l'axe du trou; il faut qu'il rencontre, en flottant, des surfaces parfaitement polies, et ayant elles-mêmes la forme continuée de la partie principale du trou, celle dans laquelle le fil reçoit sa plus forte pression, et qu'on appelle le *fait* de la filière.

On peut se figurer l'importance de la forme et du poli des filières, quand on pense au travail qu'elles doivent produire. Ainsi pour l'or, par exemple, employé

dans la passementerie, ce n'est point sur un fil d'or massif qu'on opère, ce n'est que sur une légère feuille superposée à un bâton de cuivre rouge ou d'argent; ce bâton a à l'origine 30 millimètres de diamètre. On applique sur toute la longueur, qui est d'environ 80 centimètres, 2 grammes d'or par partie du poids de 250 grammes; cet or est en feuilles minces d'un décim. carré; on roule ces feuilles autour du bâton. Or, le cube d'or massif de 4 décimètre carré pesant 47 kilogr. la feuille de 2 grammes, qui représente une des couches du cube, a donc pour épaisseur 0^m,00404, un dixième de millimètre. Il faut amener ce bâton à la finesse d'un cheveu, et cela en l'étirant de manière à ce que l'or s'étende avec la matière première du bâton et qu'il y en ait toujours partout. C'est en effet ce qui arrive; et à cette extrême finesse, la couche d'or a conservé le même rapport qu'elle avait dans le principe avec le corps du bâton. On comprend d'après cela toute l'importance de la perfection de la filière pour qu'elle n'enlève ou seulement n'altère pas cette couche d'or, dont l'épaisseur ne peut plus se représenter que par plusieurs décimales au-dessous des 40 millièmes. D'un autre côté, à de pareilles finesesses les fils ont bien peu de résistance, et à chaque trou ils supportent une compression qui les réduit d'au moins 1/5 de leur diamètre. Pour l'acier, on n'a pas à ménager la couche superficielle de la matière, mais il n'en faut pas moins par les autres raisons énoncées, que les filières soient parfaites, car elles servent alors à étirer l'acier employé à fabriquer les spiraux, qui dans les montres font partie avec le balancier du régulateur de la pièce. On peut se figurer dans les montres qui descendent aux dimensions de 5 à 6 lignes de diamètre ce que peut être le spirail: il est fait d'un fil d'acier laminé plus fin que les grosseurs que nous indiquons plus loin pour les fils d'or, et qui n'a plus, par cette raison, que bien juste la force de supporter le tirage.

La forme de la courbe parabolique a encore l'avantage d'agir sur le trait de telle manière que la compression s'exerce dans l'épaisseur entière du fil, et que le centre s'étire autant que la surface immédiatement en contact avec les parois de la filière.

Après l'application du rubis et du saphir à la fabrication des filières, on a dû naturellement penser à l'emploi du diamant lui-même. Depuis plusieurs années, en effet, on a essayé ce genre de filières; mais jusqu'ici on n'est arrivé qu'à des résultats trop imparfaits pour en permettre l'usage sur les métaux précieux.

On n'a pas encore pu obtenir dans ces filières les formes prescrites parfaitement exécutées. L'excessive dureté du diamant, contre lequel on ne peut rien faire mordre que lui-même, n'a pas encore permis d'arriver entièrement au but. On en fabrique cependant, mais seulement pour tirer des matières qui nécessitent moins de soins que le fin. Le prix élevé de la fabrication, résultant de la longueur du travail, s'est opposé de son côté à la généralisation de l'emploi des filières de cette espèce. Des ouvriers habiles parviendront peut-être à résoudre cette question importante d'économie de fabrication et de perfection de fini, mais jusqu'ici le but n'a pas été atteint.

Nous donnons, fig. 4, la forme du banc à tirer en usage pour la tréfilerie fine exécutée dans les filières en pierres fines.

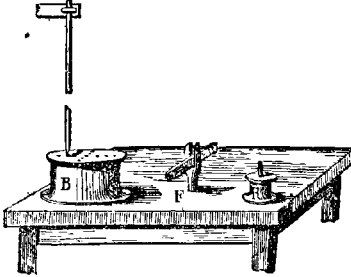
B est la *bobine*, dont le tambour a 40 centimètres de diamètre environ. Cette bobine est mise en mouvement avec la main gauche au moyen d'une manivelle. Celle-ci est formée d'un bâton terminé au bas par une pointe d'acier qui entre dans un trou fait sur la bobine; l'autre bout monte jusqu'au plafond, où il joue dans une ouverture faite à une planche qui le retient ainsi de côté.

R, la *roquette*, de 5 centimètres environ de diamètre, sur laquelle est placé le trait que l'on veut diminuer

FILIÈRES.

en le passant dans une filière retenue par la *joue* placée entre les deux; cette joue est une espèce de fourchette dans laquelle entre à simple pression le *porte-filière*

F, porte-filière, dans lequel est retenue la filière sous



4.

la pression d'un ressort. Le trait ne passe pas directement de la *roquette* à la filière, il passe d'abord sur une baguette de bois que l'ouvrier tient à la main droite, et qui lui sert et à diriger le trait et à contre-balancer les secousses qu'éprouve la roquette, et qui seraient rompre le fil.

Les *bâtons*, pris à 30 millimètres de diamètre, ne s'étirent pas tous jusqu'à la finesse d'un cheveu. Suivant l'objet auquel les traits sont destinés, ils restent à des numéros plus gros dont voici les tables :

Pour le faux cuivre rouge	}	Argenté.	}	43	
et le mi-fin.		Doré.		44	
Numéros pour crochets et chapelets.	}	Arbitraires.	}	45	
					46
Paillettes.	}	Paillettes.	}	47	
				6	48
				6 1/2	49
				7	20
				7 1/2	22
				8	24
				8 1/2	26
				9	28
				9 1/2	30
				10	23
10 1/2					
11					
11 1/2					
12					
12 1/2	Fin. d'un chev.				
Pour le fin.	}	Argent pur	}	5 1/2	
		et argent pur doré.		6	
Paillettes.	}	Bouillons.	}	6 1/2	
				6	7
				6 1/2	7 1/2
				7	8
				7 1/2	8 1/2
				8	4
				8 1/2	4 1/2
				9	2
				9 1/2	2 1/2
				10	3
10 1/2	3 1/2				
11	4				
11 1/2	4 1/2				
12	5				
12 1/2	5 1/2				
	6				
	Fin. d'un chev.				

Les numéros de paillettes sont les mêmes que pour

FILIÈRES.

le faux. On désigne par la lettre P les numéros de 4 à 6, avec les 1/2 intermédiaires.

On voit par cette table des numéros correspondants dans chaque genre, que les gros numéros de faux manquent dans le fin, qui par contre en contient davantage dans les plus fins.

GARAPON.

FILIÈRES. L'instrument qui sert à former les filets des vis porte le même nom que celui qui permet d'étirer les métaux en fils; c'est là une lacune de langage technologique, car il n'y a entre eux aucun point de similitude.

Les *filières à fileter* servent à former des pas de vis sur des cylindres en bois ou en métal de dimensions moyennes, car lorsque les pas de vis deviennent très forts on les obtient sur le tour par une machine-outil spéciale.

Les filières sont en acier, et leur disposition varie suivant le diamètre des vis à obtenir et la nature de la matière à travailler. On les divise en trois classes : les *filières simples*, les *filières doubles* ou *filières à coussinets*, et les *filières à bois*. Nous examinerons successivement chacune de ces trois espèces.

Disons d'abord que cet article doit être étudié avec l'article *Taraud*, puisque la fabrication de l'écrou ou le filetage du trou qui reçoit la vis est la seconde partie de l'opération qui permet d'utiliser celle-ci. La fabrication du taraud a mené à un perfectionnement de la filière, qui n'est pas compris dans l'article suivant, que nous énoncerons brièvement.

Pour commencer une vis on employait souvent, comme nous allons le voir, une première filière à trou conique, mais alors les filets, formés successivement de courbes d'inclinaisons différentes, étaient *machurés*. On a trouvé avantage, comme pour le taraud, à employer un tron conique et à le rendre conique en enlevant partie de l'extrémité des filets à l'entrée. L'outil ne tend plus à former des filets d'inclinaisons différentes (voyez *TARAUD*).

Les filières simples ne sont employées que pour le filetage de vis d'un faible diamètre; ce sont des écrous pratiqués dans une planche d'acier au moyen de tarauds, et qui deviennent aptes, une fois trempés, à tarauder les cylindres d'acier non trempé, de fer ou de cuivre. Il faut autant d'écrous de différents diamètres que de grosseurs de vis à obtenir; le plus souvent on en pratique une certaine quantité sur une même planche d'acier. Cette planche a d'ordinaire la forme indiquée sur les fig. 884 et 885; elle est plus épaisse à un bout qu'à l'autre; les gros trous, qui ont besoin tout autour d'eux d'une grande résistance, sont taraudés dans la partie la plus épaisse, les petits trous dans la partie la plus mince. La filière ne doit pas avoir un trop grand nombre de filets, parce qu'elle serait trop dure à conduire, et qu'on courrait risque de rompre les vis d'un petit diamètre; on ne dépasse guère trois filets à trois filets et demi. On ne doit pas non plus jamais mettre moins de deux filets et demi, parce que le filetage se ferait mal, qu'une vis un peu longue se courberait, et que la filière serait promptement détériorée.

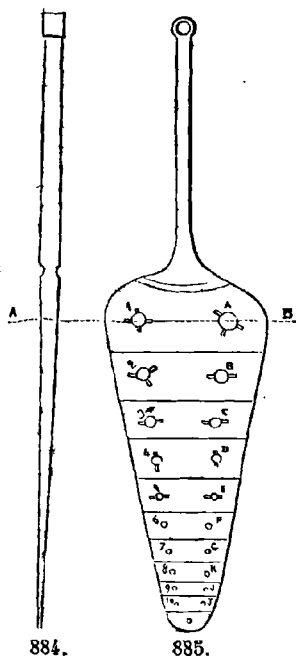
Quelquefois la planche est d'égale épaisseur; on conçoit alors que les petits trous qui reproduisent des pas très fins auraient un trop grand nombre de filets. Pour obvier à cet inconvénient, on les évase jusqu'à ce qu'il n'y reste plus que trois filets.

Pour produire une vis, on emploie d'ordinaire les deux trous situés à côté l'un de l'autre. Le trou 1 est taraudé avec un taraud conique, la partie la plus évasée devant être en dessous. La vis est d'abord passée dans ce trou, puis on la tourne dans le trou 2 qui est cylindrique, et qui la termine complètement. Quand on filete avec les gros trous, on pince la vis dans l'étau, et on tourne la filière en la tenant par les deux bouts; les

FILIÈRES.

distances du trou aux deux extrémités, ou les bras de levier de la force, sont égaux à peu près; condition indispensable pour la facilité du filetage.

Cette condition n'est plus satisfaite pour les petits trous; mais l'effet à produire étant alors peu considérable, on tient la filière dans la main gauche, et on fait tourner de la main droite la petite vis que l'on tient serrée dans une pince.



884.

885.

La construction d'une pareille filière n'est pas une chose très facile; on devra choisir de l'acier fondu de première qualité, qu'on forgera suffisamment pour ne pas le rendre pailleux, en ayant soin de le ramener souvent au feu, et de le traiter à petits coups pleins et nourris. Au sortir de la forge, on dresse la planche, suivant une décroissance bien égale, soit à la lime, soit à la meule; on marque la place des trous avec le poinçon, et on les perce. Après cela vient l'opération du taraudage. On emploie de préférence des tarauds coniques allongés et élargis à la lime, et affûtés après la trempe sur la pierre à l'huile, afin de bien couper la matière et de ne pas la refouler.

Le trou A se fait avec un taraud conique, il est plus grand en dessous qu'en dessus; le second trou A avec un taraud cylindrique un peu moins fort que le dessus du premier trou.

Quand les trous sont taraudés, on fait à la lime dans les filets les dégagements, dont nous étudierons plus tard le but et la forme; on n'en fait point aux petits trous, non qu'ils soient inutiles, mais parce qu'on trouve peu de limes pour passer dans ces petits diamètres. Les dégagements faits, on repasse les tarauds dans les trous, et on procède à l'opération de la trempe.

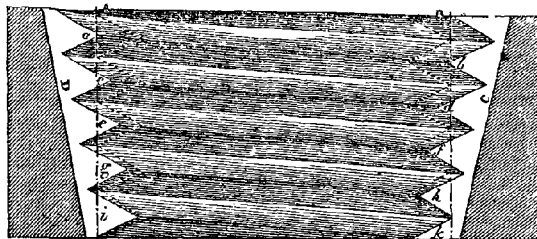
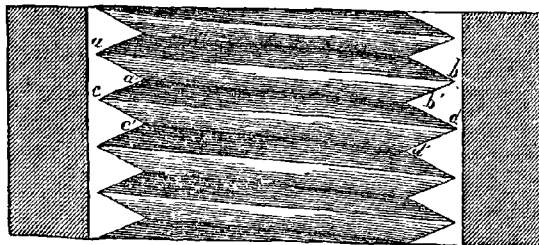
Il est difficile de tremper une filière sans la gauchir, surtout si on a employé dans sa fabrication de la tôle d'acier; car l'acier laminé gauchit beaucoup plus que l'acier martelé et récroûlé à froid. Pour tempérer l'action de l'eau, on l'emploie tiède, ou on répand un peu d'huile à sa superficie; on entre la filière par la

FILIÈRES.

tranche, et on la promène dans le sens de l'entrée. D'autres fois, on fouette l'eau avec le dessous de la filière; puis on la retire, on la retourne, et on la plonge aussitôt; le premier coup fait gauchir, le second ramène dans la ligne droite. On recuit au bleu, quand l'acier est de première qualité, sinon gorge de pigeon ou couleur d'or.

Les fig. 886 et 887 représentent les coupes de deux

886.



887.

filières à une dimension dix ou douze fois plus grande que nature, et avec un plus grand nombre de filets qu'on n'en emploie ordinairement. La figure 886 est une filière cylindrique destinée à finir les vis; la figure 887 une filière conique qui commence les vis et leur donne entrée à la filière cylindrique.

Dans ces dessins, nous ne supposons que deux dégagements à chaque trou, comme en B, fig. 885, etc. La coupe passe par ces dégagements, et on voit en arrière une moitié de la filière; les grandes lignes AB, représentent la grosseur de la vis à tarauder. En supposant que la matière ne soit jamais refoulée, cette grosseur est alors égale à la profondeur des filets inférieurs.

Supposons maintenant qu'on introduise le cylindre AB à fileter dans la filière 887, il sera attaqué en a, et le premier filet s'y incrustera d'une quantité égale au petit triangle a. En tournant d'un demi-tour, la partie attaquée se mouvra, suivant la ligne inclinée ab, sans rencontrer un dégagement; et une fois arrivée en b, elle se sera agrandie, et le métal se sera nécessairement refoulé d'une quantité égale à la différence de surface des petits triangles b et a. Cette différence est d'autant plus grande que la ligne ab est plus longue. Ainsi, s'il n'y avait pas de dégagement en b, et que la partie attaquée par la pointe a dût faire un tour entier et arriver en c, elle serait refoulée de toute la différence qui existe entre le triangle c et le triangle a. Une fois arrivée en b, la portion attaquée par le filet ab entre dans le dégagement c, et le biseau formé dans le cylindre tendant à se resserrer, en vertu de l'élasticité de la matière, est coupé par la pointe b, que l'on ne voit pas sur

la figure, mais dont on voit facilement la position : elle est vis-à-vis de b, sur l'autre face du dégage- ment c. Ce triangle b' surpasse en surface le triangle b d'une quantité d'autant plus grande que le dégage- ment C aura plus d'étendue dans le sens de la circonférence. Il s'ensuit donc que, lors même que le filet ne se rétrécirait pas en quittant la pointe b, il serait coupé par la pointe b' d'une quantité d'autant plus considérable que la différence entre les triangles b' et b serait grande.

La quantité dont le fer se resserre en quittant la pointe b est peu considérable, si le dégage- ment est peu large la pointe b' ne coupera que très peu et le fer sera refoulé pendant tout le temps qu'il passe de b' en c', si le dégage- ment D est peu large le même raisonnement fera voir que de c en d le fer sera encore refoulé. L'effet des dégage- ments est donc presque nul quand ils ont peu de largeur, et les vis que l'on filete se font presque entièrement par refoulement. On est alors obligé de faire le cylindre AB plus petit que nous ne l'avons représenté sur la figure, parce que son diamètre augmentant à mesure qu'il descend doit pouvoir passer dans l'angle rentrant qui sépare les pointes h et k (fig. 887).

La filière à dégage- ments étroits est donc radicalement vicieuse, elle refoule presque autant la matière que si elle était continue, le sommet des pas de vis composé de métal relevé manque de solidité, et si les vis sont en acier et destinées à être trempées, une partie de ce métal relevé se brise en petits éclats.

On doit remédier à cet inconvénient en faisant de grands dégage- ments et en augmentant leur nombre ; on peut en faire 4 et ne laisser aux filets que l'étendue nécessaire pour ne pas nuire à la solidité de la filière. Tout le travail qui s'opère dans l'intérieur des filets est un travail de refoulement ; le métal n'est coupé qu'aux dégage- ments. On comprend sans peine qu'il faut beaucoup moins d'efforts pour fileter en coupant, que pour fileter en refoulant. On obtiendra avec de grands dégage- ments des vis mieux faites et on tourmentera beaucoup moins les filières.

Quand on fait passer la vis sur une filière cylindrique, après l'avoir fait passer dans la filière conique, il n'y a que le filet supérieur qui coupe par son dégage- ment ; il rend la vis cylindrique sur toute sa longueur. Dans celle-ci comme dans la filière conique il est avantageux de faire 4 dégage- ments et de les pratiquer aussi grands que possible.

La filière simple a l'inconvénient de ne pas être aiguisable ; une fois émoussée, il n'est pas possible de l'a- fûter, les angles des dégage- ments sont arrondis, ils ne coupent plus, ils refoulent la matière, et le filet se trouve formé par la rencontre de deux bavures.

Dans l'emploi, la filière simple doit être tenue le plus horizontalement possible, on doit y mettre de l'huile et ne jamais tarauder des cylindres plus gros que le plus petit diamètre intérieur du fond des filets.

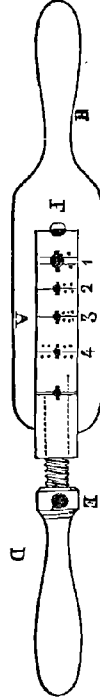
Filières doubles. Les vis reproduites par la filière simple sont toutes cylindriques, et quelque petite que soit la différence entre les trous taraudés sur une même plaque, il est possible qu'il se trouve des grosseurs qui ne puissent être exactement reproduites. Les filières doubles n'ont pas cet inconvénient ; une filière faite pour travailler une vis d'un certain diamètre peut être employée à fileter des diamètres un peu plus petits ou un peu plus grands ; on peut faire des vis coniques, ce qui est surtout avantageux dans la fabrication des tarauds ; enfin la filière est affûtable, c'est peut-être là son plus grand avantage.

Les filières doubles se composent de deux coussinets taraudés placés solidement dans une pièce nommée *fût* que l'on tourne à la main, ces coussinets peuvent se rapprocher l'un de l'autre au moyen de vis.

La fig. 888 représente une filière double contenant 4 coussinets, on peut par son moyen fileter des vis de

divers diamètres, sans être obligé de déplacer ou de changer les coussinets, opération d'ordinaire assez longue. Son inconvénient principal est de n'avoir qu'un de ses trous à égale distance des points d'ap- plication de la force. Quand on emploie les autres trous, l'opération du filetage est plus difficile et exige plus de soins de la part de l'ou- vrier. Comme on le voit sur la figure, les coussinets sont marqués par paire ; quelquefois on emploie des lettres, d'autres fois on se contente de coups de poin- teau.

Le *fût* de la filière se compose de deux parties, le cadre et la vis ; le cadre est d'une seule pièce ; il se compose du cadre A, du bras B, de l'œil ou douille C ; la vis D est également d'une seule pièce. L'inté- rieur du cadre A doit être bien dressé, on le lime ordinairement en biseau, et on fait aux coussinets des rainures triangulaires et rentrantes, qui s'ajustent exactement dans les bi- seaux. D'autres fois on pratique une rainure lon- gitudinale sur les côtés in- térieurs du cadre et on laisse aux coussinets des saillies extérieures qui en- trent dans ces rainures.



888.

La vis D, est destinée à serrer les coussinets contre le cylindre à fileter et à les rapprocher l'un de l'autre à mesure que l'opération avance ; les filets ne doivent pas être trop inclinés afin que la vis ne tende pas à se des- serrer ; l'embase E est percée de deux trous forés en croix dans lesquels on passe un levier pour serrer la vis, quel- quefois cette embase a la forme d'un écrou et on la fait tourner avec une clef ordinaire.

Il est bon de faire la vis D et son œil aussi longs que possible.

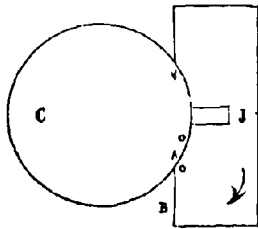
Les *coussinets* sont la partie ouvrière de la filière ; aussi doit-on en soigner la confection puisque c'est de leur bonne exécution que dépend la perfection du file- tage.

On les prend dans un barreau d'acier d'un calibre un peu plus gros que la grosseur du coussinet, et qu'on re- foule à la forge. Les coussinets forgés sont moins sujets à se *criquer* à la trempe, à *s'égrener* dans les filets, que les coussinets non forgés. L'acier fondu qu'on emploie à leur confection ayant un fil prononcé, il importe de sa- voir si on fera le taraudage sur le bout ou sur le côté du fil, de manière à ce que ce fil soit parallèle ou per- pendiculaire à la longueur de la filière. Quand le coussinet est fileté des deux côtés on met le fil perpendicu- laire ; si on le faisait parallèle à la longueur de la filière, les *criques* se manifestant ordinairement dans le sens du fil qui dans ce cas serait celui de la plus petite di- mension, le coussinet se fendrait en deux pièces à la première pression qu'il éprouverait. Cependant quand le coussinet est long on doit préférer le filetage en bout qui est plus dur que le filetage en travers.

FILIÈRES.

Quand les coussinets sont forgés, on les ajuste dans le cadre de la filière et on s'occupe du soin de fileter; on emploie à cet effet des tarauds *ad hoc* nommés *mères*. Le filetage se fait d'ordinaire après qu'on a pratiqué le dégagement du fond; d'autres fois cependant on fait les dégagements après le filetage. L'opération de la trempe et du revient ne présentant aucune particularité nous ne nous y arrêterons pas.

Forme des coussinets. On a d'abord adopté la forme semi-circulaire représentée dans la fig. 889; mais cette

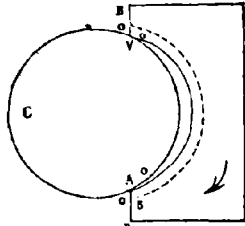


889.

forme présente des désavantages qu'il faut signaler. Elle donne beaucoup de peine pour le filetage et astreint à ne fileter que des diamètres identiques avec celui de la mère. Soit C le cylindre à fileter, son diamètre doit être égal à celui du cercle BB qui représente le fond des filets de la filière. Au commencement de l'opération la filière étant pressée contre le cylindre y pénètre de la quantité AOO', et le cylindre tournant dans le sens de la flèche ne quitte la filière qu'après avoir attaqué en O; il n'est donc nullement guidé dans son mouvement descensionnel et les traits qui s'impriment sur le cylindre ont une inclinaison qui dépend de la pression qu'on exerce sur la filière. Ils peuvent donc ne plus correspondre une fois qu'on a tourné d'un tour entier.

Il n'en est pas de même quand on emploie la filière indiquée figure 889. La partie attaquée dès le commencement de l'action

reste dans la filière sur toute la longueur AA', et le cylindre C est obligé de descendre en suivant l'inclinaison des filets de cette filière. Il y a ainsi avantage à employer la filière (fig. 889). Elle est plus facile à conduire et exige moins d'attention de la part de l'ouvrier.



890.

Il faut le plus possible ne fileter que des boulons qui aient même diamètre que la mère qui a formé les coussinets; quand ils sont beaucoup plus gros, le pas se double souvent, parce que les filets de la filière étant plus inclinés que ne doivent l'être ceux du boulon, la partie coupante d'un filet atteint la partie coupée par le filet inférieur avant que la filière ait fait un tour entier, si elle l'atteint au bout d'un demi-tour le pas est doublé. Pour le comprendre, il faut ici faire attention que la filière trace sur le boulon des traits qui ont à peu près la même inclinaison que ses filets. Quand la différence entre le boulon et la mère est peu considérable, les parties coupantes ne rentrent dans les filets inférieurs qu'un peu avant le tour entier et le pas ne peut se doubler.

Dans ce cas, il arrive que les écuelles ou vides du boulon obtenu sont plus grands que les pleins, parce que le filet de la filière étant plus incliné que celui du boulon, ne coïncide pas avec lui et doit par conséquent agrandir l'écuelle pour pouvoir s'y loger. Cette différence de dimension entre le filet de la filière et l'écuelle du boulon est d'autant plus faible que les pas de la filière embrassent une moins grande partie de sa circonférence.

FILIÈRES.

Si le diamètre du boulon est plus petit que celui de la mère, il n'y a que le fond de la partie filetée qui opère, ce fond étant occupé par le dégagement, il n'y a que très peu de contact, et il est presque impossible de maintenir la filière dans une position absolument horizontale; on refoule la matière au lieu de la couper et on fait souvent un pas double par une raison analogue à celle que nous avons donnée pour le cas du boulon plus grand que la mère; seulement les parties coupantes ne rentrent dans les parties coupées inférieures qu'au bout de deux tours de la filière; on produit en tous cas un pas mâché irrégulier, souvent on tourne sans fin et on ne produit plus l'hélice. Il vaut donc mieux que les boulons à fileter soient plus gros que plus petits que la mère, mais nous le répétons plus la différence sera faible et plus les résultats obtenus seront parfaits.

Le coussinet représenté dans la figure 889 est d'une



894.

forme très avantageuse, il peut être facilement repassé à la meule circulaire, on lui a donné quelquefois la forme (fig. 894), les angles sont plus vifs et coupent avec plus de facilité, mais si on filete des vis de petit diamètre, les tranchants peuvent s'appuyer l'un sur l'autre et s'écoraser

réciroquement.

On pratique des dégagements sur le fond des coussinets, fig. 894; ils servent d'issue à la limaille, qui sans eux s'amasserait facilement dans les filets. Le métal, comme on peut le voir dans les fig. 889 et 890, n'est coupé qu'en A et A': en A quand on tourne dans le sens de la flèche, et que la filière descend le long du boulon; en A' quand on tourne en sens inverse, et qu'on fait remonter la filière après avoir resserré la vis de pression.

Après avoir parlé de la forme des coussinets, il nous reste à parler des variations qui existent dans celle du *fat*. Le plus souvent elles n'ont pour base que le caprice du fabricant; aussi ne donnerons-nous la description que de quelques-unes des filières les plus généralement répandues. Les filières de la forme indiquée, fig. 888, ne sont employées maintenant que pour de petits diamètres, et l'usage de la filière à une seule paire de coussinets prend de jour en jour plus de développement.

Formes diverses du fat. La fig. 892 représente une filière double. La direction de la coulisse où sont situés les coussinets n'est plus parallèle, mais bien perpendiculaire aux leviers ZZ. Les deux coussinets se rapprochent au moyen de vis C, C, et on ne court plus risque de les desserrer en tournant les leviers, comme dans la fig. 888. La fig. 893 est une coupe du cadre de la filière; deux rainures, *ii*, règnent dans le sens de sa longueur sur sa partie intérieure, et servent de guide aux coussinets, qui s'y ajustent au moyen de deux languettes *k, k*, que l'on voit dans la fig. 894, qui représente un des coussinets vu à part. Deux entailles, A et A', sont pratiquées dans le cadre et descendent jusqu'aux rainures *i*. Les languettes *k, k*, qui sont discontinues en *o*, entrent dans cette entaille, et on introduit par ce moyen le coussinet dans les rainures du cadre. On ne fait quelquefois qu'une seule entaille de la largeur du coussinet, mais cela a un inconvénient: si la filière est très ouverte, le coussinet n'est pas maintenu, tandis qu'en laissant un épaulement, *g*, entre les deux entailles il est impossible que le coussinet sorte, pour peu qu'on serre la vis de pression. On fait toujours l'entaille A plus grande que celle A', afin que lorsque le plein *k* du coussinet vient à passer devant l'entaille *b*, il ne puisse s'échapper ou balloter, ce qui pourrait fort bien arriver si les entailles étaient de même largeur.

Les vis C, C, sont forcées de deux trous en croix dans lesquels on passe un levier, au moyen duquel on les fait tourner pour resserrer les coussinets, toutes les fois

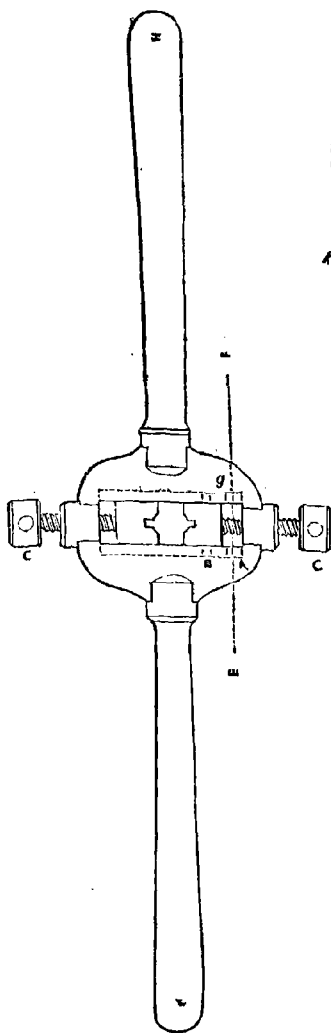
FILIERES.

FILIERES.

qu'on s'aperçoit que la filière devient lâche et tourne avec trop de facilité.

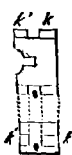
La construction de cette filière présente quelques difficultés; les rainures ne peuvent se faire qu'avec un outil particulier. Cependant, son bon usage, la facilité de pouvoir rechanger promptement les coussinets, ont généralisé son emploi parmi les artisans, et surtout dans les ateliers de mécanique

. Dans le milieu de la filière est pratiqué un cadre contenant les coussinets, qui sont limés carrément sur toutes leurs faces, et maintenus au-dessus et au-dessous par le débordement des plaques sur les côtés intérieurs du cadre, qui sont indiqués sur la figure par les lignes ponctuées *i, i*. Quoique plus simple à construire que la précédente, cette filière exige beaucoup de temps pour le changement des coussinets, parce qu'il faut pour ef-



892.

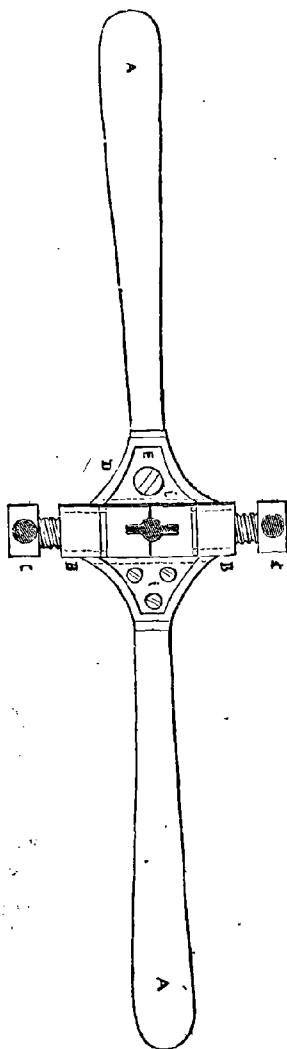
La filière à plaque, représentée dans la fig. 895 remplit le même but que celle que nous venons de décrire, tout en étant plus facile à construire. Peu de mots suffiront pour la faire bien comprendre: A, A, sont les bras ou leviers; C, C, les vis de pression; B, B, leurs écrous; D et E, sont les plaques maintenant les coussinets, et maintenues elles-mêmes après le corps de la filière soit par trois vis fraisées, si la plaque est simplement percée à plat, soit par une seule vis, si la vis est percée à queue.



894.



893.



895.

fectuer cette opération enlever les plaques D et E, et détourner par conséquent les vis qui les fixent au corps de la filière.

Filières à trois coussinets. Le coussinet est divisé en trois parties ayant très peu d'étendue dans le sens de la circonférence; on les rapproche du centre, à mesure que les filets s'approfondissent, au moyen de vis ou de coins disposés de manière à les faire marcher des quantités égales. Ces filières sont peu répandues, peut-être parce qu'elles ne sont pas générale-

ment connues ; elles produisent cependant de très belles vis et sont faciles à conduire, surtout au commencement de l'opération, parce qu'il ne faut qu'un tiers de tour pour faire rentrer les uns dans les autres les sillons creusés par les parties coupantes. Elles peuvent aussi, plus facilement que les filières doubles, fileter des diamètres différents les uns des autres sans trop agrandir l'échelle aux dépens du filet. Nous avons en effet déjà dit qu'on obtenait ce résultat en donnant aux ressorts peu de développement dans le sens de la circonférence.

La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale ayant proposé un prix convenable pour le perfectionnement des filières et tarauds, beaucoup d'artistes se sont occupés attentivement de cette partie importante de la mécanique, et plusieurs essais ont été tentés. Le prix a été décerné à M. Valdeck. Sa filière présente quelque analogie avec les filières à bois que nous décrirons bientôt, ayant pour principe, comme dans ces dernières, de couper la matière avec un ou deux burins fixés sur les coussinets, en ne se servant de ces coussinets que pour guider les burins dans le mouvement d'hélice.

Nous renvoyons les personnes qui voudraient connaître la disposition de cette filière, au 37^e volume du Bulletin de la Société d'encouragement, où elle est décrite dans tous ses détails.

Machine à fileter et tarauder. Dans les ateliers de construction et de serrurerie où l'on filete une grande quantité de boulons, on a renoncé au filetage à la main, et on emploie une machine spéciale que l'on applique aussi au taraudage des écrous, et que l'on nomme machine à tarauder. Elle ne change pas le moyen physique employé pour tailler des filets de vis dans le fer ou le cuivre. Elle agit avec le même outil pour creuser son sillon, mais elle offre l'immense avantage de faire travailler elle-même cet outil avec beaucoup de rapidité et d'exactitude, sans que l'intelligence d'un ouvrier soit nécessaire pour en diriger le mouvement. Le filetage à la main n'est plus employé dans les ateliers que pour travailler des pièces qu'il serait peu commode de placer sur la machine.

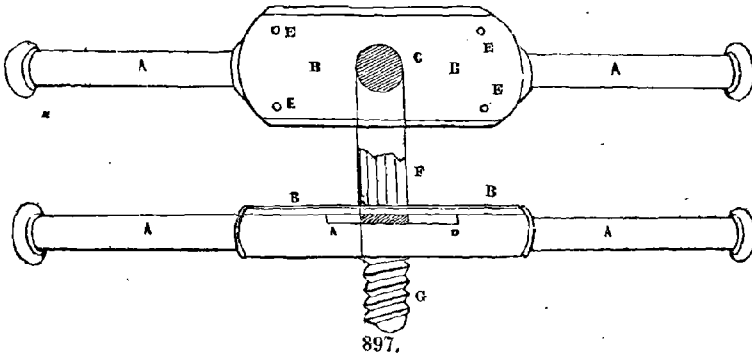
Le boulon à fileter est placé à l'extrémité d'un arbre qui l'entraîne dans son mouvement de rotation, et qui peut lui-même se mouvoir dans le sens de sa longueur. Les coussinets en acier sont fixés sur un porte-outils convenablement disposé et situé dans le prolongement de l'arbre, leurs formes sont analogues à celles que nous avons décrites, et on peut les rapprocher l'un de l'autre, soit au moyen de vis que l'on serre de temps en temps, soit au moyen d'un contre-poids qui les presse continuellement contre le boulon. Au commencement de l'opération, on ouvre les coussinets et on y fait pénétrer le boulon d'une longueur égale à deux ou trois

pas de vis ; on resserre les coussinets et on fait marcher l'arbre ; le boulon ne peut alors plus tourner sans avancer, il entraîne l'arbre et se filete à une certaine profondeur, en passant dans les coussinets.

Il est indispensable que le boulon reçoive plusieurs passes pour que les filets y soient creusés à la profondeur qu'ils doivent avoir ; alors, quand il est à l'extrémité de sa course, l'ouvrier, par un embrayage convenablement disposé, fait tourner l'arbre en sens inverse, et dans ce mouvement rétrograde, les coussinets travaillent comme dans le mouvement direct ; si la seconde passe ne suffit pas, on en donne successivement une troisième, une quatrième, en resserrant chaque fois les coussinets ou en laissant agir le contre-poids, jusqu'à ce que l'intervalle de leurs filets soit exactement rempli par les filets du boulon.

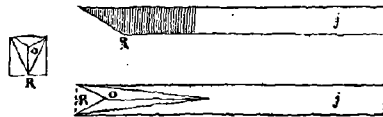
Nous avons dit que la même machine pouvait servir au taraudage des écrous, à cet effet, on enlève les coussinets, l'écrou à travailler se place dans le porte-outils où ils étaient fixés, et on place le taraud d'acier sur l'arbre à la place du boulon ; comme on le verra à l'article TARAUD, le taraud ne coupe que dans un sens et il

896.

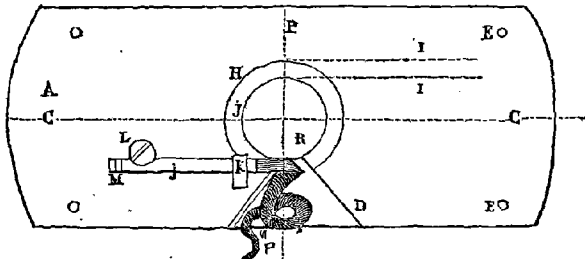


897.

898.



899.



900.

n'est nécessaire que de donner une seule passe ; aussi, quand il s'est enfoncé complètement dans l'écrou, on fait tourner l'arbre avec rapidité et à la main, en sens

inverse, pour retirer le taraud, et on recommence l'opération sur un second écrou.

Filières à bois. C'est l'instrument au moyen duquel on fait les vis en bois de petit et de moyen diamètre. — Sa fabrication est l'objet d'une industrie toute spéciale qui n'est exploitée que par certains ouvriers. Son principe, dont nous avons déjà dit un mot, est différent de celui des filières employées ordinairement au filetage des métaux, la vis est faite en une seule passe, au moyen d'un ou de deux outils nommés V, situés sur une des faces d'un écrou en bois d'une seule pièce dans lequel s'engage la vis dès qu'elle a été soumise à l'action du second outil; les figures 896, 897, 898 et 899 représentent une filière à bois.

A, corps de la filière avec ses deux bras ou leviers, tournés;

BB, plaque de recouvrement;

C, trou conducteur percé au milieu de cette plaque;

E, vis qui fixe le recouvrement sur le corps de la filière;

F, morceau de bois arrondi destiné à être fileté;

G, partie de ce morceau de bois qui, après avoir passé dans la filière, se trouve fileté.

La fig. 900 représente une vue de la filière sur une plus grande échelle, le recouvrement étant enlevé, on voit en plan l'écrou où entre la vis; les cercles H et J se présentent la saillie et le fond des filets.

j est le fer ou le V de la filière représenté sur une plus grande échelle, sur les fig. 898 et 899. Il porte une rainure angulaire O par laquelle se dégage le copeau; les parties ombrées sur les fig. 898 et 900, font entre elles l'angle des filets, et le V est placé dans une rainure pratiquée à la partie supérieure de A; des petites cales M, sont destinées à maintenir sa pointe R sur la ligne PP. Quand les repassages successifs l'ont raccourci, la rainure doit être assez profonde pour que la pointe R arrive à la hauteur d'un des filets de l'écrou. Quand on a rempli cette condition, on enlève du bois avec un rabot sur le dessus de la filière jusqu'à ce que le V affleure.

K est un crochet terminé par un bout en vis et qui maintient le fer; L est une vis ayant la même destination; on fait au recouvrement B des entailles correspondantes, afin que leur saillie ne soit pas un obstacle à son exacte fermeture.

Ce qui précède étant bien compris, on voit que si l'on introduit le cylindre à fileter dans le trou C, il rencontrera d'abord la pointe R qui l'attaquera; et la partie enlevée qui a exactement la même forme que le plein de l'écrou en bois s'y engagera immédiatement en quittant le V; la filière sera alors guidée par l'écrou dans son mouvement descendant, le V formera sur le cylindre un pas qui entrera exactement dans l'écrou et le copeau enlevé sortira, comme on le voit sur la fig. 900, par le dégagement PD, en N.

Quand les cylindres à fileter sont un peu gros on est obligé d'employer plusieurs V qui se partagent l'ouvrage; on en fait rarement plus de deux; celui qui termine le filet a toujours la même position; le fer qui attaque la matière se place ordinairement à la place des lignes ponctuées I, I, il est placé au-dessus du fer j d'une quantité égale à la moitié du pas du filet, et la partie coupée par ce premier fer ne s'engage dans l'écrou qu'après avoir été terminée complètement par le fer j.

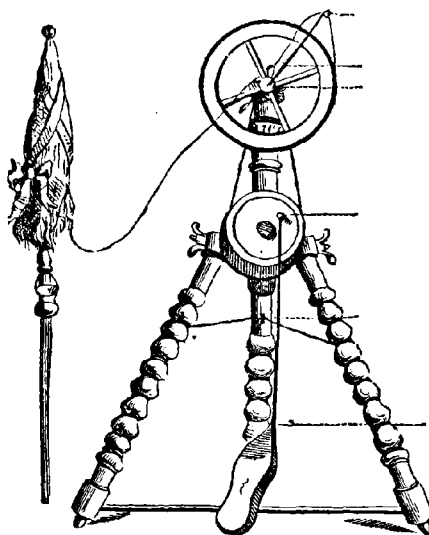
E. DUBIED.

FILIGRANE. C'est le nom qu'on donne à de petits ouvrages faits en fils de métal, tissés avec élégance, et imitant les formes variées de vases, de fleurs, etc. Ces fils sont joints avec de la soudure qu'on a soin de mettre en très faible quantité pour qu'on l'aperçoive difficilement.

On donne aussi le nom de *filigrane* ou *filigramme* aux lettres et figures qu'on voit en regardant le papier

pur transparence, et qui servent de chiffre pour reconnaître la fabrique. Ces dessins se font en fil de cuivre sur la toile métallique de la forme, de sorte que la matière du papier recevant moins d'épaisseur dans ces parties que dans les autres, elles ont plus de transparence.

FILAIR. C'est sous cette dénomination que M. Duverger, veud, dans le commerce, un ingénieux instrument représenté fig. 901, et inventé par M. Taiman



901.

Duverger, l'un des inventeurs les plus ingénieux et les plus excentriques de notre époque.

La grande roue est composée de deux parties qui s'emboîtent à frottement doux, disposées de manière à ce que la partie de devant se détache aisément, en appuyant les deux pouces sur les rayons, et en introduisant les doigts de chaque côté, dans la gorge de la roue pour attirer à soi cette partie de devant. Il faut alors saisir le bout d'un fil entre les deux parties de la roue, que l'on refermera bien jointes; puis passer l'autre bout de ce fil dans l'œil de l'ailette, de droite à gauche, ensuite dans l'œil de la broche. On lance à la main, la grande roue, de gauche à droite, on fixe le pied sur la pédale, on maintient le mouvement de rotation en pressant cette pédale, et la fileuse exécute ce mouvement avec assez de douceur pour qu'au retour ce soit la pédale qui enlève le pied.

Bien que la grande roue tourne seule, quand elle n'est pas encore reliée à l'ailette par le fil, aussitôt que le fil est passé dans l'œil de cette ailette et que l'on se met à filer, la roue et l'ailette tournent ensemble; cette simultanéité d'action est indispensable, puisque c'est le mouvement circulaire de la broche de l'ailette que fait la torsion, en même temps que l'ailette à pour fonction de tourner autour de la grande roue pour y pelotonner le fil à mesure qu'il se fait.

Si le filoir n'avale point assez, on serre légèrement la boîte en cuivre qui en couronne le pied (c'est le régulateur), s'il avale trop on le desserre un peu.

Le degré de torsion à donner au fil dépend de la fileuse; il faut, si l'on veut tordre beaucoup, accélérer le pas et maintenir un peu son fil; si l'on désire un fil uni et peu tordu, on donne au pas un mouvement ordinaire et l'on rend beaucoup au filoir, qui, sans arracher le fil de la main, comme le fait l'ancien rouet, en prendra autant qu'on voudra lui en donner.

Quand l'évidoir ou gorge de la grande roue est suffisamment chargé de fil, il reste à tirer l'écheveau de la, sans le déformer et sans le mêler : pour cela il suffit d'ouvrir la grande roue de cuivre ; on retire l'écheveau et on le lie. Ainsi l'opération du dévidage, si difficile, si longue, si désastreuse pour le fil, se trouve complètement supprimée.

Le filoir ne fait pas de bruit en fonctionnant, et son mouvement est si doux, qu'un long travail ne fatigue pas ; il file le chanvre, le lin, le coton, la laine, la soie, la fantaisie ; il est très portatif puisqu'il se replie.

La corde qui fait tourner les deux roues est au filoir ce que l'archet est au violon ; graissez l'archet du violon, vous ne tirerez aucun son de l'instrument ; graissez la corde du filoir, les roues ne tourneront plus ; mais frottez de colophane ou de résine l'archet du violon ou la corde du filoir, et ces deux instruments fonctionneront.

La corde s'allonge au travail, et sa trop grande longueur rend le filoir dur ; il est donc indispensable de remplacer cette corde dès qu'elle a l'inconvénient d'être trop longue, aussi bien que si elle a reçu la moindre tache d'huile ou de graisse, ce qui arrive ordinairement lorsqu'on met trop d'huile sur les broches des roues, d'où elle se glisse jusqu'à la corde. Pour remplacer la corde, il faut prendre du fouet pareil en grosseur au modèle, l'allonger avant de le couper, joindre les deux bouts l'un sur l'autre, le coudre fortement en surjet et le frotter de résine avant de s'en servir. Il faut aussi avoir soin que les deux poulies où passe la corde soient toujours propres et ne soient jamais embarrassées de fil ou d'huile.

Si le fil venant à s'engager dans le mécanisme obligeait de démonter le filoir, il suffirait de dévisser le petit écrou qui fixe la broche au dos du régulateur et d'attirer l'ailette en avant.

Si le filoir devenait dur, il faudrait dévisser les deux écrous qui maintiennent les deux roues, ôter l'huile ancienne qui s'y serait encrassée, en mettre de la nouvelle et replacer le tout exactement comme avant. Il faut aussi verser quelquefois un peu d'huile sous le cuir qui garnit l'intérieur du régulateur et qui doit toujours se trouver sur la broche.

Des personnes se figurent, à tort, que la manivelle sur laquelle la petite roue tourne ne devrait pas être mobile, et cherchent à la fixer. Pour tenir la corde toujours tendue, il faut que cette manivelle soit mobile ; vouloir la rendre fixe, c'est rendre impossible l'emploi du filoir.

Il est nécessaire de signaler une dernière précaution à la fileuse pour assurer la durée et le service régulier du filoir. Il faut, avant d'appuyer le pied sur la pédale, attendre que le bouton qui existe sur la petite roue ait dépassé de deux centimètres à droite le point supérieur du chemin circulaire qu'il décrit. Du reste, le temps et l'usage sont les meilleurs maîtres.

FILONS. Voy. GÉOLOGIE ET MINES.

FILOSELLE (*angl.* floss-silk, *all.* floret). Nom donné au produit du cardage et filage de la bourre de soie. La coque des vers à soie est dure, sèche, tenace et cassante ; on fait disparaître ces défauts en la laissant longtemps macérer dans l'eau qui dissout la grande quantité de matière gommeuse dont le ver l'avait imprégnée ; on la soumet à la presse et on la lave de nouveau, etc. ; ensuite on la fait sécher, on la bat fortement, on l'enduit légèrement d'huile, et on la cardé soit à la main, soit à la mécanique. En travaillant cette bourre à plusieurs reprises, on la met en état d'être filée, tissée ou tricotée.

FILTRATION, FILTRES, ET MATIÈRES FILTRANTES. La filtration se dit généralement de l'opération mécanique qui consiste à faire passer un liquide quelconque qui contient des matières étrangères et non

dissoutes à travers un corps assez dense pour le retenir.

On emploie aussi le mot *clarification* dans le même sens, pour exprimer l'action chimique ou mécanique à l'aide de laquelle on enlève aux liquides les corps opaques ou translucides qui troublent leur transparence.

Les matières filtrantes employées aujourd'hui, sont : la pierre poreuse calcaire, dite pierre à éponge ou à filtrer ; la pierre ponce broyée grossièrement, le papier joseph ou gris non collé, le sable fin et grossier, le charbon pulvérisé, le verre pilé, le chanvre tillé, le coton brut, la paille, le jonc terrestre, les écorces, les branches et feuilles sèches ; un morceau de toile, de drap, d'étamine, de flanelle, de feutre, de soie ; la pâte à papier, la sciure de bois, la laine tontisse, l'éponge ordinaire, la limaille de fer, de zinc, la terre glaise calcinée, etc.

L'effet de la filtration se comprend aisément ; on conçoit qu'un liquide en traversant un corps poreux ou un tissu assez serré dépose à sa surface et dans ses interstices, les parties solides et les plus grossières qu'il peut contenir. C'est par ce moyen, du reste, que les savants modernes expliquent la pureté et la limpidité des eaux qui sourdent des terrains sableux et calcaires.

Tout porte à croire que les anciens eux-mêmes ont observé le phénomène de la filtration des eaux dans le sein de la terre ; ce phénomène leur a suggéré peut-être l'idée d'appliquer du gravier et du sable à la clarification des eaux troubles. Aussi l'avons-nous retrouvée, par exemple, disait M. Arago (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, 1837, 2^{me} semestre, p. 497.), dans la grande citerne du palais ducal à Venise, qui existe depuis plusieurs siècles.

Les Japonais se servent, dit-on, de temps immémorial, de plusieurs sortes de pierres ou grès à filtrer. Ces pierres ont la propriété de donner passage à l'eau au travers de leurs pores, et peuvent par ce moyen la dépouiller des saletés et ordures qu'elle peut avoir contractées. Quand on destine ces pierres à filtrer, on les taille pour leur donner la forme d'un mortier ou d'un vase proportionné à la quantité d'eau qui doit y être reçue ; à l'extérieur on leur donne la figure d'un œuf dressé sur son extrémité ; on laisse en haut des rebords par lesquels le mortier peut être soutenu au moyen d'une bâtisse de bois carrée sur laquelle on le place pour qu'il soit suspendu en l'air ; on met au-dessous un vaisseau de terre ; on verse l'eau de rivière ou de pluie qu'on veut filtrer dans le mortier ; elle passe au travers de la pierre, et les gouttes d'eau qui se sont filtrées viennent se réunir à la pointe de l'œuf et tombent dans le vaisseau qu'on a placé au-dessous pour les recevoir. De cette manière l'eau se trouve pure et dégagee des saletés dont elle était chargée avant d'avoir été filtrée. (Voir le *Dict. encycl.*, tome XIV, p. 515.)

C'est à l'aide d'un procédé analogue à celui des Japonais que les Égyptiens clarifient aujourd'hui les eaux du Nil, et en général les eaux contenant des substances terreuses en suspension. (Voir le *Bulletin de la Société d'encouragement*, tome XXIV, p. 424.)

Depuis un temps immémorial, on filtre, en Afrique, les eaux du Niger au moyen des éponges.

En Espagne, on emploie cette méthode depuis longtemps pour clarifier les sirops et les liqueurs. C'est à Any, avocat au parlement de Provence, qu'on doit l'introduction ou l'application en France des éponges à la filtration de l'eau à boire, vers l'année 1743.

Les anciens connaissaient aussi le moyen de clarifier les vins, soit en les transvasant, soit en les passant au travers d'une toile. (*Plin.*, livre XIV, chap. 14 et 22.) C'est à cause de cette pratique, sans doute, que les anciens chimistes et pharmaciens ont appelé *chausse d'Hippocrate* ou à *hippocras*, un sac conique fait d'un bon drap serré dont ils se servaient pour filtrer cer-

taines liqueurs ou décoctions faites avec du vin, du sucre, etc., qu'ils nommaient *hypocras*.

Encore aujourd'hui la *chousse d'Hippocrate* est employée par tous les chimistes, pharmaciens, liquoristes et généralement par toutes les personnes qui s'occupent de clarifier les liquides et les sirops. Les praticiens affirment que cette pratique est encore la meilleure, sinon la plus prompte, qu'on ait imaginée jusqu'ici.

Nous classerons les appareils de filtration en trois séries, suivant la nature ou la difficulté des liquides susceptibles d'être filtrés ou clarifiés.

La première série comprendra les appareils propres à filtrer les eaux de pluie ou de rivière.

La deuxième comprendra les appareils à filtrer les boissons, le vinaigre, les vins, le cidre, la bière, les liqueurs, les sirops, les huiles, etc.

La troisième enfin comprendra les produits chimiques et pharmaceutiques.

FILTRATION DES EAUX DESTINÉES A L'ALIMENTATION DES VILLES ET AUX USAGES DOMESTIQUES.

Nous ne saurions mieux faire, pour faire apprécier les circonstances diverses qui influent sur la composition des eaux et l'importance de la filtration, que de citer ici le remarquable rapport de M. Arago à l'Académie des sciences sur le filtre Fonvielle.

« Les hommes se servent pour leur boisson, pour préparer leurs aliments, pour les besoins de propreté et pour des usages industriels, de l'eau de citerne, de l'eau de puits, de l'eau de source, de l'eau de rivière. Ces quatre sortes d'eau ont même origine, la pluie. L'eau de pluie est en général d'une telle pureté, qu'on ne parvient guère à y découvrir quelques matières étrangères qu'en faisant usage des réactifs chimiques les plus délicats.

« Les citernes construites avec des matériaux choisis seraient donc le meilleur moyen de se procurer de l'excellente eau pour la boisson, si la pluie y tombait directement, si elle n'y portait pas les ordures, la poussière, les insectes, accumulés, dans les temps de sécheresse, sur les terrasses et sur les toits le long desquels son écoulement s'opère. Dans certaines localités, à Venise, par exemple, l'inconvénient dont nous venons de parler, se manifesta à un tel degré, que pour la grande citerne du palais ducal, le constructeur sentit la nécessité de ne laisser arriver l'eau pluviale au réservoir, où le public la puise, qu'après lui avoir fait traverser une large couche poreuse dans les interstices de laquelle les matières étrangères, tenues en suspension, devaient se déposer en partie.

« Les puits peuvent être assimilés à des citernes, seulement ils ne sont pas alimentés par de larges canaux en maçonnerie, en briques, en pierres ou en métal; les eaux pluviales leur arrivent, pour ainsi dire, goutte à goutte, à travers les fissures ordinairement capillaires du sol. Il est rare que dans ce trajet long et difficile, les filets liquides ne rencontrent pas des matières solubles dont ils se chargent en plus ou moins grande quantité. Ce n'est donc plus de l'eau de pluie proprement dite qu'on tire du puits; elle est ordinairement aussi claire, aussi limpide, mais elle contient presque toujours des matières dissoutes dont la nature chimique change avec la construction géologique du pays.

« Ce que nous venons de dire peut s'appliquer mot à mot aux sources. L'eau qu'elles répandent est aussi de l'eau pluviale qui, après avoir traversé une épaisseur plus ou moins grande de l'écorce du globe, est ramenée à sa surface par un jeu de siphon, ou, si l'on veut, car c'est la même chose en d'autres termes, par la pression de filets liquides non interrompus et partant des lieux élevés. La nature et la proportion des matières étrangères dont l'eau de source se trouve imprégnée dépend

aussi de l'étendue du trajet qu'elle a fait au sein de la terre, et de l'espèce de roche qu'elle y a rencontrée. Supposez ces roches d'une certaine nature, et le pays abondera en sources minérales. Admettez que la descente verticale du liquide ait quelque étendue, et l'eau surgira à l'état thermal.

« Chaque rivière charrie vers la mer les eaux d'une source principale et celles d'un certain nombre de sources de moindre importance, qui s'ajoutent aux premières dans leur trajet. Sous le rapport de la composition chimique les eaux de rivière sembleraient devoir être une sorte de moyenne entre toutes les eaux de toutes les sources de la contrée environnante; mais il faut remarquer cependant, qu'au moment des fortes averse, et sur un bassin de rivière un peu étendu, quel est le jour où ça et là il n'y en a point? Les eaux pluviales ne s'infiltreront pas à beaucoup près dans la terre en totalité: qu'elles coulent à la surface du sol et sur les pelouses des bois et des coteaux, en assez grande abondance et avec rapidité; dans ce trajet extérieur, elles doivent dissoudre très peu de matières étrangères comparativement à la proportion dont elles seraient chargées, si, divisées en très minces filets, chacune de leurs molécules, pour ainsi dire, avait pu isolément et pendant un temps fort long, se trouver en contact avec les principes solubles du terrain. A cette circonstance, toute en faveur de la pureté de l'eau de rivière, il faut ajouter que le carbonate de chaux, par exemple, est dissous à l'aide d'un excès d'acide; que cet excès se dégage pendant la longue exposition de l'eau à l'air, et que dès lors le carbonate se précipite.

« Ces remarques, au surplus, ne doivent être considérées que d'un point de vue général. Il ne serait pas difficile, en effet, sans s'écarter des règles connues de la géologie, d'imaginer, et même de trouver des dispositions de terrain dans lesquelles les puits, les sources, donneraient de l'eau pure, et les rivières voisines, au contraire, de l'eau fort imprégnée de matière saline. Tout ce que nous avons voulu faire, c'est d'expliquer comment l'inverse arrive ordinairement, comment l'eau de la Seine et celle de la Garonne, par exemple, sont notablement plus pures que les eaux de la plupart des sources des contrées que traversent ces deux rivières.

« Néanmoins on doit reconnaître que la limpidité constante des eaux de source, jointe à l'uniformité de leur température, lorsqu'elles sont peu distantes du point de consommation, doivent militer en leur faveur, et même leur mériter la préférence, si toutefois elles sont assez abondantes en toutes saisons pour fournir constamment la quantité exigée. Cette préférence serait aussi motivée sur la plus grande confiance que le public accorde à ces eaux de source. Beaucoup de personnes, comme on le sait, répugnent à faire usage de l'eau de rivière, surtout quand cette rivière reçoit et charrie une partie des immondices de toute une grande cité, bien que ces immondices, divisées dans une aussi grande masse et si souvent renouvelée, n'influent pas d'une manière sensible sur leur composition.»

« L'avantage d'une plus grande pureté de l'eau de rivière considérée chimiquement, est, en effet, bien compensé par son manque habituel de limpidité; à chaque averse, les eaux torrentielles, pendant leur course précipitée, se chargent de terre végétale, de glaise, de gravier, de toutes sortes de débris qu'elles arrachent au sol, et l'ensemble de ces matières est entraîné, pêle-mêle, jusque dans le lit des rivières. Chacun doit comprendre maintenant pourquoi les mariniers, et même les ingénieurs, appellent quelquefois les crues, *troubles*.

« Les proportions de matières étrangères tenues en suspension dans l'eau pendant les crues, pendant les plus fortes troubles, ne sont pas les mêmes, ainsi qu'on devait s'y attendre, dans les différentes rivières. Dans la

Seine, cette proportion s'élevé quelquefois jusqu'à $\frac{1}{2000}$. Ainsi, celui qui boirait dans sa journée trois litres d'eau de Seine non filtrée, à l'époque des plus fortes crues, chargerait son estomac d'un gramme et demi de matières terreuses. Quel pourrait être, à la longue, l'effet de ces matières sur la santé ? la question, vivement controversé, a laissé les médecins et les ingénieurs hydrauliciens fort divisés d'opinions. Faute d'expériences exactes, on s'est déterminé, de part et d'autre, d'après des systèmes arrêtés d'avance. On ne nous trouvera certainement pas trop sévère dans notre jugement, si nous ajoutons qu'un des partisans déclarés des eaux troubles, se fondait sur cette prétendue observation que les animaux, que les troupeaux surtout, ne commencent à se désaltérer dans les mares qu'ils rencontrent sur leur chemin, qu'après en avoir fortement agité la vase avec leurs pieds. Au surplus, toute considération de salubrité mise de côté, il est certainement fort désagréable de boire de l'eau chargée de limon. »

La ville de Toulouse a été la première, en France, à donner l'exemple du progrès, en fondant, en 1823, le premier établissement pour la distribution publique des eaux clarifiées pour les besoins de toute la ville.

En 1836, M. Cordier a établi, à Bordeaux, un appareil de filtrage pour les eaux de la Garonne.

La ville de Paris possède aussi depuis quelques années trois systèmes de filtrage, d'après les procédés de MM. Smith, Henri Fonvielle et Souchon; mais Toulouse, Bordeaux et Paris sont encore aujourd'hui les seules grandes villes de France qui possèdent des établissements de filtration en grand, et l'on cherche les moyens de les étendre.

Établissement des fontaines publiques. Les appareils construits à Toulouse méritent une attention toute particulière, car c'est dans cette ville qu'on a résolu pour la première fois, en France, le problème de la filtration en grand dans toute son étendue; aussi allons-nous, d'après M. D'Aubuisson, en donner une description détaillée.

M. Abadie, dans son premier projet, en 1824, celui où il établissait ses machines sur le bord du canal de Touny, avait entouré leurs puisards d'une circonvallation de sable et de gravier contenue dans des cases de maçonnerie, et pensait que les eaux du canal, en traversant cette masse filtrante, y déposeraient leurs saletés, et arriveraient claires à ses pompes. Par une disposition ingénieuse, qui était permise par les localités, il pouvait faire traverser, mais en sens contraire, cette masse par les eaux de la rivière; et le faisant lorsqu'elles étaient claires, il espérait nettoyer les sables et sans déplacement.

A ce mode naturel de clarification, M. Virebent proposa de substituer celui dont on fait usage, depuis plusieurs années, dans les appareils qui fournissent aux habitants presque toute l'eau potable. Ici l'eau s'épurait en traversant horizontalement une mare de sable, comme dans le projet de M. Abadie, non du haut en bas, comme dans les fontaines filtrantes, mais de bas en haut et à plusieurs reprises.

Mais l'expérience faite, il en résulta que lorsque les eaux de la Garonne sont très sales, on ne peut les purifier complètement qu'on les faisant passer successivement à travers quatre couches de graviers de sable, ayant quatre pieds d'épaisseur chacune, et qu'un mètre carré de ces couches, placés les uns sur les autres, ne clarifie que 20 mètres cubes en vingt-quatre heures ou un pouce d'eau de fontainier. D'après ces résultats, qui furent exposés en détail dans le rapport de M. Magues, l'Académie de Toulouse conclut à ce que les moyens présentés par MM. Abadie et Virebent n'étaient pas suffisants pour clarifier 200 pouces d'eau.

Aujourd'hui, l'eau que les machines élèvent pour les fontaines leur est fournie par les filtrations, qui s'opèrent

à l'aide des travaux exécutés par M. D'Aubuisson dans le banc d'alluvion que la rivière a déposé, depuis une cinquantaine d'années, au pied du cours du Dillon, et qui est principalement composé de gravier et de sable entremêlés souvent de cailloux, et en quelques endroits d'un limon vaseux.

Il s'était élevé quelques doutes sur l'efficacité des ouvrages projetés; les eaux des puits de Saint-Cyprien, lesquels provenaient aussi des filtrations de la Garonne, sont louches, disait-on, lors des crues de la rivière. On dut en conséquence procéder avec circonspection, et on se borna d'abord, en partant de la prise d'eau, à faire un fossé que l'on poussa jusqu'au point où devait être le bassin destiné à recevoir le produit de la filtration. On donna au bassin la forme d'une ellipse, ayant la dimension projetée: le fond, dont la superficie était de 260 m. carrés, fut établi à un mètre au dessus des très basses eaux de la rivière. Le niveau du seuil sur lequel l'eau passe en sortant du filtre, correspond à 0^m.77 du garonmètre établi sur la Garonne, ou à 4^m.23 au-dessous de l'étiage. Nous donnons le nom de filtre aux excavations ou fosses dans lesquelles se rend la filtration, bien que ce nom appartienne proprement au massif de terrain compris entre les excavations et la rivière.

Plus tard, on prolongea le filtre dans le banc d'alluvion jusqu'à lui donner 408 mètres, sur une largeur de 40 mètres au fond; il avait ainsi 4,080 mètres carrés de superficie.

Mais on n'obtint pas ce que l'on désirait, le terrain étant comme desséché par la première excavation.

Toute l'excavation fut entourée d'une forte digue qu'on éleva à 3^m.60 au-dessus du terrain environnant, et à près de 6 mètres au-dessus des moyennes eaux de rivière, et le mettant ainsi à l'abri des inondations; le filtre donna d'abord une fort bonne eau, mais, dès la seconde année, une végétation de plantes aquatiques commença à s'y établir et à altérer la qualité de ses produits. L'année suivante le mal empira: les rayons du soleil traversant sans obstacle une couche d'eau unie et parfaitement transparente, atteignaient le fond dans toute leur intensité; ils y développaient une forte chaleur, laquelle était encore augmentée par l'effet et la réverbération des bords et des digues. Par suite, la végétation y acquit une vigueur extrême, les divers moyens employés pour la détruire furent sans effet. Des reptiles s'y joignirent. Les plantes et les animaux moururent, et en se putréfiant dans l'eau tiède ils la rendirent très mauvaise. Des commissaires furent envoyés par l'Académie des Sciences.

Ils trouvèrent que l'eau était très bonne en entrant dans le filtre, et vicieuse lorsqu'elle en sortait; la forte chaleur et la lumière en furent à leurs yeux la cause manifeste; il fallait l'attaquer; on ne le pouvait qu'en couvrant le filtre.

Sur cette idée que M. D'Aubuisson avait émise, les commissaires proposèrent de remplir le fond du filtre avec des cailloux et de le combler.

En conséquence, ce fond fut nettoyé aussi bien que possible. On établit ensuite dans sa largeur un petit aqueduc en briques, simplement superposées sans mortier, puis on remplit le bassin de gros cailloux bien lavés jusqu'à la hauteur des moyennes eaux. De cette sorte, les filtrations qui pénétraient dans l'excavation, et étaient les mêmes qu'avant le remplissage, coulant dans les interstices des cailloux et des briques, ainsi que dans l'aqueduc, se rendaient sans obstacle sensible, et par conséquent sans diminution de quantité, jusqu'à l'entrée de la conduite en fonte, tout comme si le bassin fût resté entièrement vide et découvert. Sur les gros cailloux, on en étendit une couche de plus petits, puis une couche de gravier, et l'on finit par combler le creux en abattant les digues; dessus, on sema du gazon. L'ancienne prairie, à la surface du banc d'alluvion, fut ainsi

rétablie dans son entier. Le filtre qui est au-dessous, dérobé aux yeux du public, qui ignore en quelque sorte son existence, est maintenant à l'abri de la malveillance et de la manie destructive des enfants. Il n'exige plus de frais d'entretien. Un grand regard placé au tête, au-dessus du point où l'eau entre dans la conduite en fonte, permet d'y descendre et d'en visiter cette partie, qui est la plus importante.

Depuis, qu'il a été ainsi disposé, la qualité de ces eaux s'est non seulement rétablie, mais encore améliorée; la limpidité et la saveur en sont parfaites.

Dans le fort de l'été, lorsque presque toutes les eaux de nos contrées ont une odeur ou un goût plus ou moins sensible, celle-ci a toujours été trouvée par ceux qui sont descendus dans le regard, vive, bonne et fraîche, comme l'eau des montagnes. Coulant et séjournant quelque temps à 6 mètres sous terre et à 40 mètres de la rivière, elle prend une température qui ne varie qu'entre des limites assez rapprochées. Dans l'été, elle n'a pas porté le thermomètre centigrade au-dessus de 47°, et dans le long et rigoureux hiver de 1830, après vingt-cinq jours de fortes gelées, et la gelée ayant pénétré à plus de 1 mètre au-dessous de la superficie de terrain qui la recouvre, elle n'a fait descendre le thermomètre qu'à 8°, avantage précieux. Fraîche en été, elle présente une boisson agréable à sa sortie des fontaines; chaude en hiver, elle garantit les conduites des effets de la gelée.

Ce filtre n'étant pas suffisant, on en établit un second.

Un homme de l'art appelé à cette discussion, après avoir rappelé combien les puits creusés près de la rivière, notamment ceux de Tourny, sont abondants en eaux toujours très claires, proposa d'en ouvrir plusieurs sur les bords du banc d'alluvion, et de les mettre en communication entre eux et avec le château d'eau. Cette idée fut adoptée. En conséquence, en aval du premier filtre, à 40 mètres environ de la rivière, on ouvrit et on poussa une tranchée jusqu'à la rencontre du quai. Sur le fond, on construisit onze trous ou puits en briques, mais sans mortier, jusqu'à 3 ou 4 pieds au-dessus de la surface du sol, et on les recouvrit de plaques de fonte. On joignit leurs pieds par des tuyaux, lesquels reposaient sur le fond de la tranchée, on posa du gravier par dessus, et le reste de l'excavation fut comblé avec la terre qu'on en avait retirée. A l'extrémité, contre le mur du quai, on établit une cale, qui reçut aussi l'eau venant du premier filtre; les deux eaux se réunissaient, et se rendaient ensuite de concert au puisard des machines par la conduite déjà posée dans le canal de prise d'eau.

Les résultats furent peu satisfaisants et ne répondirent pas aux espérances. On ne put obtenir que 60 à 80 pouces d'eau.

On fit alors un troisième appareil exactement semblable au premier, c'est-à-dire basé sur les mêmes principes.

Ces trois appareils réunis fournissent maintenant toute l'eau nécessaire aux besoins des habitants, et il paraît même qu'ils n'ont subi depuis l'époque de leur achèvement, en 1825, aucun changement important et susceptible d'être signalé.

Appareil de filtrage des eaux de la Garonne, par M. Courcier. Quant aux dispositions générales, il faut savoir d'abord que, par l'effet du flux, les eaux de la Garonne éprouvent à Bordeaux immédiatement en aval du nouveau pont un gonflement qui les élève à 6 mètres au-dessus du niveau de la marée basse, à l'époque des équinoxes, et à 5 mètres seulement au-dessus de ce même niveau à l'époque des solstices.

« Le gonflement des eaux de la Garonne a lieu parce qu'elles sont repoussées en avant par le courant du flux; alors les vases et autres matières susceptibles d'être tenues en suspension dans ce courant, remon-

tent de l'embouchure de ce fleuve vers Bordeaux, en troublant plus ou moins la limpidité de ses eaux, et, comme l'exhaussement de ce fleuve à chaque marée s'effectue en moins de temps que son abaissement, il arrive qu'une partie des vases et autres matières, amenées par le flux, se déposent sur les rives de la Garonne pendant le reflux, ou continuent de troubler l'eau lorsque son courant vers la mer est rétabli. Ce sont ces eaux troublées qu'il s'agit de filtrer avant de les mettre en distribution.

« Il faut savoir, en second lieu, que le volume d'eau à distribuer doit être de 350 pouces de fontainier, équivalents à 7 mille mètres cubes ou à 7 millions de litres en 24 heures.

Cela posé, que l'on conçoive au-dessus du quai de Bacalan, formant la rive droite à 3000 mètres environ en aval du nouveau pont, un réservoir quadrangulaire de 400 mètres de longueur, de 60 mètres de large, et de 2 mètres de profondeur, ayant son fond et ses parois verticales revêtus de maçonnerie; le fond de ce réservoir destiné à recevoir l'appareil de filtrage que nous avons à décrire doit être établi à 2 mètres au-dessus des plus basses marées de la Garonne.

« Que l'on conçoive encore le réservoir entouré suivant sa longueur et à 4 mètres en-dehors de ses parois, de deux canaux chacun de 25 mètres de large, lesquels se réunissent dans la prise d'eau du fleuve par deux embranchements de 6 mètres de largeur seulement; le fond de ces deux canaux est au même niveau que celui du réservoir rectangulaire dont nous venons de parler.

« A chacune des extrémités de ces deux embranchements et près de leur confluent dans la prise d'eau, sont posées des vannes, au moyen desquelles on peut rétablir ou intercepter, suivant les besoins du service, la communication entre cette prise d'eau et les deux canaux latéraux dont le réservoir est bordé suivant sa longueur.

« Les choses étant ainsi disposées, et la marée ayant atteint 2 mètres de hauteur au-dessus des plus basses eaux du fleuve, on ouvre les deux vannes qui viennent d'être indiquées; l'eau de la Garonne commence à entrer dans les deux canaux latéraux, et elle continue d'y monter jusqu'à ce qu'elle y soit parvenue à la hauteur de 2 mètres. On ferme aussitôt les deux vannes, l'eau devient alors stagnante dans les canaux, et si elle y passait un temps suffisant, elle y déposerait les troubles dont elle est chargée lorsqu'elle y est introduite. Il est évident que ce procédé de clarification pourrait suffire, mais l'incertitude de la durée de cette opération, suivant les circonstances, ne permet pas de l'employer. Les canaux latéraux ne peuvent donc être considérés que comme des réservoirs de dépôt où l'eau commence à s'éclaircir par la précipitation des matières les plus grossières qu'elle tenait suspendues.

« Pour faire arriver l'eau plus promptement et avec plus de certitude à cet état de limpidité parfaite qui est une des conditions requises, il a fallu nécessairement employer quelques moyens auxiliaires des réservoirs de dépôts. Voici en quoi ils consistent :

« On a divisé en deux parties égales dans le sens de sa longueur, le grand réservoir rectangulaire au moyen d'une digue de maçonnerie de 4 mètres 1/2 d'épaisseur à sa base sur 3 mètres de hauteur. Ainsi de part et d'autre de cette digue se trouvent deux réservoirs égaux, dont chacun est divisé lui-même en 40 compartiments, que l'auteur du projet désigne sous le nom de bassins-filtres.

« Lorsque l'eau est restée pendant environ 24 heures dans les deux bassins de dépôt, elle est conduite par deux aqueducs dans une bache, d'où elle est élevée de quelques mètres par une pompe à vapeur pour arriver dans les bassins-filtres.

« Ces filtres se composent d'une couche de gravier et de sable fin ayant ensemble une épaisseur de 4 mètres 75 centimètres.

« Chaque bassin-filtre fonctionne successivement. L'eau qui a été filtrée dans chaque bassin est reçue par une grosse conduite posée dans une galerie qui est pratiquée dans la partie inférieure de la digue longitudinale qui partage en deux le grand réservoir quadrangulaire. L'eau filtrée est portée dans cette grosse conduite par des tuyaux secondaires qui y sont implantés en nombre égal à celui des bassins-filtres, et qui reçoivent eux-mêmes cette eau de tuyaux plus petits embranchés sur eux, et percés, à leur extrémité inférieure, de trous par lesquels l'eau s'y introduit. La grosse conduite, dont il est question ici, étant remplie, débouche dans une seconde bâche, d'où elle est élevée par une deuxième machine à vapeur dans la conduite d'ascension destinée à la porter au point culminant de Bordeaux, lequel se trouve à 30 mètres d'élévation au-dessus des plus basses eaux de la Garonne.

« Il s'agit maintenant de se débarrasser des matières qui sont restées, soit dans les réservoirs de dépôt, soit dans les filtres. A cet effet, on ouvre à marée basse les vannes par lesquelles l'eau trouble était entrée dans les réservoirs de dépôt ; on a soin d'agiter l'eau qu'ils contiennent encore, et elle s'écoule dans la Garonne.

« Quant aux matières terreuses qui ont pu rester dans les filtres, on fait entrer au dessous de ces filtres l'eau de la conduite d'ascension, qui, pouvant agir de bas en haut avec une pression de trois atmosphères, fait monter au-dessus de la surface de ces appareils toutes les matières terreuses qui les obstruaient, et les chasse dans les réservoirs de dépôt dont le courant les entraîne dans le fleuve avec celles qu'ils contiennent eux-mêmes.

« Toutes les manœuvres que nous venons d'indiquer s'opèrent, suivant le projet présenté, au moyen de vannes et de robinets, dont on ne pourrait faire bien comprendre le système qu'à l'aide de figures qu'il faudrait expliquer, et d'une description détaillée qui nous ferait sortir des bornes de ce rapport. Nous le terminerons en disant que l'expérience de ce qui se pratique en Angleterre et même à Paris pour le filtrage des eaux troubles, offre pour le succès de l'appareil que propose M. Cordier, toutes les chances désirables ; enfin, que si l'appareil ne répondait pas d'abord sur tous les points à ce que l'auteur en espère, il lui serait toujours facile de le perfectionner en lui faisant subir des modifications dont l'observation et l'expérience pourraient signaler l'opportunité. (*Compte-rendu de l'Académie des sciences*, 1836, p. 445).

Appareils de filtration des eaux en grand en Angleterre. La seule des huit grandes compagnies de Londres qui clarifie son eau, la compagnie de Chelsea, est arrivée au but en construisant trois vastes bassins communiquant entre eux ; dans les deux premiers se déposent, par le repos, les matières les plus grossières ; dans le troisième, l'eau traverse une couche épaisse de sable et de gravier où elle se clarifie définitivement. Quand l'eau de ce troisième bassin s'est entièrement écoulée, la masse filtrante de sable est à nu ; des ouvriers armés de râteaux enlèvent alors la couche superficielle que le sédiment a fortement salie, et la remplacent par du nouveau sable.

« Ici se présente une réflexion. Ce n'est pas inutilement, sans doute, que l'ingénieur habile de la compagnie de Chelsea a donné une épaisseur de deux mètres à sa masse filtrante ; les couches superficielles, celles que des ouvriers arrachent de temps en temps, agissent sans aucun doute plus fortement que les autres ; mais les couches inférieures ne sont pas non plus sans action ; mais elles, aussi, doivent peu à peu

s'engorger et diminuer les produits journaliers du filtre ; mais il arrivera une époque où la masse toute entière aura besoin d'être renouvelée ; cette nécessité, si l'on avait voulu la prévoir, eût exigé l'établissement d'un quatrième bassin semblable au troisième, et comme lui d'un acre d'étendue ; et la dépense totale de construction se fût élevée de 300,000 à 400,000 francs ; et la manipulation du filtre, qui annuellement ne coûte pas moins de 25,000 fr. se serait encore accrue.

« Faut-il s'étonner si, en présence des grands frais de la compagnie de Chelsea, pour une filtration de 40,000 mètres cubes d'eau par jour, correspondant à environ 500 pouces de fontainier, les compagnies anglaises ont toutes répondu, dans une enquête solennelle faite devant le parlement, que, si on les obligeait à filtrer l'eau de la Tamise, leurs prix de vente devraient inévitablement s'accroître de 45 p. 100.

« Le système que M. l'ingénieur civil Robert Thom a introduit à Greenwich, en 1828, a sur celui de Chelsea l'avantage que le nettoyage s'effectue de lui-même et que toute la masse de sable filtrante y est assujettie. Cette masse forme une couche de 4 mètres 1/2 d'épaisseur. L'eau peut à volonté entrer dans le bassin que le sable remplit, par-dessus ou par-dessous. Si la filtration s'est opérée, par exemple, en descendant, dès qu'on s'aperçoit que le filtre s'obstrue, qu'il devient paresseux, on fait pendant quelque temps arriver l'eau par-dessous, et dans son mouvement ascensionnel elle emporte les sédiments par la partie supérieure dans un conduit de décharge destiné à les recevoir. » (*Compte-rendu de l'Académie des sciences*, t. II, 2^e semestre, août 1837, page 200.)

Filtration de l'eau en grand à Paris. Le premier établissement de filtration en grand a été fondé en 1806, quai des Célestins, par MM. Smith, Cucllet et Montfort, qui avaient pris un brevet d'invention en 1800. Il est connu aujourd'hui sous la dénomination d'établissement royal des eaux de Seine clarifiées et épurées.

On opère la filtration au moyen de petites caisses prismatiques, doublées en plomb, et contenant à leur partie inférieure une couche de charbon comprise entre deux couches de sable et une couche d'éponges placées à la partie supérieure.

L'eau traverse ces quatre couches de haut en bas ; après quoi elle retombe en pluie dans un réservoir inférieur de manière à reprendre l'air dont elle s'est dépouillée pendant ces diverses filtrations ; elle s'échappe définitivement par un robinet placé au bas du réservoir.

M. Arago nous apprend sur cet appareil, que quand les eaux de la Seine et de la Marne arrivent très chargées de limon, les matières dépuratrices contenues dans ces diverses caisses ou au moins leurs couches supérieures ont besoin d'être renouvelées ou remaniées tous les jours et même deux fois par jour.

Chaque mètre superficiel de filtre donne environ 3,000 litres d'eau clarifiée par 24 heures, etc. »

En 1836, M. Henri Fonvielle a pris un brevet pour des appareils de filtration qui fonctionnent dans les pompes publiques de la rue de l'Université, de la porte Saint-Denis, de la place de la Bastille, etc.

En 1839, M. Souchon a installé les filtres à laine de son invention dans la pompe publique du pont Notre-Dame.

Tels sont les appareils de filtration en grand qui existent aujourd'hui à Paris ; mais, avant de les décrire en détail, nous croyons devoir dire d'abord ce qui a été fait auparavant dans cette branche d'industrie.

Diverses manières de filtrer l'eau. Le repos de l'eau dans des vases de terre ou de grès peut être considéré comme le moyen le plus ancien et le plus simple de débarrasser l'eau de tout ce qu'elle renferme en suspension de plus lourd et de plus grossier, mais il ne

peut être adopté comme une méthode définitive et prompte de clarification des eaux en grand. On peut déduire cette conclusion des expériences et des calculs faits à Bordeaux par M. Leupold. Cet ingénieur a constaté qu'après 40 jours de repos absolu, l'eau de la Garonne, prise en temps de crue, ne serait pas revenue à sa limpidité naturelle. Il a reconnu qu'au commencement les plus grosses matières se précipitent très vite, et que les plus fines descendent avec une excessive lenteur. M. Arago en critiquant la méthode de filtration en grand par le repos, fait remarquer que dans certaines localités, et surtout dans certaines saisons, des eaux exposées en plein air, et qui resteraient immobiles, stagnantes pendant 8 à 10 jours consécutifs, contracteraient un mauvais goût, soit à cause de la putréfaction des insectes sans nombre qui y tomberaient de l'atmosphère, soit à cause des phénomènes de végétation dont la surface deviendrait le siège. C'est précisément ce qui eut lieu à Toulouse en 1823, dans le commencement de l'établissement des fontaines publiques.

Il faut donc avoir recours à une autre méthode plus expéditive et surtout plus sûre.

Un savant étranger avait proposé, vers le milieu du XVIII^e siècle, de jeter une certaine quantité d'alun dans l'eau trouble, afin de rendre presque instantanée la précipitation des matières terreuses tenues en suspension. Ce moyen employé en France par M. Darcey père, pour clarifier l'eau de la Seine, a parfaitement réussi; M. Félix Darcey fils en a fait, dit-il, un usage très satisfaisant en Egypte. Voici la manière qu'il indique pour clarifier les eaux du Nil: « avec 0^e,50 d'alun par litre d'eau trouble, je produisais au bout d'une heure une clarification complète, et l'eau devenait d'une limpidité entière; 0^e,25 d'alun produisaient le même effet, mais au bout d'un temps un peu long. L'emploi de l'alun ne pouvait donner aucune inquiétude pour la santé; car 1/4 gramme ou même 1/2 gramme d'alun par litre d'eau sont des quantités si petites qu'on pouvait bien regarder leur influence comme tout à fait nulle. D'ailleurs, dans ce mode de clarification, l'alun n'agit qu'en se décomposant. L'excès d'acide qui s'y trouve est saturé par le carbonate ou le bi-carbonate de chaux contenu dans l'eau, et ce n'est qu'en passant à l'état de sous-sulfate ou d'alun aluminé insoluble, qu'il précipite et entraîne mécaniquement les particules terreuses en suspension. Il est préférable, dans ce procédé, d'employer l'alun en gros morceaux; voici comment on doit opérer: on prend un gros cristal d'alun, on l'attache au bout d'un fil et on le promène en tous sens dans l'eau, en l'y plongeant très peu, et en ne l'y laissant que jusqu'à l'apparition de flocons terreux; alors il faut retirer le morceau d'alun, afin de n'employer que la quantité convenable de ce sel. La formation du précipité est un signe certain que la dose d'alun nécessaire a été dissoute.

« Si l'on veut se servir d'alun en poudre, afin de doser juste avec plus de facilité, il faut le réduire en poudre très fine, en peser la dose dont on a besoin et en saupoudrer la surface de l'eau, en évitant d'agiter fortement le liquide après l'addition de ce sel.

« On peut encore faire dissoudre, dans un petit volume d'eau claire, la dose d'alun qu'on doit employer, et verser cette dissolution d'alun sur l'eau trouble qu'on veut clarifier. En agitant légèrement la surface de cette eau après le mélange et en laissant reposer, elle se clarifie promptement et prend même une grande limpidité.

« Le dépôt que donne l'alun augmente en poids bien au-delà des limites indiquées, proportionnellement à la quantité du sel employé. Le dosage indiqué de 1/4 et même de 1/2 gramme d'alun par litre d'eau pourrait donc être augmenté sans inconvénient. Les expériences

ont été faites en Egypte avec de l'alun à base de potasse; mais je pense qu'en se servant d'alun à base d'ammoniaque les résultats seraient exactement les mêmes. Extrait du *Bulletin de la Société d'encouragement*, tom. XXIV, pag. 424. »

Tout en reconnaissant l'efficacité de l'emploi de l'alun pour clarifier les eaux, nous dirons cependant avec le savant M. Arago, que « La théorie de cette opération n'est pas assez certaine pour qu'on puisse affirmer que le même effet aurait lieu indistinctement avec le limon de toutes les rivières. Le doute, à cet égard, semble d'autant plus permis que la clarification par l'alun n'est pas toujours complète; que certaines matières très fines échappent à l'action de ce sel, restent en suspension dans le liquide et le rendent encore louche. S'il est vrai que l'eau, après avoir été alunée ait besoin de subir une filtration ordinaire, on concevra aisément pourquoi l'emploi de l'alun, comme moyen de clarification, n'est pas devenu général. D'ailleurs le prix de ce sel ajouterait à celui de l'eau filtrée, et l'augmentation ne serait peut-être pas à dédaigner dans un système d'opération exécuté en grand. Ce qui forme, au reste, contre ce procédé, une objection plus sérieuse, c'est qu'il altère la pureté chimique de l'eau de rivière, c'est qu'il y introduit un sel qu'elle ne contenait pas, c'est qu'en supposant ce sel entièrement inactif dans certaines proportions, les consommateurs peuvent craindre qu'un jour sur 100, sur 200, sur 1000, si l'on veut, ces proportions soient notablement dépassées; car il suffirait pour cela de la négligence, de l'erreur d'un ouvrier. »

L'idée de clarifier les eaux bonnes à boire, au moyen de la poudre d'alun, ou de tout autre agent chimique, est donc complètement abandonnée aujourd'hui, et ne saurait être utile que dans quelques cas spéciaux. Toutes les idées des ingénieurs et praticiens sont dirigées vers l'emploi des matières inertes; l'invention ou plutôt le perfectionnement des procédés de filtration consiste dans la manière de construire les appareils, d'agencer et de disposer les matières filtrantes déjà connues, afin d'obtenir une filtration prompte, régulière, et surtout une grande économie de main d'œuvre.

Filtres domestiques Nous avons déjà dit que les Japonais et les Egyptiens ont fait usage depuis longtemps, pour clarifier l'eau, de vases faits avec des terres poreuses ou des grès. Mais il est un fait avéré, c'est que la fragilité des fontaines filtrantes en terre fit imaginer, au commencement du XVIII^e siècle, celles de cuivre étamé garnies intérieurement d'une couche assez épaisse de sable. On remarqua bientôt que ces fontaines ne préservaient pas de tout danger. Les étamages, même faits avec soin, n'empêchaient pas à la longue le vert-de-gris de se former. Ces inconvénients firent donc abandonner les fontaines de cuivre étamé pour d'autres de cuivre ou de bois, revêtues intérieurement de plomb laminé.

En 1745, M. Amy présenta à l'Académie des sciences de Paris une machine à filtrer l'eau, dans laquelle des éponges servaient de filtres. Les vaisseaux étaient construits en bois ou en terre, ce qui en rendait le prix très modique.

A ce moyen de filtration, succédèrent les fontaines filtrantes du même auteur. D'abord, il se servit de coffres de bois revêtus entièrement de plomb laminé, et divisés par compartiments dans lesquels l'eau passe successivement à travers le sable et des éponges. Il employa les vases de terre, de verre, de grès qu'il garnit de matières filtrantes différentes; et le célèbre physicien Réaumur a attesté le fait dans un certificat en date du 29 juillet 1749. « J'en ai eu, dit-il, plusieurs et à la fois, dont chacune avait été garnie par lui-même d'un filtre différent, les uns d'éponges, les autres de coton, les autres de laine, les autres de soie et les autres

de sable; elles ont toutes donné constamment une eau très claire et très limpide. »

Ces faits démontrent suffisamment qu'Amy doit être considéré comme le véritable créateur des fontaines filtrantes domestiques en France.

Duchene, dans son dictionnaire de l'industrie publié en 1800, a signalé les inconvénients du plomb et du sable employés dans les fontaines filtrantes: « C'est pour y remédier, dit-il, que l'on a imaginé des fontaines de pierres filtrantes; ces fontaines sont de pierres de liais, rondes ou carrées, jointes ensemble par un mastic impénétrable à l'eau, et peintes extérieurement à l'huile en forme de granit ou de porphyre. Elles contiennent plus ou moins d'eau suivant leur grandeur. Au lieu de sable ou d'éponge, on construit intérieurement et au fond de la fontaine une petite chambre plus ou moins grande et bien mastiquée, avec trois à quatre pierres de 27 millim. d'épaisseur, dressées de champ, pouvant contenir à peu près deux à trois pintes d'eau. Ces pierres filtrantes viennent de Picardie; on leur donne le nom de *Vergier*. C'est en passant à travers ces pierres que l'eau versée dans la fontaine filtre et s'épure; et de sale et bourbeuse qu'elle était, elle en sort claire et limpide, par un robinet qui pénètre dans cette chambre fermée, dans laquelle entre un tuyau mastiqué qui, venant aboutir au haut de la fontaine, sert à donner de l'air à l'intérieur de la chambre ou réservoir et facilite l'écoulement de l'eau. A peu près tous les trois mois, et lorsque les pores de la pierre filtrante sont bouchés par la bourbe et les saletés de l'eau, on ratisse la pierre avec un racloir, et on lave. C'est afin que la pierre qui couvre la petite chambre s'encroûte moins, qu'elle est posée en forme de toit. »

Ces dispositions ont été améliorées de diverses manières. Nous citerons seulement la suivante, sur laquelle un rapport a été fait à la Société d'encouragement, en 1834. C'est la fontaine filtrante destinée aux usages domestiques, par M. Lelogé, et que l'auteur nomme *filtre ascendant* ou *fontaine à pression continue et à eau ascendante* filtrant par le *charbon et la pierre poreuse*. (Voir le *Bulletin*, tome XXX, p. 474.)

Cette fontaine est divisée sur sa hauteur en quatre parties inégales, celle supérieure étant à elle seule à peu près égale aux trois autres.

Cette partie supérieure est destinée à recevoir l'eau à filtrer; le fond est formé par une pierre non filtrante à l'angle de laquelle se trouve un orifice communiquant par un canal vertical ou un tuyau à la partie inférieure, laquelle forme un premier réservoir de peu de hauteur, où l'eau opère un premier dépôt qui peut, de temps à autre, être retiré par un tampon mobile pratiqué à cet effet dans le fond de ce premier réservoir, qui est en même temps le fond de toute la fontaine.

L'espace compris entre ce réservoir et les parties supérieures est divisé en deux autres réservoirs; celui inférieur est séparé d'abord du réservoir précédent par une pierre percée de trous, et il est de plus rempli de charbon.

Enfin ce deuxième réservoir est séparé du troisième par une pierre filtrante.

Par cette disposition, l'eau arrive dans le premier réservoir, après y avoir opéré un premier dépôt, pressée par celle que contient la partie supérieure, elle est forcée de filtrer par *ascension*, d'abord au travers du charbon que contient le deuxième réservoir, et enfin au travers du filtre qui le sépare du troisième.

En 1794, James Peacock prit un brevet d'invention en Angleterre pour un appareil à filtrer par *descension* et *ascension* de l'eau à travers le *sable et le gravier*. Cet appareil se compose, 1° d'un grand réservoir d'eau placé à une hauteur convenable; 2° d'une caisse fermée placée au-dessous et remplie de gravier ou de sable lavé

ou d'un mélange de charbon et de carbonate calcaire lorsqu'il s'agit de désinfecter l'eau. L'opération de la filtration s'effectue ainsi :

L'eau contenue dans le grand réservoir supérieur, descend au moyen d'un tuyau dans le fond de la caisse inférieure; elle se filtre par *ascension* à travers le gravier ou le charbon, et sort, en descendant par un tuyau fixé à la partie supérieure de la caisse inférieure. On nettoie ce filtre au moyen d'une pompe aspirante et foulante. On aspire ainsi de l'eau pure ou filtrée qui s'écoule dans un troisième réservoir; on la fait remonter en la refoulant à travers la caisse remplie de gravier. L'eau ainsi refoulée, chasse devant elle et charrie tout le limon ou la vase déposée dans le gravier. Cette vase sort ensuite par le même tuyau d'écoulement de l'eau filtrée, et tombe dans une auge placée au-dessous. (Voir la description et la figure publiées dans le tom. XIII des *Annales des arts et manufactures*, page 303.)

En 1800, MM. Smith, Cuchet et Montfort prirent le premier brevet en France pour un appareil de filtration. Cet appareil, auquel les inventeurs ont donné le nom de *filtre-inaltérable*, tiré des *trois règnes de la nature*, n'est, à vrai dire, que la réunion ou l'application des procédés décrits déjà par Amy, Collier, Lowitz (1) et Peacock. M. Smith, cependant, a réclamé dans les journaux de l'époque la priorité de l'invention. (Voir les *Annales des arts et manufactures*, tome XIII, p. 288, vol. II des *Brevets*.)

Le même volume fait mention des procédés employés à Brest vers la même époque par Barry pour désinfecter et purifier l'eau la plus corrompue, au moyen de plusieurs couches de sable, de grès et de charbon pulvérisés et comprimés entre deux disques en bois percés comme une écumoire. M. Barry avait aussi imaginé d'employer, comme moyens de filtration, une grosse toile de laine ou d'étamine, et une toile double de crin, et des petits paquets de bois cloués à l'intérieur du tonneau destiné à faire la clarification. Ces moyens sont très ingénieusement disposés et utiles à consulter pour l'histoire de l'art.

En 1806, M. Alexandre, de Bordeaux, prit un brevet pour un appareil à filtrer et à clarifier les eaux, auquel il a donné le nom de *filtre-bordelais*. Le principe de son procédé est la capillarité, et la matière filtrante est le coton disposé en mâches plates. (Voir le tome VI des *Brevets expirés*, page 293.)

En 1812, M. Paul de Genève inventa un filtre fondé sur la méthode de déplacement.

Ce filtre se compose de plusieurs cylindres de plomb, faits en forme de manchons, hauts de 60 à 65 centimètres au plus sur 16 centimètres de diamètre. Ils sont fermés par le haut avec un couvercle qui entre à force et bouche hermétiquement. Ces cylindres, dont on peut porter le nombre à douze, quinze ou vingt, à volonté, sont remplis de sable jusqu'à une certaine hauteur. Le sable repose sur un diaphragme ou crible de plomb qui le soutient, et l'empêche de boucher l'orifice inférieur par où l'air arrive. Tout étant ainsi disposé, on conçoit que l'eau qui descend du réservoir par le tuyau entre dans le premier cylindre, le traverse, passe dans le second par un autre tuyau, remonte jusqu'au troisième tuyau, qui la conduit dans le troisième cylindre, où elle s'élève jusqu'à un robinet qui sert à la verser dans le bassin ou le réservoir.

Quand l'eau sort de ce filtre, elle est d'une limpidité parfaite; et cela doit être, puisque, si l'on emploie dix à douze cylindres, elle se trouve ainsi traverser, par sa force ascendante, 5 à 6 mètres de sable, et il est rare

(1) C'est Lowitz de Saint-Petersbourg, qui a reconnu et démontré le premier, en 1790, les propriétés anti-septiques du charbon, et les avantages qui résultent de son emploi pour purifier l'eau corrompue.

que les sources naturelles aient à traverser des couches aussi épaisses.

En 1844, M. Ducommun prit un brevet de dix ans pour des perfectionnements qu'il a apportés aux filtres à base de charbon.

Voici en résumé, suivant l'inventeur, la composition du filtre :

1° Un fond solide, percé de trous, et destiné à porter le filtre ;

2° Une couche de gros sable, qui ne puisse passer à travers les trous ;

3° Une seconde couche de sable moyen, qui ne puisse passer entre les grains de la couche précédente ;

4° Une troisième couche de sable fin ou de grès pilé, qui ne puisse également passer entre les grains de sable moyen ;

5° Une couche de charbon concassé : s'il est fin, il suffit de lui donner 5 à 6 millimètres d'épaisseur : dans ce cas, le filtre est propre aux eaux de rivière, qui sont peu infectes, et qui n'ont besoin que d'être peu clarifiées : s'il est gros, l'épaisseur de la couche peut aller jusqu'à 30 centimètres ; ce qui convient pour les grandes filtrations et pour celles où l'on doit épurer les eaux infectes et corrompues ;

6° Une couche de grès ou de sable fin, comme la troisième, surmontant le charbon pour le retenir et l'empêcher de s'élever ;

7° Une couche de sable plus gros que le précédent ;

8° Une couche de gros sable, comme celui du fond ;

9° Enfin, un plateau percé de trous, pour éviter que la chute de l'eau ne déränge les matières filtrantes. (Voir le tome XII des *Brevets expirés*, page 8.)

Un filtre de 4 mètres carré de section, composé suivant cette méthode, peut aisément filtrer, d'après M. Ducommun, 4,000 voies d'eau par 24 heures ; ce qui correspond à plus de 4,000 hectolitres, soit par heure 450 à 460 litres.

Pour prolonger la durée du filtre en retardant l'obstruction des pores, on garnit d'étoupes le plateau supérieur (Amy avait déjà indiqué ce moyen en 1749.), en les plaçant dans les ouvertures ménagées pour le passage de l'eau.

Pour souder ou luter les parties des fontaines domestiques en grès ou en pierre, M. Ducommun recommande d'employer un mastic composé de :

0,30 bitume de Judée	} = 4,00.
0,20 colophane	
0,10 cire	
0,40 ciment	

On fait chauffer le tout, pour enlever entièrement l'humidité, et on coule en tablettes.

Le 47 mai 1845, M. le comte Réal a demandé un brevet pour un appareil propre à clarifier les eaux, dit de *filtres forcés* (voir le tome VIII des *brevets expirés*, page 453). Ce filtre était destiné, suivant l'auteur, soit à la filtration des eaux, soit à faire des teintures végétales ou extraits pharmaceutiques, soit à la purification des huiles par le charbon, et à bien d'autres usages. Il est composé d'un cylindre métallique muni de plusieurs compartiments ou diaphragmes mobiles percés de trous, et renfermant entre eux la matière filtrante ou la matière tinctoriale que l'on veut soumettre à l'extraction (voir EXTRAITS). Le réservoir d'eau était placé au-dessus.

Pour opérer la filtration, par exemple, on établit la communication de l'appareil avec le réservoir d'eau. Cette communication étant établie, l'eau vient presser sur la matière filtrante, contenue dans le cylindre avec une force due à la hauteur de son niveau au-dessus de l'appareil ; elle passe à travers les matières filtrantes ou elle s'épure, traverse le diaphragme inférieur, et demeure claire et limpide dans l'espace ménagé entre ce diaphragme et le fond de l'appareil ; on soutire l'eau au

moyen d'un robinet placé à la partie inférieure de l'appareil.

M. Cadet de Gassicourt avait pensé que, dans quelques circonstances, il serait difficile et gênant de placer un réservoir au-dessus de l'appareil. Il disait dans son rapport qu'il serait plus avantageux de fixer le réservoir dans une place déterminée du laboratoire ; tandis qu'il serait commode de transporter le filtre dans le lieu où l'on voudrait le mettre en usage. Cet habile chimiste avait proposé, ce qui a été appliqué plus tard, d'opérer la pression du liquide à l'aide d'une pompe que l'on pourrait adapter au-dessus de l'appareil : le dessin d'un appareil ainsi disposé a été gravé dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, tome XVI.

Le mécanicien Hoffmann, de Loipsick, a inventé, en 1819, une presse aérostatique dans laquelle la pression et la filtration ne sont pas effectuées comme dans celle de Réal, par l'action d'une colonne d'eau ; mais par l'air que l'on condense par le moyen d'une pompe de compression. Une presse aérostatique, encore plus ingénieuse, a été inventée par le docteur Rommerhausen à Acken, sur l'Elbe. L'effet de cette machine est une conséquence de la pression considérable que l'atmosphère exerce sur les parois d'un vase vide d'air. Un récipient qu'on peut soumettre à l'action de la pompe pneumatique, est muni d'un diaphragme sur lequel est placé un filtre ; et sous celui-ci un vase propre à recevoir le liquide, qu'on a disposé au-dessus. Lorsqu'on fait le vide, la pression de l'atmosphère force le liquide à traverser le filtre et contribue à l'extraction plus complète des parties solubles (*Bibl. univ.*, tome IX).

Telles sont les descriptions sommaires des principaux filtres qui ont été décrits et publiés en France, descriptions nécessaires pour apprécier ce qui appartient en propre à chaque inventeur, et ce qu'il y a de nouveau dans certains appareils mis récemment au jour.

Filtres de M. Henri Fonvielle. Avant de donner la description de ce filtre, tel qu'il est construit et exploité aujourd'hui par la Compagnie française, à laquelle la ville de Paris a accordé la filtration exclusive des eaux de la Seine, nous tracerons une courte histoire de son origine, et de ses progrès jusqu'à nos jours.

C'est le 27 novembre 1835 que M. Fonvielle a pris un brevet de 40 ans, pour un *appareil mobile servant à la filtration des eaux*. Le filtre était composé de couches superposées d'éponges, de cailloux de rivière, de zinc, de limaille de fer et de charbon ; sur ce filtre, tombait à ciel ouvert un courant d'eau qui le traversait en descendant, et s'échappait ensuite, après la filtration, par un robinet placé au bas de l'appareil ; mais ce filtre n'offrait rien de bien intéressant.

En 1836, M. Fonvielle substitua, dans une addition de brevet, les hautes pressions et les filtres fermés déjà connus aux pressions basses et aux filtres ouverts.

En 1837, il ajouta à son brevet un mode de nettoyage par l'action simultanée de plusieurs courants d'eau qui, pénétrant brusquement dans la masse de filtre, dans des directions, et à des hauteurs diverses, remuent et entraînent rapidement les matières terreuses et salissantes.

Mais nous avons déjà dit que MM. Collier, James Peacock, Soller, Robert Thom filtraient dans des vases clos ; qu'ils nettoyaient leur filtre en y faisant passer rapidement dans la direction contraire une grande quantité de liquide clair. M. Henri Fonvielle n'a donc rien inventé, sur ces deux points fort importants de l'art du clarificateur ; il n'en est pas de même, tant s'en faut, quant au moyen rapide et économique de nettoyer les filtres par l'action de plusieurs courants d'eau, agissant simultanément ou presque simultanément sur les matières filtrantes sans les bouleverser. Ce moyen n'était pas connu avant Fonvielle, et l'honneur

de cette invention utile lui appartient sans contestation sérieuse. M. Arago l'établit clairement dans son rapport.

« Nous ne pouvons avoir aucun doute, dit ce savant illustre, sur la grande utilité de ce conflit des deux courants opposés; car, après avoir nettoyé le filtre de l'Hôtel-Dieu, à la manière de l'ingénieur Thom, nous voulons dire à l'aide d'un courant ascendant, nous avons été assurés que ce même courant ascendant ne donnait, au robinet de dégorgeant, que de l'eau limpide; dès qu'on manœuvrait les deux autres robinets, l'eau sortait au contraire du filtre, dans un état de saleté extrême. Pour le dire en passant, les malades, témoins de l'opération, exprimaient hautement leur surprise en voyant, à quelques secondes d'intervalle, la même fontaine fournir, tantôt une épaisse bouillie jaunâtre, et tantôt de l'eau claire comme du cristal. »

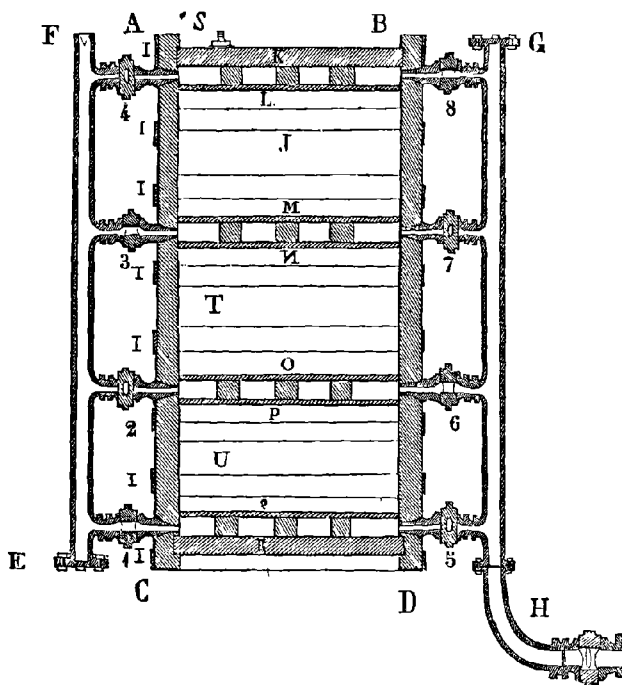
Nous n'accorderons pas la même importance aux inventions de MM. Mareschal et C^e, de la Compagnie française, cessionnaires du brevet de M. Fonvielle, qui ont pris deux nouveaux brevets de 45 ans en 1838 et 1839, pour des perfectionnements dans les appareils servant à la filtration.

Les premiers perfectionnements consistent en l'emploi de cuves, légèrement coniques dont le fond est soutenu par des traverses superposées, laissant entre elles assez d'intervalle pour le passage du liquide. Sur ce fond, on étend : 1^o une couche de gravier; 2^o une couche de sable; 3^o une couche de sable plus fin; 4^o une couche de grès pilé; et de même on place, sur cette dernière, d'autres couches semblables aux précédentes, mais disposées en sens inverse. Ces matières sont pressées par de faux fonds percés de trous sur lesquels on fait appuyer un bouchon ou piston à vis; ces faux-fonds sont entourés sur tout leur pourtour d'une corde, ajustée dans une rainure pratiquée exprès, comme sur une poulie à gorge, pour empêcher le passage de l'eau.

Les brevets d'addition, pris par les mêmes inventeurs, comprennent : 1^o L'emploi d'une corde de sparterie, d'aloès ou de *phormium tenax*, qu'on fait passer de différentes manières entre les trous des faux-fonds, ce qui permet de faire ces trous plus grands, et avec plus de facilité, ou bien de comprimer les filaments de ces cordes entre deux faux-fonds superposés; 2^o dans l'application de plusieurs filtres que l'on renferme dans le même appareil; 3^o dans l'addition d'une soupape de sûreté que l'on emploie lorsqu'on agit à haute pression; 4^o dans la disposition d'une porte en fonte ou en bois et adaptée sur le côté de l'appareil, pour nettoyer ou laver les matières filtrantes sans démonter celui-ci.

Le 4 mai 1840, MM. Mareschal et C^e ont encore pris un troisième brevet de 45 ans, pour un moyen de construire et d'agencer les faux-fonds, de déplacer, et comprimer les matières filtrantes, de manière à rendre le filtre indestructible.

Tous ces brevets reposent, comme on le voit, sur une forme nouvelle donnée à la cuve, sur la manière de construire, de disposer les faux-fonds, de placer et d'enlever les matières filtrantes au moyen d'une porte adaptée sur le pourtour de la cuve, mais tous ces changements ou perfectionnements n'ont point changé l'application heureuse des principes de la filtration ascendante, par la haute pression du liquide et du nettoyage en retour, par l'action simultanée de plusieurs courants d'eau; ils n'ont fait que développer et agrandir les procédés matériels de construction.



902. La figure 902, représente la coupe verticale du filtre-Fonvielle, perfectionné par MM. Mareschal et compagnie.

ABCD, cuve légèrement conique en bois, divisée en trois compartiments égaux J, T, U, ou plus, qui renferment les matières filtrantes soutenues et pressées par les plateaux L, M, N, O, P, Q. Cette cuve est entourée à des distances égales de 40, cercles en fer I. On peut concevoir une, deux et trois cuves semblables et plus placées les unes à côté des autres.

EF, tube vertical en métal servant à conduire l'eau dans le filtre de haut en bas, le réservoir étant placé au-dessus de la cuve.

GH, autre tube vertical en métal qui conduit l'eau filtrée dans un tuyau de conduite en fonte placé horizontalement dans le sol.

Sur les tubes EF, GH, etc., sont implantés huit robinets ordinaires, numérotés 1 à 8; lesquels sont fixés fortement au-dessus de chacun des faux-fonds, qui supportent les différentes matières filtrantes, sauf les robinets numéros 4 et 8 qui sont adaptés au-dessus du plateau supérieur qui presse toute la masse des matières.

Manière de monter le filtre. On place d'abord sur le fond de la cuve R, le plateau Q, percé de trous, et dont

le pourtour porte une gorge garnie d'une corde, ou de drap pour intercepter le passage de l'eau; on étend sur ce plateau une couche U de charbon végétal grossièrement pulvérisé, de 10 centimètres environ d'épaisseur; puis on superpose le plateau troué P; et le second faux-fond O, sur lequel on étale une couche légère de gros sable de rivière, puis du grès fin, et par-dessus du gros sable légèrement tassé; on met ensuite le plateau compresseur N et le faux-fond M; et par-dessus celui-ci des éponges bien lavées à plusieurs eaux, bien sèches et très également distribuées.

On applique le troisième plateau compresseur L; et le couvercle de la cuve K qui doit être en bois fort pour résister à la pression du liquide. On arrête enfin le couvercle à l'aide d'une vis à écrou S.

Pour faire fonctionner l'appareil, on ferme tous les robinets à l'exception des n^{os} 4 et 7, et on ouvre le robinet qui est en communication avec le grand tuyau qui renferme l'eau trouble qui vient du réservoir supérieur. Alors l'eau traverse le compartiment J de haut en bas, chasse l'air qu'il renferme et s'écoule par le tuyau 7; on ouvre ensuite le robinet 3; puis les robinets 2 et 4; l'eau traverse les masses filtrantes T et U de bas en haut, puis elle sort toute filtrée par le robinet n^o 7, tombe dans le tuyau de conduite horizontal dont nous avons parlé plus haut et se rend dans un grand réservoir de décharge, en vertu de la pression donnée par la hauteur du liquide renfermé dans le principal réservoir. C'est des réservoirs, ainsi disposés dans des localités différentes, que part toute l'eau filtrée qui sert à l'alimentation publique des eaux clarifiées de la ville de Paris. Ainsi, l'eau que les porteurs puisent à la pompe de la porte Saint-Denis, vient d'un système de filtres placés rue du Faubourg-Saint-Denis, 47.

Manière de nettoyer le filtre. L'ouvrier ferme tous les robinets 4 à 7, ainsi que celui du tuyau de conduite des eaux H et il ouvre un autre robinet adapté sur un second tuyau horizontal, dit de décharge, plus le robinet n^o 8. Un deuxième ouvrier ouvre tout à coup et successivement les robinets n^{os} 4 et 3, comme la figure l'indique, qui mettent le dessus et le dessous du compartiment J en communication avec la conduite qui renferme l'eau de lavage claire. Ce compartiment se trouve ainsi nettoyé par les deux courants opposés qui détachent les matières terreuses; et l'eau sale s'écoule par les robinets 7 et 8. On agit de même pour laver les autres compartiments, en fermant, bien entendu, les robinets du compartiment déjà nettoyé.

On change et on déplace à volonté les matières filtrantes sans déranger le mécanisme de l'appareil. Il suffit pour cela d'ouvrir une petite porte latérale correspondant à chaque compartiment J, T, U, et au moyen d'un fourgon ou d'un bâton garni d'un crochet en fer, on retire les matières épuisées, le charbon, par exemple, puis on le remplace par du charbon neuf que l'on tasse légèrement. L'opération du nettoyage proprement dit, au moyen des deux courants d'eau, ne s'exécute pas plus souvent que dans les filtres ordinaires, et il demande 15 à 20 minutes par appareil; mais le changement du charbon épuisé, qui a lieu une fois par semaine, demande une heure de temps environ par appareil; les autres matières filtrantes sont lavées à fond deux ou trois fois par année.

Quantités d'eau filtrées. Suivant les expériences faites, en 1836, par M. Arago, le filtre de M. Henri Fonvielle, à l'Hôtel-Dieu, quoiqu'il n'eût pas un mètre d'étendue superficielle, donnait par jour, avec 88 centimètres de pression de mercure (une atmosphère et 1/6), 50,000 litres au moins d'eau clarifiée. Ce nombre déduit de l'examen des divers services de l'hôpital était une petite partie de ce que l'appareil eût pu fournir si la

pompe alimentaire avait été perpétuellement en charge; dans certains moments, M. Arago a trouvé, par des expériences directes, que le filtre donnait jusqu'à 95 litres par minute. « Ce serait, dit-il, près de 437,000 litres en 24 heures, ou environ 7 pouces de fontainer. En nous en tenant aux premiers nombres, nous aurions déjà 47 fois plus de produit que par les procédés actuellement en usage. »

D'un autre côté nous lisons dans le n^o février 1842, de la *Revue scientifique*, page 324, un article fort savant dans lequel l'auteur défend avec chaleur le procédé de filtration de MM. Lanay et Sornay, et celui à laine de M. Souchon qui rendent, suivant lui, moitié en plus de ce que donne le filtre Fonvielle dans les mêmes circonstances.

Voici les dispositions de ces deux filtres :

« *Filtre Lanay* (plus connu sous le nom de filtre des *Bains Chinois*). Au lieu de disposer les matières filtrantes par couches horizontales, et de les faire traverser par le liquide dans une direction verticale soit ascendante, soit descendante, on les dispose ici en anneaux cylindriques concentriques dont les surfaces courbes, sont verticales, en les maintenant bien entendu, à l'aide de tissus ou de lames métalliques percées de trous nombreux et fins. Puis, comme dans les filtres Ouarner, Peacock, etc., on ferme hermétiquement l'appareil, et on fait filtrer l'eau sous une haute pression, soit dans un sens, soit ensuite dans le sens contraire, afin de nettoyer. Ces deux sens vont de la circonférence au centre, et du centre à la circonférence. A cet effet, on ménage au milieu du filtre un espace cylindrique non occupé par les matières filtrantes, et on laisse de même entre l'enveloppe extrême de l'appareil et ces matières filtrantes un autre espace annulaire cylindrique qui reste libre.

« Cette disposition offre deux avantages; d'abord, elle présente à l'eau trouble qui arrive dans l'espace annulaire une surface filtrante plus vaste qu'elle ne peut l'être dans les autres dispositions à égalité de poids de matières filtrantes, et pour une même capacité de l'appareil. Soit, en effet, une cuve cylindrique de 4 mètres environ de diamètre intérieur; dans les filtres où les couches filtrantes sont horizontales, et où la filtration a lieu dans la direction de la hauteur de la cuve, la surface filtrante est celle de la section circulaire du cylindre ou les 785 millièmes de 4 mètre carré, tandis que, dans le filtre des Bains Chinois, la surface filtrante externe diffère peu de celle de l'enveloppe cylindrique même du filtre; or, si, comme aux Bains Chinois, on donne à ce cylindre une hauteur de 4 mètres, cette surface cylindrique sera quatre fois plus grande, c'est-à-dire de 3 mètres carrés et 440 millièmes.

« Le second avantage que fournit cette disposition du filtre qui présente au courant horizontal de l'eau une paroi verticale, consiste en ce que la partie la plus considérable, la plus grossière des impuretés qu'arrête la surface filtrante qui ne pénètre pas dans les pores de ce filtre, tombe, quand elle devient considérable, au bas de l'espace annulaire cylindrique, ménagé entre cette surface filtrante et l'enveloppe de l'appareil; cette chute débarrasse d'autant la surface filtrante, et rend par conséquent le filtrage plus facile. Il n'est pas besoin sans doute de faire remarquer à nos lecteurs qu'en employant, comme nous venons de le faire, cette expression, *surface filtrante*, nous n'entendons pas que la filtration n'ait lieu d'une manière utile qu'à la surface même. Il est évident pour tout le monde que la filtration a lieu aussi dans l'intérieur même de la masse du filtre; mais c'est à la surface qu'a lieu la plus grande séparation, le dépôt le plus considérable des matières suspendues dans l'eau trouble; c'est donc l'action de la surface qu'il faut principalement apprécier dans toute comparaison de filtres.

« Les matières employées dans le filtre des Bains Chinois étaient le grès en poudre et le charbon pilé. Le grès était placé vers la circonférence et le charbon dans l'intérieur. On tassait ces deux matières à l'aide de maillets, de manière à en faire comme deux pierres ayant des pores d'un petit diamètre. Rien n'était plus facile que le nettoyage et le service de ce filtre dont on renouvelait assez souvent les matières. Les auteurs de cet appareil avaient préféré le grès en poudre au sable de rivière employé par M. Fonville, à cause des aspérités mêmes de ce grès ainsi concassé.

« L'expérience a montré qu'un filtre des Bains Chinois de 1 mètre de diamètre donnait, sous la pression de 45 mètres, 160 litres d'eau filtrés par minute (*Revue scientifique*, février 1842, pag. 329). »

Filtre-Souchon (brevet de quinze ans, délivré le 8 mai 1839). L'appareil établi par M. Souchon dans le pavillon de la pompe Notre-Dame, se compose de deux parties essentielles : le dégraisseur et le filtre proprement dit. Le premier se compose de cinq cases en bois de 0^m,80 de côté, sur 0^m,40 de hauteur. Dans chaque case à 0^m,09 du fond, est un taseau sur lequel porte un châsis garni d'un tissu de toile.

L'eau, reçue d'abord dans un chenal commun, pénètre dans la partie inférieure des caisses et passe à travers le diaphragme en filtrant, de bas en haut, et sous une pression de 0^m,45 ; elle s'y dépouille des matières sédimenteuses les plus grossières qu'elle tient en suspension. On rejette de temps à autre l'eau qui occupe le fond des cases, et l'on détache avec de l'eau et un balai les impuretés qui sont attachées aux cadres d'étoffe.

Le filtre qui reçoit les eaux au sortir du dégraisseur qu'on vient de décrire, se compose de cinq cases en bois de 2^m,40 de long, sur 0^m,80 de large et 0^m,90 de profondeur. Chaque case est indépendante des autres et peut se nettoyer séparément. Au fond de chaque case est l'ouverture par laquelle s'écoule l'eau, qui doit, après le filtrage, passer dans le réservoir de l'établissement, et de là dans les tuyaux de distribution. Sur le fond de chaque case sont fixées des barres de bois échan-crées par dessous, espacées entre elles, et qui laissent un vide dans lequel l'eau peut circuler librement ; c'est sur ces barres et sur des tasseaux fixés sur les côtés, que repose le filtre proprement dit.

Chaque filtre se compose de plusieurs couches de laine retenues dans des compartiments distincts, tendues sur une serge, dont le compartiment d'en bas est un cadre métallique et reposant également sur un grillage métallique. Le premier de ces deux cadres s'ajuste exactement à la forme de la case, et ses bords sont garnis de lisière, pour que l'eau ne puisse passer entre le cadre et les parois. C'est sur cette serge que repose la laine. Au-dessus de cette serge est un grillage métallique, sur le cadre duquel porte un autre cadre en fonte très pesant. Une vis de pression permet de serrer fortement tout cet assemblage, et de maintenir le filtre de laine. Au-dessus de ce compartiment en est un second, organisé de la même manière, et contenant une couche de laine également épaisse, également comprimée. Les autres couches de laine, placées au-dessus des deux premières, contiennent trois fois moins de matières que celle-ci, et ne sont pas comprimées. Le nombre de ces couches flottantes varie suivant l'état de l'eau. En été, trois couches flottantes suffisent ; en hiver, il en faut jusqu'à cinq quand les eaux sont très limoneuses.

Le filtrage de l'eau à travers cet appareil a lieu sous une pression de 0^m,55. L'eau reçue par le haut sort tout à fait limpide par la partie inférieure.

En été, chaque filtre peut fonctionner utilement pendant dix heures. Alors il est trop sale ; il faut le nettoyer.

Quand les eaux sont très troubles, en hiver, par

exemple, le filtre ne peut servir que quatre heures de suite.

Le filtre ainsi engorgé par les matières qui étaient en suspension dans l'eau qu'il a arrêtées, ne laisse plus passer que les deux tiers de son premier débit.

Pour nettoyer le filtre, on enlève la couche flottante supérieure, qui est obstruée de terre, et on recommence la filtration.

Un peu plus tard, quand le filtrage est encore réduit aux deux tiers, on enlève une nouvelle couche. On arrive successivement jusqu'aux couches du fond ; alors on remplace de nouvelles couches de laine flottante, puis, après un nouveau filtrage, on les enlève à leur tour l'une après l'autre, pour les remplacer de même.

Le filtrage peut se maintenir dans un état convenable, par ce seul changement des couches flottantes, pendant cinq jours de travail en été, et pendant trois ou quatre en hiver. Alors seulement il faut renouveler les couches du fond. Il faut dix minutes pour enlever une couche flottante ; une heure pour renouveler le filtre en son entier.

Cinq filtres fonctionnent dans le pavillon Notre-Dame ; on n'en renouvelle qu'un à la fois.

La surface des filtres est de 8 mètres. Le filtrage est de 4,300 litres d'eau par minute, quand il y a peu de limon.

La laine salie par le filtrage est lavée à l'eau, puis employée de nouveau. De temps à autre il faut la dégraisser de nouveau. Cette laine, après quelques mois d'usage, devient jaunâtre, alors même qu'elle a été blanche au commencement. De douce qu'elle était au toucher, elle devient rugueuse, et chaque brin paraît comme écorché.

Cette même laine, changée par un aussi long emploi, laisse filtrer l'eau avec moins de rapidité et se tasse davantage ; mais on corrige ce défaut en donnant au filtre moins d'épaisseur.

Comme le filtrage et le lavage entraînent toujours un peu de laine, il faut à la longue réparer ces pertes par une faible addition de laine neuve, qui améliore l'état du filtre. Jamais on ne jette à dessein ou on ne met au rebut la plus petite portion de cette masse filtrante.

La *Revue scientifique* (n° de mars 1842) a résumé assez longuement les observations et les expériences faites par les commissaires nommés par l'Académie de médecine, par MM. Bayard et Gautier de Claubry, sur les propriétés réelles de la laine tontisse employée comme matière filtrante. Suivant l'auteur de l'article de ce journal : « Ce qui fait la supériorité des filtres à laine sur les filtres à charbon, c'est non seulement la qualité des eaux obtenues, la rapidité du filtrage, le bon marché, mais encore la rapidité et la facilité du nettoyage des filtres. La présence d'une plus grande quantité de limon en hiver est sans doute gênante, en ce qu'elle rend ce filtrage plus paresseux, en ce qu'elle demande des couches flottantes de laine plus nombreuses ; mais elle compense une partie des inconvénients en rendant plus facile le nettoyage des filtres. Le limon aide, en effet, au dégraisage de la laine. »

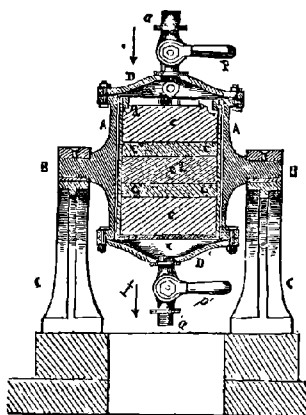
Il faut reconnaître, toutefois, que l'emploi de la laine pour filtrer l'eau est fort ancien ; Strabon lui-même laisse à entendre que certains peuples de l'Asie Mineure se servaient d'une peau de mouton non dégraisée pour filtrer l'eau bourbeuse. Ce qui est vrai, incontestable, c'est que Amy a employé la laine, en 1749, dans la confection de ses filtres domestiques. M. Souchon a changé et perfectionné sans doute la manière de se servir de la laine, de la disposer dans les filtres ; mais il est équitable de rappeler les emplois antérieurs de cette substance pour filtrer. M. Chevallier cite aussi dans son journal des *Connaissances nécessaires*, 1841, page 562, M. Dietrich, qui a imaginé de faire passer l'eau à travers deux masses de feutre épaisses de

FILTRATION.

plusieurs centimètres, entre lesquels se trouve un lit de charbon. Mais cette invention est postérieure à la prise du brevet de M. Souchon; tout porte à croire que l'emploi du feutre est plus dispendieux et moins efficace dans certains cas.

Filtere Ducommun. C'est à vrai dire la reproduction de la forme du tonneau-filtre inventé par Schmidt, en 1800, et perfectionné par MM. Barry et O'Reilly, en 1802 (voir les *Annales des arts et manufactures*, tome XIII, page 289); mais M. Ducommun a disposé autrement les matières filtrantes, puis il a appliqué avec art le principe de la filtration à haute pression dans un vase clos. Cette disposition n'est pas neuve sans doute, mais elle est toujours bonne.

Cet appareil se compose d'un cylindre en fonte A, figure 903, tournant autour des tourillons B, B, les-



903.

quels sont portés par des coussinets ajustés sur les supports C; les deux extrémités du cylindre A sont fermées par les deux couvercles en fonte D, D', qui y sont fixés au moyen de boulons.

a, a, deux robinets adaptés sur les couvercles D, D', et que l'on peut ouvrir et fermer à volonté à l'aide des poignées p et p', ces robinets portent des pas de vis que l'on raccorde alternativement soit avec le tuyau supérieur qui communique avec le réservoir plus élevé, soit avec celui qui conduit l'eau filtrée dans un récipient inférieur.

Les matières filtrantes sont placées dans une seconde enveloppe en tôle ou en cuivre, dont le fond e est percé de trous; sur ce fond, on a mis une première couche de pierre poreuse ou de cailloux c, que l'on a recouverte d'une seconde couche moins épaisse de sable fin ou de grès pilé c'. Par-dessus celle-ci, on a étendu une couche plus considérable de charbon de bois pilé c², puis une couche de grès plus mince c'' pareille à la première, et enfin une dernière couche de gros sable c. On a mis le couvercle b de manière que les arrêts ou bâtonnettes a, en comprimant les matières filtrantes, entrent dans les entailles pratiquées sur la circonférence de l'enveloppe, et décrivent un demi-tour pour le fixer.

C'est à proprement parler un filtre double que l'on peut faire tourner à volonté sur ses axes, et qui permet ainsi d'opérer l'introduction de l'eau à filtrer, soit par le robinet du haut a, soit par le robinet du bas a'. On peut le nettoyer en enlevant le couvercle supérieur D, et en attachant une corde à l'anneau qui est fixé sur le centre du couvercle b, et que l'on tire avec force; ou

FILTRATION.

bien on peut filtrer par le sens opposé, comme dans l'appareil de Smith.

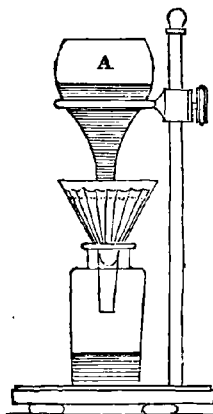
Nous rappellerons, à cette occasion, les observations que M. Ducommun avait faites dans son premier brevet délivré le 8 janvier 1814, relativement au choix et à la préparation des matières filtrantes.

« Le charbon qui doit être préféré est celui du bois de chêne, parce qu'il est plus compacte, qu'il contient plus de matières filtrantes sous le même volume; qu'il est plus solide, moins sujet à s'écraser et à faire de la pâte, qu'il livre plus facilement passage au liquide, et qu'enfin il possède une vertu dépurative plus active. Le grès, qui peut être suppléé par le sable fin, doit être lavé à cinq ou six eaux pour enlever le ciment calcaire qui réunit les grains. Les sables gros et fins doivent être séparés par des cribles appropriés; il faut aussi les laver à plusieurs eaux. Les éponges, avant d'être employées, auront macéré pendant un mois dans un baquet plein d'eau que l'on renouvelle tous les jours, pour lui enlever le goût et l'odeur marine. »

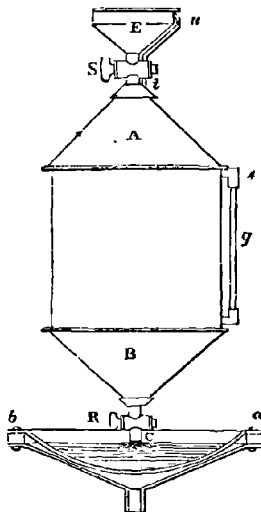
En Angleterre aussi, les grands appareils de filtration ont été beaucoup améliorés, et l'on peut dire, à

juste titre, que l'on doit aux Anglais l'invention de quelques-uns des appareils de filtration les plus originaux et les plus industriels. Le docteur Ure, dans son *Dictionnaire des Manufactures*, en a décrit plusieurs, que nous reproduisons textuellement.

Filtere continu. La figure 904 représente une fiole de verre A, remplie en partie du liquide qu'on veut filtrer: elle est soutenue en l'air par l'anneau d'un support de laboratoire, et elle a l'embouchure renversée et plongée dans le liquide qui remplit l'entonnoir, garni d'une feuille de papier non collé plié convenablement. Il est évident que lorsque le niveau du liquide descend, par l'effet de la filtration, au-dessous de l'ouverture de la fiole, l'air s'introduit dans celle-ci, qui laisse alors tomber assez de liquide pour alimenter le filtre, et pour maintenir une charge toujours égale sur les parois de l'entonnoir. S'il fallait opérer sur de plus grandes quantités de liquide on pourrait se servir de l'appareil suivant: figure 905. A B, est un vase de métal laminé et étamé; C, est un tube fixé à la partie inférieure de ce vase et muni d'un robinet R,



904.



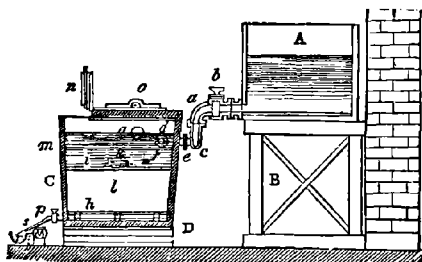
905.

par lequel le liquide s'écoule dans le filtre ab, J, tube supérieur par lequel on introduit le liquide au moyen de

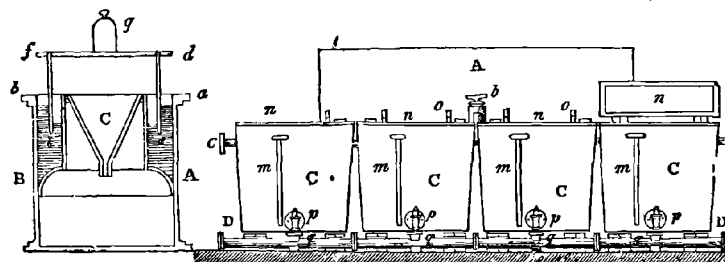
l'entonnoir E; il est muni d'un robinet qui s'ouvre et se ferme en même temps que le petit tube latéral *u t*, par lequel l'air du réservoir s'échappe à mesure que le liquide s'y introduit. Un tube de verre *g*, indique le niveau du liquide dans le corps de l'appareil.

Lorsqu'on veut se servir de cet appareil on doit commencer par fermer le robinet R; on ouvre ensuite le robinet S, et l'on remplit le récipient; on met alors le filtre en action en ouvrant le robinet R, et on laisse écouler le liquide jusqu'à ce que son niveau dans le filtre s'élève au-dessus de l'ouverture du tube C. Ces deux appareils sont essentiellement les mêmes.

Dans beaucoup de fabriques les filtres continus sont alimentés au moyen d'un robinet à flotteur ordinaire dans lequel la boule qui sert de flotteur, en s'abaissant et en s'élevant dans certaines limites, ouvre ou ferme le robinet et permet ainsi au liquide de s'écouler selon le besoin. M. Dumont a adopté ce moyen pour son système de filtrage des sirops à travers une couche de charbon animal ou de noir d'os réduits à l'état granulaire. La fig. 907 est une vue de face de cet appareil



906.



908.

907.

composé de quatre filtres C; la fig. 906 en est une coupe verticale. Le bâti B sert de support à la cuve A qui contient le sirop. La liqueur s'écoule de celle-ci par le robinet *b*, et par le tuyau de prolongement *a*, elle passe par le tuyau commun *c*, lequel communique par les bouts de tube *s* avec chacun des quatre filtres. L'extrémité de ces bouts de tube qui pénètre dans l'intérieur du filtre, est pourvue d'un robinet *d f*, dont le mouvement, et par conséquent, l'écoulement du liquide du réservoir supérieur dans la cuve *a*, se trouve réglé au moyen du flotteur ou de la boule *g*. La cuve-filtre repose sur une maçonnerie en briques D; elle est garnie en *h* d'un double fond de zinc ou de cuivre percé de petits trous; il y en a un second semblable placé plus haut en *t*, et garni d'une forte poignée *k*, qui sert à l'enlever lorsqu'on a besoin de renouveler le noir animal. C'est dans l'interval *l*, qu'on place le charbon en grains. *o*, est le couvercle du filtre également garni d'une anse qui sert à l'enlever. Une partie de ce couvercle est à charnière, ce qui permet de le soulever à volonté et de suivre à l'intérieur le progrès de la filtration. *m, m*, est un petit tube vertical qui met en communica-

tion la partie du fond *h* avec la partie supérieure du filtre, afin de donner une issue facile à l'air qui se trouve renfermée dans cet espace, et à celui qui provient du noir animal, au fur et à mesure que le sirop descend, sans cela la filtration s'arrêterait. *p* est le robinet de vidange par lequel le liquide qui s'est rassemblé dans l'espace au-dessous de *h*, est retiré de temps en temps; on le fait couler par le tuyau commun *q*, fig. 907. *r*, est un conduit de décharge en forme de gouttière, placé parallèlement au tuyau *q*, et dans lequel, au moyen du tube *s* qu'on adapte à volonté, on fait couler le sirop lorsqu'il sort trouble; on le verse alors de nouveau sur le charbon dans le filtre.

Le docteur Ure fait remarquer, en parlant de cet appareil, que la rapidité avec laquelle un liquide quelconque passe à travers un filtre, dépend 1° de la porosité de la substance filtrante; 2° de la pression à laquelle il est soumis; et 3° de l'étendue de la surface filtrante. Pour un liquide tant soit peu glutineux, les poudres fines, ou bien celles qui sont d'une nature compacte, exigent par la filtration un temps beaucoup plus long que celles qui sont grossières et peu adhérentes. Les premières doivent, par conséquent, être étalées en couches moins épaisses, et sur une plus grande surface que les dernières, si l'on veut obtenir des résultats identiques; ce principe a été parfaitement observé dans l'appareil de Dumont, que nous venons de décrire.

Dans beaucoup de cas la filtration peut être accélérée par une augmentation de pression hydrostatique ou pneumatique. On obtient un pareil effet en employant un filtre cylindrique et clos dont la partie supérieure seulement communique, au moyen d'un tube, avec un réservoir de liquide placé au-dessus d'un niveau supérieur. On peut aussi se servir de la pression de l'air, soit en le soutirant partiellement d'un vase clos dans lequel le fond du filtre pénètre, soit en augmentant sa densité au-dessus du liquide à filtrer. On se sert aussi, soit d'une pompe aspirante ou d'une machine pneumatique, ce qui a été proposé en août 1819, par M. Henri Tritton, soit de la vapeur pour faire le vide partiel au-dessous du filtre, soit d'une pompe foulante, ou bien encore de la vapeur pour produire une plus forte pression à la surface du liquide que l'on veut filtrer.

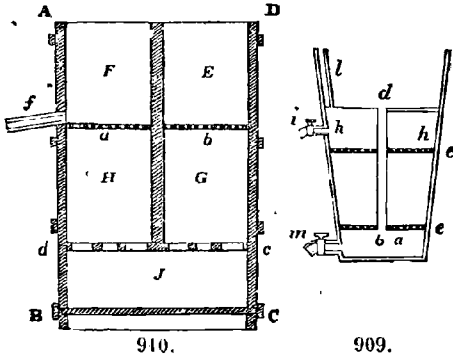
On peut faire une application élégante de la pression atmosphérique aux filtres ordinaires au moyen de l'appareil représenté par la fig. 908; c'est tout simplement un entonnoir recouvert d'un gazomètre. La boîte A B, porte un vase annulaire creux *a b* rempli d'eau, et dans lequel plonge le gazomètre cylindrique *d e f i*. L'entonnoir-filtre C, est assujéti par son bord supérieur à la surface intérieure du vase annulaire A, B. Par l'effet de la pression que le gazomètre exerce sur l'air qu'il renferme, laquelle pression est réglée par le poids *g*, le liquide à filtrer se trouve également comprimé, et l'eau qui est contenue dans le vase annulaire, s'élève à une hauteur correspondante contre la surface extérieure du dit gazomètre, ainsi qu'il l'indique la figure.

Nous dirons, relativement à l'application de la pression aux filtres, qu'il faut s'abstenir de la pousser trop loin, autrement on court la chance de déranger l'appareil, ou de rendre trouble la liqueur filtrée. L'extension de la surface est, généralement parlant, le moyen le plus sûr et le plus efficace d'accroître la rapidité de la filtration, spécialement lorsqu'il s'agit de liquides d'une

nature visqueuse. Ce principe a reçu une belle application dans l'emploi du sac-filtre plissé, actuellement en usage dans la plupart des raffineries de sucre de Londres (voyez SUCRE).

Dans beaucoup de cas il convient de construire les appareils de filtrage de telle manière que le liquide, au lieu de descendre, s'élève, au contraire, par l'effet de la pression hydrostatique. Cette méthode offre deux avantages qui consistent : 1° En ce que, sans faire beaucoup de dépense, on peut construire des appareils qui donnent le degré de pression hydrostatique nécessaire, et aussi en ce que l'on peut forcer le liquide à s'élever à travers plusieurs surfaces filtrantes placées l'une contre l'autre; 2° en ce que le but de la filtration, qui est de séparer les particules de matières en suspension dans le liquide, sans troubler le sédiment, peut être, par ce moyen, parfaitement atteint, et par conséquent les liquides très troubles peuvent être clarifiés sans salir beaucoup la surface filtrante.

Une pareille construction est particulièrement applicable à l'épuration de l'eau, soit qu'on l'emploie seule, soit qu'on la combine avec le système de filtration dont nous allons parler plus bas. On a un exemple de la première application dans la fig. 909. C'est un vase conti-



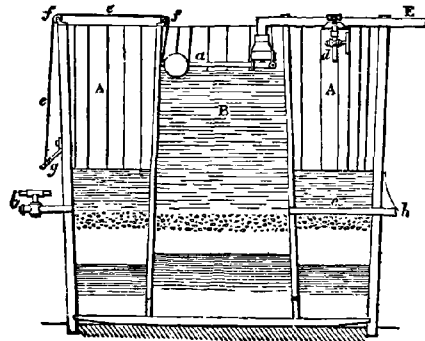
910.

909.

que de bois ou de zinc, pourvu de deux fonds percés de trous ou de deux cribles *e, e*, entre lesquels on entasse la substance qui doit servir de filtre. Il y a au-dessus un troisième fond percé d'un trou, au milieu duquel descend le tube *b*, lequel doit être parfaitement propre. Le tube *d* met la partie supérieure de l'appareil, qui est à découvert, en communication avec l'espace inférieur *a*. A partir du compartiment *h h*, s'élève un petit tube pour le dégagement de l'air. Les matières qui servent à filtrer consistent, dans le fond de l'appareil en cailloux, dans le milieu en gravier, et dans le haut en sable fin, lequel peut être mêlé à du noir animal grossièrement pulvérisé, ou recouvert d'un lit de cette même substance. L'eau que l'on veut filtrer ayant été versée dans la partie supérieure de la cuve, s'écoule à travers le tuyau *b d*, et va remplir le compartiment inférieur *a*; l'eau, par l'effet de la pression, remonte à travers le crible et les matières filtrantes, s'écoule dans l'espace *h h*, d'où l'air s'échappe par le petit tuyau *l* à mesure que le liquide s'y élève. Le robinet *i*, sert à soutirer l'eau filtrée. Comme le mouvement de l'eau à travers le filtre s'opère lentement, les particules des matières qu'elle tient en suspension ont tout le temps de se déposer par l'effet de leur densité. Elles se rassemblent donc sur le fond supérieur *d*, aussi bien que sur le fond inférieur *a*, et y forment un dépôt qu'on peut ensuite laver et chasser au dehors par le robinet *m*.

La figure 910 représente un filtre dans lequel l'eau agit de haut en bas et de bas en haut. ABCD, est un

réservoir de bois ou de métal garni d'un double fond, percé de trous *c, d*, et placé non loin du fond inférieur. Sur ce double fond est fixée une cloison verticale passant par l'axe du réservoir. Un fond semi-circulaire perforé est placé en *a*, et un second tout semblable est placé en *b*. Ces fonds horizontaux reposent sur des tasseaux fixés sur les parois des compartiments, de manière à pouvoir en être retirés promptement. L'espace *G*, est rempli de gros sable, l'espace *J*, l'est avec du sable de moyenne grosseur, et *H*, avec du sable très fin. On verse l'eau impure dans la chambre *E*; elle traverse par sa pression les chambres *G, J, H*, et remonte jusque dans l'espace *F*, d'où on peut la tirer par le robinet *f*.

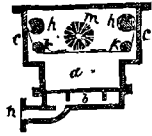


914.

La figure 914 représente la coupe d'un appareil de filtration, qui consiste en deux chambres concentriques. La chambre intérieure est destinée pour le filtrage de haut en bas, et l'extérieure pour celui de bas en haut.

Dans le milieu du grand réservoir *A*, on en a placé un autre plus petit, dont la partie inférieure est perforée de trous de distance en distance, afin d'établir la communication de la cavité intérieure avec l'espace annulaire extérieur. Ces cavités sont remplies, jusqu'à la hauteur marquée, de sable et de gravier. L'espace intérieur cylindrique contient, dans le bas, du sable fin; puis au-dessus du sable plus fin, mêlé à du charbon de bois pulvérisé grossièrement; ensuite du sable grossier, et finalement du gravier. L'espace annulaire renferme également du sable fin dans le fond. On introduit l'eau impure par le tuyau *E*, dont l'orifice est pressé par un flotteur *a*, faisant levier; par ce moyen, l'eau est maintenue toujours au même niveau dans le réservoir intérieur. L'eau s'infiltré à travers les grains de sable du réservoir central; elle descend au fond, passe dans l'espace annulaire, remonte à travers le sable qui s'y trouve, et vient s'amasser à la surface; on la soutire ensuite de là au moyen du robinet *b*. Au bout de quelque temps, lorsque le limon s'est formé, on peut l'expulser facilement par un lavage. On tire alors la corde *e*, qui passe sur les poulies *f f*, et soulève le flotteur qui ferme la soupape; on ouvre en même temps le robinet *d*, adapté au tuyau de conduite *E*, de sorte que l'eau s'écoule par là dans l'espace annulaire *A*; le tuyau *c*, qui est en communication avec l'espace intérieur *B*, est aussi débouché en *h*. L'eau s'écoule alors à travers les couches de sable dans une direction contraire à sa direction ordinaire, et elle détache les impuretés qui se sont déposées dans l'espace *B*, et les chasse par le tuyau *ch*. Un appareil de ce genre, de moyennes dimensions, est capable de filtrer une grande masse d'eau. Il devrait être construit, dans ce cas, en maçonnerie; mais si l'on ne veut opérer que sur une petite échelle, on peut le construire en grès.

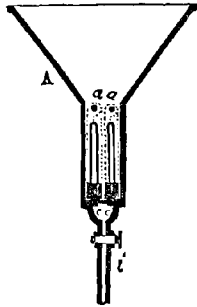
Filtere dépouilleur des eaux impures, par Hall (Figure 912). a, capacité dans laquelle tombe l'eau filtrée; b, capacité inférieure séparée de la précédente par un fond métallique criblé de petits trous; c, boîte contenant le filtre proprement dit composé d'étoffe de laine ou de coton ou de toute autre matière; h, h, deux rouleaux munis de manivelles sur lesquels s'enroule l'étoffe de coton ou de laine destinée à servir de filtre; k, k, rouleaux de renvoi pour tendre l'étoffe horizontalement; m, brosse cylindrique armée d'une manivelle et destinée à enlever les impuretés qui se déposent sur le filtre; n, tuyau adapté au fond du récipient b, et aboutissant à une pompe à air. Le vide produit dans ce récipient par l'aspiration d'une pompe favorise la filtration.



912.

L'eau impure arrive au-dessus du drap sans fin par une ouverture latérale qui n'est point indiquée dans le dessin. L'eau surabondante qui n'a pu être filtrée s'écoule par un orifice opposé au tuyau d'arrivée (*Bulletin de la Société d'encouragement*, septembre 1838, page 361).

Filtere de M. Hart (Figure 913, coupe verticale de l'appareil). A, grand récipient en forme d'entonnoir, et qui peut avoir toute autre forme; a, a, plaques percées et soudées sur leurs bords, mais tenues légèrement écartées par des broches en fil de fer d (hg. 914); c, tuyau de décharge qui permet au liquide filtré de s'échapper de l'intérieur de l'appareil.



913.

Les plaques sont en outre retenues par le bas au moyen de châssis en métal c, c, qui empêchent le liquide non filtré de pénétrer, par les bords de la douille A, dans l'intérieur de la cavité c, c. On les couvre de papier joseph ou d'un tissu de laine dont les extrémités sont maintenues par le châssis inférieur.

On réunit plusieurs appareils filtrants.

La fig. 914 est la coupe verticale d'un des appareils filtrants composé de deux plaques de zinc ou d'étain criblées de trous et supportant un tissu ou du papier qui sert de filtre. On réunit plusieurs de ces appareils dans un récipient quelconque A, en rendant ainsi très considérable la surface filtrante dans peu de place (*Repertory of patent inventions*, janvier 1844).

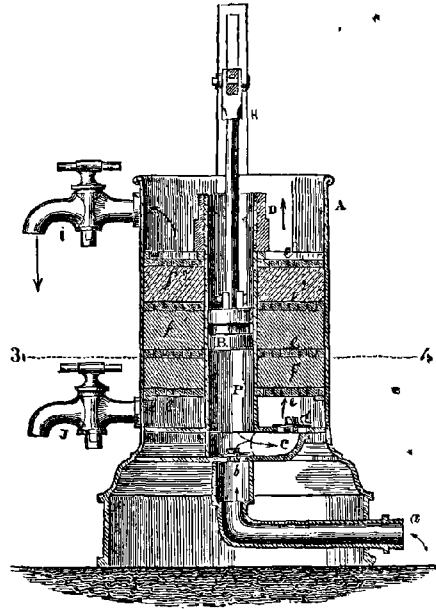


914.

Filteres industriels (système Tard, brevet du 10 mars délivré le 9 décembre 1844). L'inventeur les a appelés ainsi, parce qu'ils sont propres à la clarification et à la filtration de toute espèce de liquides (eaux, vinaigres, vins, cidres, bières, sirops, liqueurs, huiles, jus de betteraves, produits chimiques, etc.).

La méthode de filtration consiste dans l'application du principe connu de la haute pression du liquide à filtrer dans des vases couverts. M. Tard emploie aussi le jeu d'une pompe aspirante et foulante qu'il place dans l'intérieur ou à l'extérieur du filtre. La base de la matière filtrante est la pâte à papier mélangée avec de la sciure ou du charbon de bois pulvérisé, dans des proportions qui varient selon la nature et le degré de malpropreté du liquide à filtrer. Il y a longtemps sans doute que les distillateurs se servent de la pâte à papier pour clarifier leurs liqueurs, mais jamais on

n'avait songé à la mélanger avec d'autres matières pour en former des masses filtrantes solides, plus énergiques, plus faciles à manier et à transporter. C'est là le problème utile et vraiment industriel que M. Tard a résolu d'une manière fort simple, et surtout fort économique.



915.

La figure 915 représente la coupe verticale d'un filtre à pompe foulante, tel que le construit M. Tard.

Ce filtre se compose d'un cylindre en cuivre mince A, posé sur un socle de même métal, qui en est séparé intérieurement par le fond ou la base élargie du corps de pompe P. Sous ce fond est rapporté la tubulure c, qui, d'une part, porte la soupape d'aspiration b, et, de l'autre, la soupape de refoulement d; sur le socle est adapté un robinet pour donner issue à l'air confiné, sans quoi la filtration n'aurait pas lieu. La première soupape b donne entrée au liquide qui arrive du réservoir par le tuyau coudé a, ce qui a lieu lorsqu'elle s'ouvre par le vide formé au moment où le piston B s'élève. La seconde soupape d, donne entrée au liquide dans le cylindre, en s'ouvrant lorsque le piston descend.

Le corps de pompe est en cuivre, et placé concentriquement dans l'intérieur du cylindre enveloppe A; il se termine par une partie filetée, recevant un fort écrou D également en cuivre, et destiné à presser sur un croisillon à quatre branches, fondu avec un anneau pour retenir le dernier plateau du filtre.

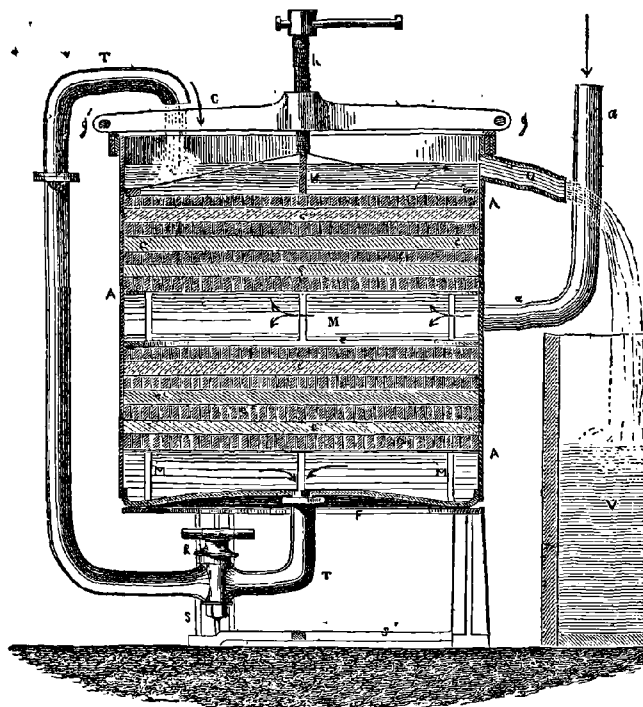
A quelque distance au-dessus du fond du corps de pompe est un premier disque e, qui est soutenu dans l'intérieur de l'enveloppe, par des tasseaux rapportés à la hauteur convenable. Ce plateau est assez ordinairement en bois, percé de trous, et peut être aussi en cuivre ou en fer galvanisé, lorsqu'on veut filtrer des liquides sur lesquels les métaux n'ont aucune influence, comme de l'eau, par exemple. Sur ce premier disque on place un tourteau auquel M. Tard donne le nom de

FILTRATION.

dégrossisseur ; il est généralement composé de chanvre coupé et de grosse sciure de bois, et est préparé comme nous l'indiquerons plus loin. Sur ce premier tourteau, qui n'a pas plus de 3 centimètres d'épaisseur, l'auteur en place un second *f*¹, de même nature et de même épaisseur, qu'il sépare par une cloison ou par un second plateau troué ; celui-ci est également surmonté d'un troisième tourteau *f*², qui est véritablement le filtreur, composé de pâte à papier, et de charbon végétal en grains ; il est placé de même entre deux disques percés *e*¹, *e*². C'est sur le dernier de ces plateaux que l'on serre le croisillon à 4 branches, au moyen de l'écrou D.

Ainsi le liquide à clarifier, amené par le tuyau *a*, dans la partie inférieure du cylindre enveloppé, est forcé, lorsqu'on fait jouer la pompe, de traverser successivement les quatre plateaux percés et les trois tourteaux de matières filtrantes, pour s'échapper enfin par le robinet *i*.

Filtre de grande dimension, par le même. La fig. 916 représente la coupe d'un grand appareil pour filtrer une masse d'eau considérable.



916.

A, cylindre de métal d'une seule pièce, ayant un fond F, qui est légèrement bombé pour mieux résister à la pression ; il est élevé sur un support en fonte *s*, *s*'.

a, tuyau vertical qui communique avec un grand réservoir placé à une hauteur de un ou plusieurs mètres au-dessus de l'appareil A. L'eau à filtrer arrive dans l'espace vide M, qui forme le milieu de l'appareil, entre deux doubles-fonds en bois troués, et maintenus dans leur écartement au moyen d'une bague ou châssis en fer galvanisé.

M', faux-fond ou châssis en fer percé de petits

FILTRATION.

trous, et placé sur le fond de l'appareil. Sur ce faux-fond inférieur, on pose les matières filtrantes dans l'ordre suivant :

1° *c*², tourteau de pâte à papier et de charbon pilé que l'on recouvre d'un second disque percé *e*² ;

2° Tourteau *c*', composé de chanvre et de sciure de bois de hêtre sur lequel on pose le disque troué *e*' ;

3° C, tourteau semblable au premier, que l'on presse avec le disque *e*, et le châssis en fer M.

De même, on place sur le disque du milieu M, trois autres couches de matières filtrantes dans l'ordre que nous venons d'indiquer ; puis le croisillon en fer N, que l'on serre légèrement au moyen de la vis A, adaptée sur le couvercle de fermeture à jour *g* g'.

On forme ainsi un filtre double séparé au milieu par le châssis M, et dans lequel la filtration a lieu tout à la fois de haut en bas et de bas en haut, comme les flèches au trait l'indiquent.

L'eau qui filtre de haut en bas remonte dans la partie supérieure, au moyen d'un tuyau recourbé T, muni d'un robinet R, que l'on ouvre et ferme à volonté ; elle s'écoule ensuite par le tuyau incliné U, dans le réservoir de décharge V.

Un robinet à air est fixé sur le pourtour de l'appareil, entre les deux filtres et au milieu de l'espace vide M. Un autre robinet est adapté au-dessous du premier faux-fond M. Les deux robinets servent, en outre, à vider les dépôts et les impuretés qui tombent entre les faux-fonds M et M'.

Avec un appareil de 4 mètres car. garni comme nous le disons, on peut filtrer 1500 à 2000 hectolitres d'eau par jour, suivant la pression sous laquelle on opère ou bien encore suivant le plus ou le moins de degré d'impureté du liquide. Comme le brevet de M. Fonvielle est expiré depuis le 27 novembre 1845, M. Tard peut employer aussi, pour nettoyer son filtre, l'action brusque de deux courants d'eau opposés. Alors son filtre est devenu encore meilleur.

Nettoyement ancien des filtres-Tard. Le nettoyage journalier s'effectue tout simplement en ouvrant les robinets d'air et de dégorgeement pour faire écouler le limon contenu dans la partie inférieure du filtre, entre les matières filtrantes et le fond du vase ; puis on introduit une certaine quantité d'eau claire pour laver et détacher les matières terreuses. Le nettoyage général a lieu lorsque le filtre ne fournit plus de l'eau assez claire ; l'opération consiste alors à enlever les matières, à les laver séparément et à les replacer dans l'or-

dre déjà indiqué.

Dans un filtre de 4 mètres de diamètre, le nettoyage n'a lieu qu'après qu'il a fourni 5000 à 6000 hectolitres ; il peut se faire en 3 ou 4 heures au plus. Pour les filtres d'une moindre dimension l'opération peut s'effectuer en deux heures et même en une heure, lorsque l'opérateur est adroit.

Précautions à prendre pour préparer les matières filtrantes. M. Tard dit dans son instruction que les matières filtrantes doivent avoir une adhérence parfaite avec le cylindre ; le moindre interstice existant, laissant un

passage au liquide, causerait une perturbation dans l'intérieur; et dès lors la clarification serait incomplète.

« *Préparation du dégrossisseur.* On coupe le chanvre à 8 centimètres environ de longueur; puis on le fait tremper dans l'eau pendant plusieurs jours; on renouvelle l'eau plusieurs fois; on le retire ensuite pour l'employer lorsqu'on reconnaît qu'il a perdu son odeur et sa couleur primitive; cette opération peut être hâtée en employant le chlorure de chaux ou l'acide sulfurique.

« Quand le chanvre est ainsi travaillé, on le met dans une eau nouvelle, d'où on le retire par poignées qu'on nomme *morues*, proportionnées à la grandeur de l'appareil. Ces morues sont mises toutes mouillées dans le filtre, en plaçant toujours la partie la plus épaisse sur la plus faible.

« *Préparation de la pâte.* La pâte préférable est celle qui n'a pas encore servi à la fabrication, c'est ce qu'on nomme du défilé de chiffons que l'on trouve dans toutes les fabriques de papier ou qu'on fait soi-même, en réduisant le chiffon en pâte en le laissant quelque temps dans une eau légèrement chlorurée.

« Cette pâte doit être mise dans l'eau, et lorsqu'elle est divisée au point d'être insaisissable, on l'égoutte dans un tamis pour la mélanger, avec du charbon végétal concassé en petits grains comme il sera dit plus bas; le charbon a pour but d'ouvrir ou de diviser les particules filtrantes de papier.

« Lorsque le chanvre, qui sert comme dégrossisseur; paraît devenir trop vieux pour cet usage, on peut facilement le convertir en pâte, en le faisant d'abord sécher, et le coupant ensuite à la longueur de 4 centimètres; alors, on le laisse séjourner quelque temps dans l'eau et l'on obtient un défilé excellent pour la composition du filtreur.

« *Préparation du filtreur.* Le point de départ est de 1/3 pâte sur 2/3 charbon de bois ou noir végétal; *mais celui-ci doit être concassé de la grosseur d'une lentille; on en extrait la fine poussière au moyen d'un crible fin; et on jettera ensuite de l'eau dessus jusqu'à ce qu'elle en sorte claire.*

« Si l'on veut avoir un filtreur moins dense et plus poreux, on augmente la quantité de charbon de bois.

« Au contraire, si l'on veut un filtreur plus dense et plus compact, on diminue la quantité de charbon et on augmente la quantité de pâte à papier. On resserre aussi les pores du papier, suivant la nature ou la difficulté du liquide à filtrer.

« *Montage extérieur de l'appareil.* Les matières filtrantes étant préparées, comme il est dit, et le filtre mis en communication avec le réservoir, ou la pompe, on place le faux-fond dans l'appareil et on met dessus une couche de 6 à 8 centimètres d'épaisseur de chanvre disposé en morues, ainsi qu'il a été dit plus haut.

« Sur cette première couche, on place un second faux-fond qu'on recouvre d'une autre couche de chanvre de même épaisseur; cette deuxième couche reçoit un nouveau faux-fond, ensuite le filtreur que l'on a coulé, après avoir bien remué le mélange avec une spatule.

« Quand le filtreur est à peu près égoutté, on l'égalise avec la main, ou au moyen d'une batte circulaire, afin de former une égale épaisseur partout et d'obtenir une adhérence parfaite de la pâte avec le cylindre. (On doit observer que le filtreur ne doit jamais excéder 4 centimètres d'épaisseur, quel que soit le diamètre de l'appareil.)

« Si le liquide ne paraît pas suffisamment clair, on y ajoutera un peu de pâte pour augmenter la densité du mélange. Cette quantité ne peut être indiquée d'une manière bien précise; l'expérience et l'intelligence de l'ouvrier la lui indiqueront suffisamment.

« Lorsque le filtreur est disposé, on le recouvre avec du chanvre ou un morceau de canevas bien dégorgé

(pour empêcher quelques parcelles du filtreur de s'échapper), on place le dernier faux-fond, et le croisillon, puis on serre ensuite avec la vis dite de *fermeurs*.

Il faut avoir le soin de serrer la vis légèrement, de manière à maintenir seulement les matières sans les comprimer trop fortement; cela se comprend, la bonne clarification n'ayant lieu que par l'état de porosité du filtreur, une compression trop forte aurait l'inconvénient de resserrer les matières et de ralentir la filtration sans aucun avantage pour la qualité.

Tels sont les renseignements publiés par l'inventeur lui-même, et nous les avons reproduits textuellement.

Il nous reste à donner quelques notions générales sur la nature, le choix et la préparation des principales matières filtrantes.

Des éponges. Il faut les choisir bien saines, d'un grain assez fin, régulier et serré. On les lave à plusieurs eaux, pour les débarrasser des matières terreuses et animales jusqu'à ce que la dernière eau s'écoule limpide.

Ensuite on les presse fortement dans un linge dont on tord les extrémités, en sens inverse, pour en extraire toute l'eau.

Si l'on conservait les éponges humides, elles prendraient sans aucun doute le goût de *mois*, en séchant à l'air, et le communiqueraient ensuite à l'eau. Cet inconvénient se reproduit souvent dans la pratique de la filtration, lorsqu'on n'a pas le soin de tenir les éponges plongées dans la masse d'eau. Si cela arrive, on fait macérer les éponges pendant quelque temps dans l'eau renfermant un peu d'ammoniaque liquide; et on lave ensuite à plusieurs eaux. Quand les éponges sont amolies par l'usage, il faut les changer.

Des sables. On prend le plus ordinairement des sables siliceux exempts de matières calcaires, (ces derniers se reconnaissent aisément en versant sur les sables un acide étendu d'eau. Le bon vinaigre peut servir à cette épreuve; s'il y a effervescence, c'est-à-dire un petit bouillonnement, les sables contiennent des substances calcaires.

On passe les sables au travers un crible de fer ou de laiton à mailles de différentes grosseurs, pour obtenir des sables de différents grains; on rejette les sables trop fins et ceux qui n'ont pu passer à travers le crible.

Chaque espèce de sable ainsi criblée est recueillie et lavée séparément dans un crible à petites mailles, lequel est placé au-dessus d'un baquet en bois qui reçoit l'eau et les parties boueuses. Le lavage doit être prolongé jusqu'à ce que l'eau sorte très claire. On fait bien sécher les sables avant de s'en servir; quelques praticiens les emploient encore humides.

Des laines et des étoffes de laine. Les laines et les étoffes de laine doivent être parfaitement dégraissées, et blanchies au soufre. Pour enlever le mauvais goût du soufre, on peut les passer dans un bain de vapeur sèche, ou dans un bain contenant 3 à 4 pour 100 de sous-carbonate de soude, et les laver ensuite à plusieurs eaux. Quelques détecteurs de l'emploi de la laine ou de toute autre matière animale dans la filtration prétendent que ces agents entrent promptement en fermentation putride par suite de l'impossibilité où l'on est d'en extraire complètement la matière grasse; ils disent qu'en laissant l'eau un peu longtemps en contact avec la laine, elle entre en fermentation putride, ou contracte un goût de suint fort désagréable. Cela est possible; mais dans ce cas, cet inconvénient n'a lieu que par suite du mauvais choix de laine, de l'incurie ou de la négligence de l'opérateur qui n'a pas pris les soins convenables. Ne se sert-on pas d'ailleurs, depuis un temps immémorial, d'étoffes de laine pour filtrer les liquides chez les distillateurs, les confiseurs, les pharmaciens? et personne, que nous sachions, n'a songé encore à attribuer à ces étoffes la moindre influence pernicieuse.

FILTRATION.

Tout le mal qui peut arriver provient d'un défaut de propreté, c'est-à-dire du défaut de lavage des étoffes.

Des grès. On prend le grès blanc et dont la cassure est très faiblement grenue. Ce grès est tantôt dur et solide, tantôt tellement friable qu'il s'égrène sous les doigts.

Le meilleur est le *grès-filtrant* des minéralogistes ; on le trouve principalement en France, en Bohême, le long des côtes du Mexique, près des îles Canaries ; on en trouve aussi en Espagne, près de Saint-Sébastien et de Grotoria.

On le pile dans des mortiers ; on le passe dans un crible à petites mailles pour obtenir un grain fin et régulier ; puis on pile de nouveau le grès qui n'a pu passer ; ensuite, on le lave et on le fait sécher.

De l'emploi du charbon. C'est Lowitz, comme nous l'avons déjà dit, qui a découvert la propriété du charbon d'enlever à l'eau la plus corrompue sa mauvaise odeur. Ce savant a indiqué, dès 1788, la méthode de préparer et d'employer ce produit, qui même aujourd'hui est encore le plus efficace, sinon le plus économique pour clarifier les eaux troubles qui tiennent des matières organiques en suspension et en décomposition. (Voir les *Annales de Crétel*, tome II, année 1788, p. 36 et 134, et tome I^{er}, année 1794, p. 308, 398 et 494.) Sa méthode consiste simplement à ajouter à l'eau purifiée du charbon végétal grossièrement pilé et bien calciné, dans une proportion suffisante, à agiter et à filtrer au travers d'une chausse.

Quelques personnes ont prétendu que l'eau filtrée à travers le charbon a perdu une grande quantité de l'air qu'elle tenait en dissolution, et que, dès lors, elle est moins propre à être bue qu'une eau qui aurait passé par un simple filtre de sable. M. Barry a conseillé, dans ce cas, d'aérer l'eau de nouveau en l'élevant, au moyen d'une pompe, à une grande hauteur, et en la laissant retomber ensuite sous forme de pluie. Quoi qu'il en soit, les expériences nombreuses, faites par diverses commissions de savants, ont prouvé rigoureusement que l'eau filtrée au charbon est très bonne à boire.

FILTRATION DES VINS, DU CIDRE, DE LA BIÈRE, DU VINAIGRE.

On ne filtre point généralement les vins de France au moyen d'appareils, on les clarifie seulement par le repos ; puis, on les débarrasse de tous les principes en suspension, au moyen d'une opération qu'on nomme *collage à l'albumine* (voyez ALBUMINE). On retire ensuite le vin clair de dessus la lie, au moyen d'un siphon ou d'une pompe aspirante et foulante ; cette opération s'appelle *tirer au clair, soutirer, transvaser* le vin. Quelquefois on filtre à travers un filtre de papier, placé au fond d'un entonnoir de verre ou de métal. Dans ce cas, le filtre de M. Tard peut offrir des avantages ; seulement, on remplace en grande partie le chanvre par de la sciure de bois de hêtre, mélangée par tiers ou moitié, suivant la subtilité du résidu, avec du noir végétal, préparé convenablement pour ne point altérer la couleur du vin.

M. Tard fait observer que les matières filtrantes qui ont servi aux vins rouges, ne peuvent être employées pour la clarification des lies de vins blancs ; il faut nécessairement en employer d'autres.

Le cidre, la bière et le vinaigre, se clarifient comme les vins, c'est-à-dire par le repos et en les tirant au clair. La mère du vinaigre est filtrée à travers une chausse, ou mieux à travers une couche un peu épaisse de poussier de charbon (voyez acide ACÉTIQUE).

Filtration des huiles végétales. Cette opération a pour but de faciliter la déuration ou le dépôt de la matière extra-mucilagineuse et colorée qui trouble leur transparence, et les dispose à la détérioration (voyez HUILES).

Dans les départements du nord de la France, on se

FILTRATION.

sert encore d'un tonneau ouvert par le haut, portant un robinet vertical à la partie inférieure, et un deuxième robinet adapté sur les douves et la plus près possible du fond.

On met sur le fond du tonneau une grosse tresse de paille bien serrée, s'adaptant exactement avec les parois intérieures, et par dessus on place un double fond en tôle, percé de trous, de cinq millimètres de diamètre environ ; sur le pourtour de ce double fond, on soude ou rive un cercle de fer plat troué de distance en distance, et sur lequel on tend et on coud une flanelle croisée très forte, que l'on replie en dessous.

Au-dessus du faux-fond, on met : 1° une couche très serrée d'épis de blé battus et dépourillés de leurs grains, à la hauteur de 8 centimètres ; 2° une couche de charbon pilé fin de 25 millimètres ; 3° une seconde couche de charbon pilé plus gros ; 4° enfin, une troisième, une quatrième et une cinquième couche, en augmentant toujours la grosseur du charbon de manière à former une épaisseur totale de 45 à 20 centimètres.

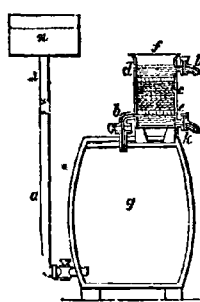
On place ensuite un second faux-fond en bois percé de trous, de la grosseur de 5 millimètres, faux-fond que l'on fixe avec des vis de pression.

Après que l'huile qui est en tonneau a reposé le temps nécessaire pour opérer le dépôt des matières les plus lourdes, on la soutire au moyen d'une pompe, et on la verse ensuite sur le filtre de bas en haut ; mais on a soin auparavant d'ouvrir le robinet d'en bas, pour donner une issue à l'air d'abord, et ensuite à l'huile, qui se filtre en traversant les couches de charbon et de paille, et tombe dans un tonneau placé au-dessous.

Pour les huiles comestibles d'olive et de faine qui sont très difficiles à clarifier, quelques épurateurs adaptent sous le robinet d'en bas une chausse en feutre, cousue sur un cercle afin de la tenir ouverte et de lui donner plus de force.

En Angleterre, on emploie depuis longtemps le mode de filtration des huiles, par ascension, et par la pression de l'eau.

La fig. 917 représente un appareil de ce genre, qui a été publié à tort, comme étant l'œuvre de M. Collier (voir le *Manuel du fabricant d'huile*, par M. Julia de Fontenelle).



917.

Il sert ainsi à établir la communication entre les deux vases. L'espace compris entre les faux-fonds *e* et *d*, est rempli avec du charbon grossièrement pulvérisé.

l, robinet d'écoulement de l'huile filtrée ; *k*, robinet de décharge pour faire évacuer les saletés qui se déposent au-dessous du faux-fond *e*.

Pour opérer la filtration, on ouvre les robinets des tubes *a* et *b*, et on ferme le robinet *k* ; alors, l'eau contenue dans le réservoir *n*, s'écoule par le tuyau *a*, et se rend dans la partie inférieure du tonneau *g*. En vertu de sa densité, elle presse l'huile de bas en haut et la force à s'élever par le tuyau *b*. L'huile traverse le filtre de bas en haut, et s'échappe ensuite toute clarifiée par le tuyau *l*.

Lorsque le filtre est encrassé, on le nettoie en versant beaucoup d'eau bouillante dessus, et en ouvrant le robinet de décharge *k* pour laisser échapper les impuretés; puis on enlève les corps qui sont restés dans la partie supérieure *d* au moyen d'une éponge.

Cela fait, on dévisse le filtre et on l'expose au feu jusqu'à ce qu'il soit rouge et qu'il n'en sorte plus de fumée. Par ce moyen on brûle et on calcine tout à la fois le charbon et la matière mucilagineuse qu'il retient, et le charbon reprend par suite sa propriété dépurative.

Suivant M. Julia de Fontenelle, les filtres les plus employés sont des cuiviers dont le fond est percé de trous coniques dans lesquels on passe avec précaution du coton. Quelquefois on recouvre le fond de ces filtres d'une couche de tourteau d'œillette en poudre; quand le tourteau se saut, on le change.

On emploie aussi des lits alternatifs de paille et de charbon ou de paille et de tourteau; mais ces filtres s'engorgent très promptement, et exigent nécessairement des nettoyages fréquents qui occasionnent des déchets et des pertes de temps.

MM. Grouvelle et Jaunez ont imaginé un appareil en fer-blanc dans lequel ils emploient une couche de mousse de 5 centimètres d'épaisseur légèrement tassée, recouverte d'une couche de 45 à 20 millimètres de tourteau. Ils ont essayé, dit-on, de filtrer soit par la haute pression de l'huile dans des vases en fonte de fer fermés, soit avec des pompes foulantes, armées de soupapes de sûreté qui renvoyaient l'excès d'huile dans le réservoir et régularisaient la pression, mais il paraît que les praticiens n'ont point adopté cet appareil, parce qu'il est difficile à nettoyer.

Le filtre de M. Tard est employé avec succès par plusieurs épurateurs pour clarifier les huiles de noix, de colza, et certaines huiles animales; cependant les huiles d'œillette, de chenevis, etc., et généralement les huiles épaisses qui obstruent les filtres, offrent encore des difficultés à être filtrées par ce système. L'inventeur explique cela, parce qu'il faut resserrer fortement les matières filtrantes pour que l'huile trop fluide ne puisse le traverser trop facilement; voici, du reste, la manière d'opérer :

Préparation des matières. Le dégrossisseur se compose de $\frac{1}{4}$ de pâte à papier sur $\frac{3}{4}$ de sciure de hêtre, mélangés ensemble. Ce mélange, mis dans neuf fois son volume d'eau, est coulé dans un moule de 2 à 3 centimètres plus grand que l'appareil; lorsque l'eau est égouttée, on égalise avec une batte circulaire, et on fait sécher.

Du filtreur. Le filtreur se compose de $\frac{1}{4}$ de pâte sur $\frac{3}{4}$ de noir végétal ou charbon de bois; on le prépare et on le sèche de la même manière que le filtreur.

Du montage de l'appareil. Si les diamètres du filtreur et du dégrossisseur sont trop grands, on se sert d'une râpe à pain pour les réduire au diamètre convenable, en observant toutefois qu'ils doivent entrer avec force, afin qu'il y ait adhérence parfaite avec le cylindre; s'il y avait quelques interstices, on les remplit de chanvre ou de coton. Comme première couche de dégrossisseur, on met environ 40 à 42 centimètres de sciure de hêtre ou de tremble pour les huiles à bouche, et de sapin pour celles à brûler. La seconde couche est le dégrossisseur composé de pâte et de sciure, et enfin le filtreur. Il faut avoir soin de placer dessous et au-dessus des matières un canevas ou rond de flanelle, pour qu'elles ne puissent s'échapper dans l'opération.

Après la filtration, et lorsqu'on doit changer les matières, on met celles-ci dans l'eau tiède pour en extraire le peu d'huile qu'elles contiennent, et après les avoir lavées convenablement, on peut s'en servir à nouveau. Nous ferons cependant remarquer que ces matières ne peuvent servir que pour épurer des huiles de même nature et de même qualité.

Filtration de l'huile d'olive pour l'horlogerie, par M. Laresche. La filtration se fait d'abord dans un tainis de crin et ensuite sur un filtre de papier gris, garni intérieurement d'une couche de coton assez épaisse, que l'on maintient contre le papier avec trois ou quatre petits cercles bien minces. La filtration doit se faire dans un lieu frais et hors du contact de l'air, en plaçant les filtres sous des cloches de verre; ensuite l'huile est mise dans des bouteilles soigneusement bouchées, qu'on place à la cave, en les couchant. L'auteur propose de ne procéder à la dernière filtration qu'après un mois de repos de l'huile dans les grandes bouteilles qui la contiennent. Cette huile n'étant pas encore assez fluide, il a imaginé de la faire passer à travers des filtres de bois de tilleul. Pour cet effet, il fait débiter en petits billots de 49 centimètres de haut sur 44 de diamètre, du bois de tilleul vieux et bien sain; il expose ces billots à l'air pendant plus d'un mois; il prend ceux qui ne sont pas fendus, en fait faire au tour des gobelets coniques, et bouche avec de la cire à cacheter les défauts, s'il s'en trouve; puis, les place dans ses filtres de verre: il faut ordinairement 60 à 64 heures pour qu'un demi-kilogramme d'huile passe. Ce moyen est coûteux, en ce que chaque filtre ne peut servir qu'une seule fois. Le résidu qu'on trouve au fond des gobelets est peu considérable et ressemble parfaitement à de l'huile légèrement coagulée. Toute l'opération doit être faite sous verre.

Les fioles dans lesquelles on met l'huile, après la dernière filtration, doivent être très propres et bien sèches; on aura soin de les boucher à mesure qu'on les remplira, de les coiffer avec du parchemin amolli à l'eau, et de les conserver dans un lieu frais (*Bulletin de la Société d'encouragement*, tom. XXVII, p. 64).

Filtration des liqueurs et des sirops. Les liqueurs préparées par la fermentation se clarifient d'elles-mêmes, c'est-à-dire par le repos. Quant aux autres, on n'a pas encore trouvé de meilleur moyen, pour les avoir limpides, que de les filtrer. On emploie le plus généralement une chausse en tissu de laine ou de coton croisé, un filtre de papier joseph sans colle, ou un entonnoir de verre ou de métal, que l'on remplit à moitié de coton cardé, de laine tontisse ou de pâte à papier très blanche.

Les plus habiles liquoristes se servent de la chausse en tissu de laine, qu'ils garnissent intérieurement de pâte à papier. A défaut de cette matière, on prend du papier blanc sans colle, que l'on broie avec la liqueur elle-même pour en former une pâte très liquide; on ajoute ensuite la quantité de liqueur, suffisante pour remplir la chausse, on agite le mélange avec un bâton, et on le verse aussitôt. Dans cette opération, la pâte à papier s'attache fortement aux parois de la chausse; elle forme un filtre qui donne les meilleurs résultats et les produits les plus soutenus, si l'on choisit toutefois une chausse d'un tissu convenable. Par exemple, si le tissu est trop serré, une liqueur très chargée de sucre ne passera pas, ou bien elle passera si lentement que le principe spiritueux et aromatique pourra s'évaporer en partie. Si le tissu est trop lâche, le liquide très fluide passera sans être clair et limpide. Pour bien faire, il faut avoir plusieurs chausse d'étoffes de laine, plus ou moins serrées, selon la densité ou la viscosité de la liqueur. Au reste, le procédé de la chausse en laine est toujours plus expéditif que le coton cardé ou le filtre en papier seul, parce que la filtration s'opère à travers un corps plus ou moins poreux, à volonté, moins prompt à s'encrasser, et surtout sur une surface bien plus étendue. Le filtre en papier, du reste, est difficile à manier, et très sujet à se rompre.

Lorsqu'on veut se servir d'une chausse, surtout si elle est neuve, il faut la plonger d'abord dans un sirop chaud ou dans la liqueur froide, pareille à celle que l'on veut filtrer, afin de resserrer ou de boucher les pores du tissu. La chausse étant imbibée de liqueur, on la place

FILTRATION.

dans un entonnoir de verre, de cuivre, ou d'étain, beaucoup plus grand, et on la suspend sur un cercle en fer, lequel est fixé à un support en bois ou le long de la muraille du laboratoire; on la remplit de pâte à papier, mélangée avec la liqueur à filtrer, et on laisse reposer le mélange pendant un certain temps, en ayant soin de placer un vase convenable sous l'entonnoir. Bientôt la liqueur s'écoule à travers les mailles du tissu et descend lentement jusque vers la pointe de la chausse, où elle forme un filet mince qui s'écoule dans le vase placé au dessous. Si ce filet ne coule pas avec continuité, le tissu étant trop serré, eu égard à la consistance de la liqueur, celle-ci n'en sera, il est vrai, que mieux filtrée, mais l'opération sera fort longue; elle pourra même s'arrêter avant que la chausse ne soit vide. Si, au contraire, le filet est trop abondant, ce sera une preuve que le tissu est trop lâche, et la liqueur ne s'éclaircira qu'imparfaitement.

Si la liqueur, bien que filtrant à travers une étoffe convenable, paraît louche au premier abord, on attendra qu'elle coule parfaitement claire, pour reverser dans la chausse ce qui aura passé en premier lieu. Cela fait, on couvrira l'appareil, et on n'aura plus à s'en occuper, si ce n'est pour le remplir quand il sera vide, et changer le récipient quand celui-ci sera plein.

La quantité de liqueur que peut filtrer en une journée une chausse de capacité connue, est subordonnée non seulement à la qualité de son tissu, mais encore à la consistance de la liqueur, à sa température, à celle de l'atmosphère, et à une foule de circonstances imprévues: cette opération est généralement longue.

Quelquefois même la filtration ne suffit pas pour obtenir la parfaite clarification des liqueurs; il en est plusieurs auxquelles on est obligé d'ajouter diverses substances propres à séparer et à précipiter les matières qui en troublent la transparence, ou à les envelopper, pour les retenir, tandis que la liqueur passe à travers les pores du filtre. Quelques personnes emploient la pâte d'amande, d'après les conseils de M. Demachy, mais cette dernière matière absorbe en pure perte une portion considérable de liqueur, et ne remplit qu'imparfaitement le but proposé. Le collage au blanc ou à la colle de poisson, est préférable à tous les autres moyens.

Nous avons dit plus haut qu'on mettait la chausse dans un entonnoir de verre, et qu'on la couvrait ensuite. Cette précaution est nécessaire, afin d'éviter l'évaporation plus ou moins abondante des principes alcooliques ou aromatiques, surtout si la liqueur est chaude. Si la chausse n'était pas couverte, l'air absorberait une certaine portion de l'humidité, à mesure que la liqueur passerait; la partie sirupeuse s'épaissirait et se déposerait sur la surface extérieure de la chausse, où elle formerait un enduit qui finirait par obstruer les pores, en sorte que, d'une part, les principes les plus volatils s'évaporerait, et que de l'autre, la filtration s'arrêterait tout à fait si la liqueur était très épaisse, ou que la chausse travaillât depuis longtemps.

Quand l'opération de la filtration est finie, on rince la chausse à grande eau, on la presse entre les mains, sans la tordre, après l'avoir retournée, pour en faire sortir tout le sirop et les impuretés dont elle est imprégnée, et on la fait sécher promptement. On ne doit jamais savonner ni lessiver les chaussees, dans la crainte de leur faire prendre un mauvais goût.

Il ne faut pas croire, toutefois, que la filtration ait seulement pour effet d'éclaircir les liqueurs; elle modifie aussi, d'une manière très sensible, leur qualité; soit en bien, soit en mal, selon la manière dont elle a été faite, sans parler des qualités particulières qu'elles peuvent en outre emprunter des substances auxiliaires que l'on ajoute quelquefois pour les clarifier.

On sentira aisément la raison de ces changements, si on se rappelle, d'une part, que la filtration dissipe une

FILTRATION.

portion des principes les plus volatils; et si, d'autre part, on réfléchit aux rapprochements plus immédiats, aux combinaisons plus intimes qui doivent s'opérer entre les divers éléments de la liqueur, en passant à travers cette multitude de filières qui les forcent à se diviser, à se subdiviser, à se rapprocher et à se mêler, pour ne former qu'un tout homogène.

Aussi, lorsque l'on examine la liqueur attentivement avant et après la filtration, on est, quelquefois tout étonné des différences que l'effet seul de cette opération a fait naître dans la saveur, dans le parfum et dans la nuance. Par ce motif, il convient donc de ne filtrer une liqueur que lorsque la confection est terminée, et d'attendre même que quelques jours de digestion lui aient donné ce degré de perfection qu'elle n'a jamais au moment du mélange. Il convient en outre de filtrer la liqueur à froid, et de ne point la laisser exposée à l'air.

On peut aussi filtrer les sirops à travers la chausse, au moyen du charbon pilé et d'autres matières (voyez SUCRE), mais les cuisiniers, les confiseurs et les pharmaciens préfèrent deux autres méthodes, pour les grandes filtrations, soit en attachant des étoffes de toile ou de laine sur les ouvertures des vaisseaux convenables, soit en les fixant et les tendant lâchement sur un châssis, appelé *carrelet*, garni de pointes, et faisant les fonctions de cercle de tamis.

FILTRATION DES PRODUITS CHIMIQUES.

En chimie et en pharmacie, on distingue deux modes de filtration: premièrement, la filtration dans laquelle le liquide seul est la partie utile comme cela arrive, par exemple, dans les décoctions ou infusions végétales; secondement, la filtration dans laquelle le liquide est inutile, et sert, le plus souvent, comme dissolvant, soit pour opérer le lavage des corps solides, soit pour faciliter la séparation des substances principales connues sous le nom de *précipités*.

Les instruments qui servent à la filtration sont très nombreux. Les principaux sont:

1° Le *carrelet*, châssis monté sur un pied, garni de pointes auxquelles on accroche les bords d'une toile d'un tissu très serré, et croisé. Il sert pour opérer les grandes filtrations. Pour les infusions, les décoctions, les potions purgatives ou médecines, les émulsions qui ne sont troublées que par des particules fort grossières, on se sert d'une étoffe de laine appelée *étamine*.

2° La chausse en laine pour filtrer les sirops et liqueurs analogues;

3° Le siphon pour décanter, et la pipette pour amorcer ou aspirer les dernières gouttes du liquide que l'on n'a pu décanter.

4° Le verre conique à pied, d'où l'on décante un liquide pour le séparer du dépôt rassemblé au fond du verre. On applique le bord de ce verre, en l'inclinant, contre une baguette de verre verticale qui sert à diriger l'objet du liquide dans un vase placé au-dessous.

5° La passoire conique en métal et le tamis pour passer les infusions ou décoctions de matières grossières.

6° Les filtres en papier joseph non collé, pour les analyses délicates, et les filtrations d'une faible quantité de liquide.

7° L'entonnoir en verre, que l'on garnit à volonté de coton cardé, de chanvre tillé, de laine, de sable lavé, de charbon de bois concassé, ou de verre pilé, pour liqueurs acides.

8° Les appareils clos de MM. Donovan et Riouffe pour filtrer à l'abri du contact de l'air.

Manière de filtrer sur le carrelet. On commence par mouiller la toile, afin de gonfler les fibres et de resserrer le tissu; on verse, de suite, une grande quantité de liquide à filtrer, que l'on maintient toujours à la même hauteur, pour avoir la même pression, et, par consé-

quent, le même écoulement de liquide. Par ce moyen, les matières les plus grossières, tenues en suspension, se déposent d'abord sur les mailles et les bouchent; ensuite, les particules plus fines et plus fluides ne peuvent plus passer; le liquide passe alors clair, et s'écoule dans un vase placé au-dessous. Il peut arriver, cependant, que le liquide passe trouble en commençant; dans ce cas, on change le vase qui reçoit le liquide, et on verse de nouveau celui-ci sur le filtre. Cet accident se présente encore quand la couche de liquide est peu épaisse, et qu'on verse dessus avec trop de force et de précipitation; alors le liquide se soulève et détache les particules grossières qui convraient les pores du filtre, et les molécules les plus fluides passent, sans obstacle, à travers le tissu.

Il faut toujours tenir le filtre plein, afin d'avoir un écoulement parfait et rapide. Si on ne prenait pas cette précaution, les impuretés qui sont agrégées superficiellement sur les parois du filtre, pourraient s'affaïsser davantage, se concréter par la dessiccation, et s'opposer ainsi à l'imbibition de la toile.

Souvent aussi, l'agitation et le mouvement de vibration agissent singulièrement la filtration; on conçoit que l'agitation remue et déplace les molécules ténues et agglomérées qui obstruent les pores du filtre.

Manière de faire les filtres en papier. On les fait avec du papier non collé. Pour les liqueurs acides, on a la précaution de laver les filtres avec de l'acide hydrochlorique affaibli, afin de leur enlever la petite quantité de carbonate de chaux et d'oxydes métalliques qu'ils contiennent; autrement, ces corps viendraient s'ajouter à ceux déjà dissous, et modifieraient les résultats de l'analyse. Pour faire un filtre de papier, on coupe une feuille en carré de la grandeur voulue, on la plie d'abord en forme de fichu; puis on la replie sur elle-même, de manière à faire coïncider les angles. Ensuite on forme, en partant du centre, une série de plis alternatifs, disposés comme ceux d'un éventail, que l'on presse entre les doigts. On coupe ensuite les pointes du papier avec une paire de ciseaux. On fait les plis multipliés, et petits, afin de ménager des espaces entre le filtre et l'entonnoir qui le soutient; et le filtre fournit davantage. Si les plis sont trop larges, ils ne peuvent soutenir le poids du liquide; ils s'affaïssent et s'appliquent en partie contre les parois de l'entonnoir; et le liquide ne filtre plus sur ce point.

Dans les analyses, on emploie de préférence des filtres coniques dits *filtres plats*, qui s'appliquent sur toute la circonférence de l'entonnoir, renferment sous le même volume le maximum de matière, et qui sont bien plus faciles à laver.

Choix de l'entonnoir. Le diamètre de l'entonnoir doit être à peu près des trois quarts de sa hauteur, mesurée depuis le bord jusqu'à la naissance de la douille; si l'entonnoir a plus d'ouverture, les parois, par conséquent, sont moins inclinées, et le liquide s'écoulera plus lentement.

On verse le liquide sur les bords du filtre avec précaution, et pour ainsi dire goutte à goutte, dans la crainte de déchirer le papier. Quand la filtration est terminée, on enlève le filtre en papier, en roulant la douille de l'entonnoir dans les mains, et en donnant une légère secousse pour le détacher. On pose ensuite l'ouverture de l'entonnoir sur plusieurs doubles de papier non collés et on l'enlève brusquement. Le filtre sèche ainsi en restant quelque temps sur les doubles de papier qu'on renouvelle au besoin. Lorsqu'il est bien sec, on l'étend sur une feuille de papier, et on enlève les résidus avec une lame de bois.

Les acides forts, les liqueurs acides qui peuvent ronger le papier, les liquides alcalins sont filtrés à travers une couche de verre bien pilé et lavé, de sable siliceux qui ne contient aucune partie soluble ou calcaire, ou de

charbon concassé. L'on place ces matières au fond d'un entonnoir de verre, en commençant par mettre les particules les plus grosses, et par dessus les particules les plus fines.

En 1828, M. Donovan a employé avec succès un appareil pour filtrer des solutions d'alcali caustique qui, comme chacun le sait, doivent être filtrées à l'abri du contact de l'air. Il consiste en deux vaisseaux de verre, dont le supérieur a un col garni d'un bouchon de liège fin, bien ajusté, et perforé, pour admettre l'une des extrémités d'un tube; la partie inférieure de ce vaisseau se termine en un tube d'entonnoir, lequel s'ajuste dans l'orifice du vaisseau inférieur, soit à frottement, soit au moyen d'un lut ou d'un bouchon de liège percé. Le vaisseau inférieur a aussi un autre col ou tubulure qui reçoit l'autre extrémité du tube. La jonction en est assurée par un bouchon de liège percé ou par du lut.

La gorgo du tuyau de l'entonnoir est fermée par une sorte de bouchon en toile commune lâchement roulée. Il faut éviter que ce bouchon presse les parois du tube de l'entonnoir. Le tube de jonction étant enlevé, on introduit la solution dans l'orifice supérieur du vaisseau inférieur; on laisse perdre les premières gouttes, puis on réunit toutes les parties de l'appareil. La filtration peut se continuer sans qu'il y ait possibilité d'absorption d'acide carbonique par l'alcali.

Le mode d'action de cet ingénieux appareil est trop facile à saisir pour exiger aucune explication; M. Donovan observe que les vaisseaux de verre vert doivent être préférés à ceux de verre blanc, le premier étant beaucoup moins attaqué que l'autre par les alcalis fixes.

Cet appareil est utile pour la filtration des liquides auxquels l'accès de l'acide carbonique, ou l'humidité de l'atmosphère seraient nuisibles, de même que pour la filtration des substances volatiles, comme l'alcool, les éthers, les fluides ammoniacaux, etc. Si l'on substitue au tampon de toile, du verre grossièrement pulvérisé ou du sable, on pourra l'employer à filtrer des acides corrosifs qui s'affaibliraient par l'absorption de l'eau atmosphérique (*Journal de pharmacie*, tom. XI, page 519).

L'appareil de Donovan a été perfectionné depuis par M. Riouffe, pharmacien, auquel on doit un autre appareil pour filtrer les liquides volatils (voir le *Journal de pharmacie*, tom. XII, page 12).

L'extracteur de M. Payen, que nous avons décrit figure 824, peut aussi servir avec avantage pour filtrer, soit les acides corrosifs et les alcalis caustiques, soit les matières volatiles et les précipités de diverses natures.

Outre les différentes manières de filtrer que nous avons décrites, et qui sont les plus usitées, il y a encore une infinité de procédés dont on se sert pour filtrer les matières solides ou concrètes, par exemple, les résines, les baumes, les sucres, le salpêtre, etc.; mais, comme nous n'avons eu pour objet que la filtration des liquides, et la séparation des matières qui troublent leur transparence, nous ne donnerons point ici la description de ces divers appareils, et nous renvoyons pour les connaître aux articles spéciaux. ROUGET DE LISLE.

FLAMME. La combinaison des gaz ou vapeurs combustibles avec l'oxygène se produit ordinairement avec lumière, lorsqu'elle a lieu à une température au-dessus du rouge; on dit alors qu'ils brûlent avec *flamme*; on dit, au contraire, qu'un corps solide en combustion est incandescent. Certains corps autres que ceux précités se combinent aussi entre eux avec dégagement de lumière, le chlore gazeux et l'antimoine métallique réduit en poudre fine, par exemple, mais ces cas sont assez rares.

La combustion des gaz ne produit qu'une lumière très faible et ordinairement bleuâtre, tels sont, par exemple, l'hydrogène pur et l'oxyde de carbone, mais, lorsqu'on plonge dans la flamme un corps solide, un fil métallique,

FLAMME.

ce dernier prend de suite un éclat très vif; il en est de même, si l'on y jette de la limaille de zinc qui se transforme en oxyde blanc fixe qui devient d'un bleu très éclatant, et est très employé pour cette cause dans les feux d'ARTIFICE, pour former des gerbes brillantes. Les hydro-carbures et la plupart des gaz ou vapeurs combustibles employés dans l'éclairage, se décomposent par l'action de la chaleur développée par la combustion, et donnent lieu à un dépôt de carbone très divisé ou de noir de fumée, qui donne à la flamme un éclat d'un blanc très vif; ce carbone en brûlant à la surface extérieure de la flamme, produit une flamme bleuâtre à peine visible; enfin, si l'affluence de l'air extérieur n'est pas suffisante, une partie du charbon échappé à la combustion et la flamme fume. On distingue donc dans toute flamme, celle d'une bougie par exemple, la partie intérieure obscure et formée par les vapeurs combustibles non, ou seulement en partie, décomposées en charbon et en gaz combustibles; la couche moyenne, d'un blanc éclatant, composée de gaz combustibles tenant en suspension du carbone très divisé; et l'enveloppe extérieure bleuâtre où s'opère la combustion proprement dite. Il en résulte que si l'on plonge un corps froid dans la flamme, il se déposera dessus du noir de fumée.

Les gaz et vapeurs combustibles ne s'enflamment qu'à une température rouge; d'un autre côté, une toile métallique, d'un tissu plus ou moins serré, suivant la nature du gaz ou de la vapeur, refroidit assez la flamme, tant que la température ne s'élève pas à un certain degré, pour l'empêcher de se propager d'une surface à l'autre, quoiqu'elle traverse le gaz ou la vapeur la traversent. Ces propriétés remarquables observées par le célèbre Davy, l'ont conduit à la découverte de la LAMPE DE SURETÉ qui porte son nom, et qui est destinée à prévenir les accidents si graves et malheureusement si fréquents, qui proviennent de l'inflammation du gaz hydrogène carboné, qui se rencontre dans les mines de houille: d'après ce que nous avons dit précédemment, comme une toile métallique à mailles suffisamment serrées peut empêcher la combustion d'une vapeur ou d'un gaz de se propager de l'une de ses surfaces à l'autre, on conçoit qu'en enveloppant d'une toile convenable la flamme d'une lampe, les gaz combustibles qui y pénètrent peuvent brûler dans l'intérieur du réservoir métallique, mais la combustion n'est pas susceptible de se propager au dehors, si ce n'est dans le cas où la toile rougirait en quelques points, car elle n'empêche cette transmission qu'en refroidissant la flamme au-dessous du point où la vapeur peut s'enflammer.

FLANELLE. Étoffe légère, à tissu simple ou croisé, fabriquée avec du fil de laine peignée ou cardée, d'un numéro assez fin. Il y a trois sortes de flanelle, suivant qu'on les fabrique avec des peignés, des cardés, ou des peignés et des cardés à la fois. La première est rase, très légère et sans apprêt; on l'emploie à faire des jupons, doublures, etc. Celle en cardé est plus garnie, plus chaude, plus absorbante; on a remarqué qu'elle est moins sujette que la précédente à se retirer et à se feutrer au lavage; elle sert plus particulièrement à faire les gilets. La flanelle faite en chaîne peignée et en trame cardée tient le milieu entre les deux autres espèces.

FLÉAU. Instrument dont on se sert pour battre le blé à force de bras. Il est composé de deux bâtons attachés l'un au bout de l'autre avec des courroies. Le manche que tient le batteur est ordinairement le plus long; l'autre est le fléau proprement dit. Un fléau court, avec un long manche, assène un coup plus fort: c'est le plus usité. Les courroies qui unissent les deux pièces doivent être tressées les unes dans les autres, de manière à ce que le fléau puisse tourner facilement quand le batteur le relève après avoir frappé le coup. Au lieu de cuir, on se sert avec avantage de nerfs de bœuf ramollis dans l'eau au moment où on les emploie. Dans certaines con-

FLEURET.

trées, on emploie des peaux d'anguille pour le même usage.

FLEURET. Sorte d'épée à lame rectangulaire qui sert à démontrer l'escrime. La soie et le haut de la lame du fleuret sont en fer; à partir de la marque, le reste de la lame est en acier cémenté et corroyé; la pointe se termine par un mamelon arrondi sur lequel est rivé le bouton, petit disque en fer, que l'on entoure de plusieurs épaisseurs de peau jaune pour amortir la force du coup. L'acier employé pour la lame n'est pas de première qualité; c'est par une trempe très bien faite et qui demande beaucoup d'habitude qu'on parvient à obtenir de bonnes lames. La poignée est en fer. Les lames de fleuret doivent présenter une grande élasticité, et une dureté suffisante pour que les parties anguleuses ne soient point promptement détériorées et pour que le brillant du poli se conserve longtemps. On essaie une lame en la faisant ployer; après la flexion, elle doit redevenir parfaitement droite. La flexion ne doit point avoir lieu également dans toutes les parties de la lame; c'est surtout près du bouton qu'elle doit se faire remarquer; elle doit se faire sentir jusqu'à $\frac{1}{4}$ de la lame à partir de la poignée; le dernier quart ne doit point fléchir; si cela a lieu, c'est que la lame est trop faible, ou que le fleuret est mal emmanché. Tous les fleurets sont marqués *Sotingen*, mais on les fabrique à *Klingenthal* et à *Saint-Etienne*. Il y a deux sortes de fleurets: les uns à lames plus flexibles, plus menues, dits *fleurets de leçon*, coûtent 9 fr. la douzaine de lames; les autres, dits *fleurets d'assaut*, sont plus carrés dans leur coupe, ont la lame plus grosse, sont moins flexibles, et coûtent 40 fr. la douzaine de lames; les poignées s'achètent à part.

Pour les outils dits *fleurets*, qui servent à percer les trous de mine, voyez MINES.

FLEURS ARTIFICIELLES (*fabrication des*). On emploie des matières très variées pour la confection des fleurs artificielles: des rubans taillés, frisés et plissés, des plumes d'oiseau très délicates et de mille nuances de couleurs, des cocons de ver à soie teints, des coquilles, de la cire, des fanons de baleine taillés en feuilles légères, blanchies, puis revêtues de brillantes couleurs, enfin des émaux; telles sont les matières que l'art de nos fabricants emploie pour imiter les fleurs et les feuilles avec une perfection difficile à surpasser.

On se sert principalement, en France, de la batiste la plus fine et la plus belle pour les pétales, et de taffetas de Florence pour les feuilles; nous prendrons pour exemple la fabrication d'une rose, ce qui suffira pour faire comprendre comment on peut imiter les autres fleurs.

On découpe d'abord les pétales à l'emporte-pièce, dont on doit avoir un assortiment de grandeurs différentes, parce que, dans la même rose, tous les pétales ne sont pas égaux. Lorsque les pétales sont ainsi découpés, on prépare la teinture, qui se compose de carmin délayé dans une eau alcaline. On prend le pétale avec des brucelles par son extrémité qui est en pointe; on le plonge alors dans de l'eau pure, afin d'avoir une teinte bien égale et tendre comme elle est ordinairement sur les bords; on termine avec le pinceau, vers le milieu, qui est toujours plus foncé. On panache au pinceau, lorsque cela est nécessaire. Vors l'onglet du pétale, qui est blanc, on verse une goutte d'eau, ce qui délaie la couleur et la fait venir en mourant. On se sert d'une couleur faible et, lorsqu'elle est sèche, on trempe de nouveau les pétales dont la couleur est trop pâle, jusqu'à ce qu'on ait atteint la nuance désirée. Pour imiter quelques accidents qu'on remarque souvent dans les roses, on les peint avec le pinceau.

Le taffetas qui sert à faire les feuilles est teint en pièces, de la couleur convenable à l'objet qu'on se propose d'imiter. On étend l'étoffe mouillée sur un grand châssis, au moyen de ficelles qu'on coud sur le bord, et

FLEURS ARTIFICIELLES.

on l'y laisse sécher. Alors, avec de la gomme arabique très légère, on lui donne d'un côté le brillant que doivent avoir les feuilles. On donne le velouté en dessous avec un pinceau trempé dans une eau d'amidon colorée suivant la nuance que l'on désire. L'art consiste à saisir le degré de consistance de l'amidon, et à l'appliquer de manière qu'il ne durcisse pas trop, qu'il ne soit pas lisse, enfin qu'il veloute bien. On imite encore bien mieux le velouté des feuilles, lorsqu'il doit être très prononcé, avec de la tonture de drap réduite en poussière fine et teinte de couleur convenable. On passe avec le pinceau de la gomme légère, et, lorsqu'elle commence à sécher, on saupoudre avec la tonture; quand la gomme est sèche, on secoue pour faire tomber l'excédant de tonture.

Il faut encore donner aux feuilles l'apparence de la nature, et exprimer, dans chacune d'elles, les nervures qu'elles portent toujours. Pour y parvenir, on se sert de divers instruments qu'on nomme *gaufrirs*. Chacun d'eux est formé de deux pièces: l'une, qui est en fer et a un manche en bois, porte à son extrémité la gravure d'un côté de la feuille; l'autre, qui en est la contrepartie, est en cuivre et a des rebords tout autour. On fait chauffer modérément le fer, puis on presse à la fois plusieurs feuilles, qu'on a placées dans le moule de cuivre, et on les y laisse quelques instants pour qu'elles prennent bien la forme.

Les folioles des calices des roses sont apprêtées immédiatement au sortir de la teinture, afin de leur conserver toute la fermeté qu'elles doivent avoir. Pour cela, le taffetas encore mouillé est foulé, pressé dans l'eau d'amidon coloré, et lorsqu'il est bien imprégné des deux côtés, on l'étend sur le cadre et on le fait sécher. Le taffetas ainsi préparé et bien sec, on le découpe à l'emporte-pièce, sur un billot de bois ou sur un plateau de plomb, suivant la forme et la grandeur de la feuille que l'on veut imiter.

On fait les boutons avec du taffetas ou de la peau blanche teints de la couleur convenable, ou bien qu'on peint après; on leur donne la forme qu'ils ont naturellement, en les remplissant de coton, de mie de pain ou de blasse gommée, et on les lie bien avec de la soie au bout de petits fils de fer.

Les étamines se préparent en fixant au bout d'un petit fil de laiton des bouts de soie écrue en quantité suffisante pour former le cœur. Lorsque ces fils sont ainsi placés, on les trempe dans de la bonne colle de gants, qui leur donne en se séchant la fermeté nécessaire. Avant de coller ces fils, on les coupe tous à la fois d'une longueur égale et convenable à la rose. Lorsqu'ils sont secs, on humecte légèrement, et tout à la fois le bout de chacun de ces fils, avec une pâte composée de gomme arabique et de belle farine de froment; lorsque les extrémités des fils de soie écrue, qui doivent former le cœur, sont imprégnées de pâte, on les plonge dans un vase rempli de semoule teinte en jaune par la *terra merita* dissoute dans de l'alcool; chaque fil prend un grain de semoule, et on laisse bien sécher; c'est ainsi que se fait le cœur ou les étamines.

On colle avec de la pâte les folioles, au cœur, par leur pointe; puis on continue à coller des pétales plus grands, et de plus en plus grands, au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur, en les gaufrant avec des brucelles creuses d'un côté, et imitant la nature autant qu'on le peut. On place ensuite le calice, qui renferme le bout de tous les pétales, et on le colle avec de la pâte. La queue se fait avec un ou plusieurs fils de fer, qu'on attache à celui qui porte le cœur. On enveloppe le tout avec plus ou moins de coton filé, selon que la queue doit grossir ou non, à mesure qu'elle s'éloigne de la fleur, et l'on recouvre le tout de papier serpeante teint en vert. Les feuilles se montent de même sur un petit fil de cuivre; on les rassemble comme la nature les présente.

FLEURS ARTIFICIELLES.

Il nous reste maintenant à dire quelques mots des couleurs employées dans la fabrication des fleurs artificielles.

Les *couleurs rouges*, depuis le pourpre jusqu'au rose, s'obtiennent au moyen du bois de Brésil, du carmin, du carthame ou rose en tasse, du carmin et de la laque de garance.

La meilleure manière de traiter le *bois du Brésil* est de le faire macérer à froid dans l'alcool pendant quelques jours. Un peu de sel de tartre, de potasse ou de savon fait passer cette couleur au pourpre; un peu d'alun donne une laque d'un beau rouge-cramoisi; et un acide quelconque fait passer la couleur au jaune, dont la nuance est d'autant plus foncée que l'acide est employé à plus forte dose.

Le *carmin* est meilleur en morceaux qu'en poudre; délayé dans l'eau pure, il donne le rose; un peu de sel de tartre le fait passer au rose vif.

Le *carmin* et la *laque de garance* se préparent comme le *carmin* ordinaire.

Le *carthame* se dissout à froid dans l'alcool, la couleur le fait passer à l'orangé ainsi que les alcalis. Les acides en rendent le rouge plus vif et plus pur; on obtient une couleur de chair très tendre en rinçant la pièce colorée par le carthame dans une eau légèrement savonneuse.

Les *couleurs bleues* se préparent au moyen de l'*indigo* ou du *bleu de Prusse*; on se sert souvent aussi des *boules de bleu* dit *anglais* délayé dans l'eau.

On dissout d'abord l'*indigo* dans de l'acide sulfurique concentré, ou mieux fumant, on étend ensuite d'eau la dissolution, puis on sature l'acide sulfurique en y ajoutant de la craie en poudre, jusqu'à ce qu'il ne se produise plus d'effervescence; on laisse reposer et l'on décante la liqueur. On lave ensuite le précipité, et l'on obtient encore une couleur moins foncée. On donne plus d'intensité à l'*indigo* en y ajoutant un peu de potasse. On y ajoute ordinairement $\frac{1}{3}$ d'alcool.

Les *couleurs jaunes* se préparent au moyen de la *terra merita*, du *rocou*, de la graine d'Avignon, de la sarrette, du safran, du jaune de chrôme et de la gomme-gutte.

La *terra merita* se dissout à froid dans l'alcool, et doit se conserver dans un flacon bien bouché. On en modifie la teinte en plongeant les pétales, avant ou après la teinture, dans de l'eau pure ou renfermant un peu de crème de tartre en dissolution.

Le *rocou* se dissout à froid dans l'alcool, ou à chaud dans de l'eau alcaline.

La *graine d'Avignon* donne un beau jaune par sa décoction dans l'eau pure.

Dans les mêmes circonstances, la *sarrette* donne un jaune verdâtre.

L'infusion à l'eau pure du *safran* sert pour la teinture; son infusion alcoolique s'emploie au pinceau.

Le *jaune de chrôme* s'applique également au pinceau.

La *gomme-gutte* se délaie dans l'eau pure, et sert soit à la teinture, soit à la peinture.

Les *couleurs vertes* s'obtiennent par des mélanges de bleu et de jaune. Si le mélange est fait à l'avance, on l'emploie au pinceau; s'il s'agit de teinture, on trompe d'abord dans le jaune, puis dans le bleu; dans ce cas, on emploie ordinairement la gomme-gutte et l'*indigo*. Pour la peinture, on se sert de *jaune indien* mélangé de bleu de Prusse.

Les *couleurs violettes* s'obtiennent par des mélanges de rouge et de bleu. Pour teinture, on peut tremper d'abord dans une infusion aqueuse d'orseille, puis dans un bain de bleu. L'*orseille* seule donne un beau rouge cramoisi. L'infusion portée à l'ébullition, après avoir délayé l'orseille dans l'eau tiède, donne un *gris de lin violet*.

FLOTTEUR.

Les *violats* employés au pinceau s'obtiennent par des mélanges de bleu de Prusse ou de cobalt, avec de la laque de carmin ou de garance.

Le *lilas* pour teinture s'obtient par une décoction d'orseille de Lyon; pour peinture, on emploie des mélanges de cobalt et de carmin très affaiblis, ou de laque et d'outremer.

FLINT-GLASS. Voyez VERRE.

FLOTTEUR. La propriété qu'ont les corps plus légers que l'eau de flotter à la surface de ce liquide, a été mise en pratique pour obtenir des effets mécaniques plus ou moins utiles, mais fort ingénieux; outre l'emploi que M. Girard en a fait au sas des écluses des canaux, nous ne mentionnerons que le suivant, qui est assez fréquemment employé :

Procédé pour retirer des fardeaux du fond de l'eau. On charge de grands bateaux jusqu'à ce qu'ils s'enfoncent dans l'eau, de manière à déplacer, outre leur tirant d'eau à vide, un volume d'eau d'un poids plus considérable que la masse à soulever. On attache alors fortement cette masse aux bateaux, par des cordes exactement tendues, offrant une résistance convenable. Otant ensuite le poids dont ils étaient chargés, l'eau agit de bas en haut pour soulever les bateaux vides, avec une force égale au poids de l'eau déplacée par cet enfoncement, c'est-à-dire au poids même dont on a déchargé les bateaux. Cette force suffit pour soulever la masse, et il est facile de la transporter de la sorte vers le rivage. On est quelquefois obligé de répéter l'opération, à mesure que le lit du fleuve, devenant moins profond, le fardeau se trouve ramené sur le sol du fond de l'eau.

FLOTTEUR D'ALARME. Voyez CHAUDIÈRE A VAPEUR.

FLUOR. Corps simple que l'on n'a pas encore pu obtenir isolé, et qui, d'après la nature de ses composés, paraît avoir une grande analogie avec le chlore.

FLUORURES. On nomme ainsi les combinaisons que le fluor forme avec les autres corps simples. Traités à chaud dans des vases en plomb ou en platine, par de l'acide sulfurique concentré, ils laissent dégager des vapeurs blanches très piquantes d'acide *hydro-fluorique*. Ces vapeurs exercent sur l'économie animale une action des plus énergiques : reçues sur une lame de verre, elles en détruisent la transparence; si se forme de l'eau des fluorures de potassium ou de sodium et d'aluminium solubles, et du fluorure de silicium gazeux. Lorsque le fluorure, avant d'être chauffé avec de l'acide sulfurique concentré, a été préalablement mêlé avec de la silice en poudre fine, il se produit du fluorure de silicium qui fume beaucoup à l'air, et qui, reçu dans de l'eau, la décompose en partie, en donnant lieu, d'une part, à un dépôt de silice gélatineuse, et de l'autre, à de l'hydrofluorure de fluorure de silicium ou acide *hydro-fluo-silicique*, qui reste en dissolution. Ces deux propriétés caractérisent les fluorures.

Les fluorures de potassium, de sodium, d'aluminium, de glucinium, d'étain, d'antimoine, de cobalt, de nickel, d'argent, de cuivre, de platine et de cuivre, sont solubles dans l'eau, la plupart des autres ne le sont pas, ou ne le sont que très peu : le plus insoluble est le fluorure de calcium. Tous les fluorures sont plus ou moins fusibles. On profite de cette propriété dans le traitement de certains minéraux, pour rendre les gangues elles-mêmes plus faciles à fondre. (Voyez *CUIVRE*, *PLOMB*.) Quelques-uns sont volatils, le fluorure de silicium, par exemple.

Le fluorure le plus répandu dans la nature est le *fluorure de calcium*, aussi connu sous le nom de *chaux fluatée*, *spath fluor*, et qui se compose de :

calcium.	54,87
fluor.	48,13

Il est tantôt blanc, tantôt coloré en rose, en jaune, en vert, en bleu ou en violet. Il cristallise dans le système

FLUORURES.

régulier, le plus souvent en cubes, mais fréquemment aussi en octaèdres : il possède 4 clivages également faciles, qui mènent à l'octaèdre régulier. Il décrépite fortement sur les charbons ardents, en produisant une superbe lumière phosphorescente blenâtre : ce phénomène est surtout frappant dans l'obscurité. Lorsque le fluorure de calcium a été ainsi exposé à l'action de la chaleur, si on le laisse refroidir et qu'on le remette sur des charbons rouges, il ne produit plus de phosphorescence. On trouve dans la nature quelques espèces de spath fluor que la chaleur ne rend pas lumineux, ce qui porte à croire qu'ils ont été portés dans le sein de la terre même à une haute température, tandis qu'au contraire les premiers paraissent avoir une origine aqueuse.

La chaux fluatée de Lunebourg, le fluorure de calcium que l'on a préparé par double décomposition, en versant du fluorure de potassium dans un sel calcaire, donnent une lumière violette, verte ou bleue, selon l'intensité de la chaleur à laquelle on les porte. Dans tous les cas, le fluorure de calcium qui a été calciné et qui cesse par conséquent d'être phosphorescent par l'action de la chaleur, reprend cette propriété, lorsqu'à l'aide d'agents chimiques on le dissout pour le précipiter de nouveau.

Le fluorure de calcium ou spath fluor est une substance essentiellement de filon, et qui se trouve ordinairement dans les filons d'argent, de plomb, d'étain, etc.

FLUX. Voyez *DOCIMASIE*.

FOIN. Nom que l'on donne à l'herbe fauchée et séchée, destinée à la nourriture des bestiaux, soit pendant l'hiver, soit dans les circonstances où on est forcé de les tenir à l'écurie, sans pouvoir se procurer de l'herbe fraîche.

FONDANTS. Voyez *DOCIMASIE*.

FONDERIE DE FER (*angl* iron foundry, *all.* eisengiesserei). L'art du fondeur consiste à reproduire, avec des matières plus ou moins fusibles, les formes et les dimensions de tous les objets modelés ou sculptés qui peuvent se présenter.

Cet art, dont les premières applications remontent à l'antiquité la plus reculée, a pris en ces derniers temps une immense importance, et a donné naissance à une de nos plus belles industries, la fonderie de fer.

Tous les métaux susceptibles de se fondre, sous l'influence d'une forte chaleur, peuvent être employés dans la fonderie; tels sont l'or, l'argent, le plomb, l'étain, le zinc, le cuivre, etc.; mais le cuivre et la fonte sont aujourd'hui les matières le plus généralement employées, soit en raison de leur prix, soit en raison des qualités particulières qui les caractérisent.

Le cuivre et ses alliages sont principalement consacrés à la reproduction des œuvres d'art proprement dites; la fonte de fer domine, au contraire, dans toutes les applications industrielles, les grandes constructions, la fabrication des machines de toute espèce, etc.

Nous nous occuperons principalement, dans cet article, de la fonderie de fer : celle du cuivre et de ses alliages constitue des industries spéciales.

Qualités de la fonte. La fonte est, comme on le sait, une combinaison de carbone et de fer, obtenue directement par la réduction des minerais de fer dans des appareils appelés *hauts-fourneaux*. Le mode de combinaison du carbone avec le métal, ainsi que la nature et la proportion des matières étrangères, telles que le silice, l'alumine, le soufre, le phosphore, le manganèse, etc., qui s'y trouvent combinés, déterminent, dans la fonte, des qualités infiniment variables relativement à sa couleur, son degré de fusibilité, sa dureté, sa ténacité, etc. Toutes les fontes ne sont donc pas propres aux usages de la fonderie : celles que l'on préfère sont les fontes qui deviennent assez fluides par la fusion

pour bien remplir les moules dans lesquels on les verse, qui ne prennent pas trop de retrait par le refroidissement, et qui une fois à l'état solide se travaillent facilement, et satisfont à toutes les conditions de ténacité que l'on peut en attendre.

Ces différentes qualités se trouvant réunies à un plus haut degré dans les fontes grises que dans les fontes blanches ou trempées, ce sont ces premières que l'on consacre généralement au travail de la fonderie, tandis que les autres sont réservées à la fabrication du fer.

La fonte grise se fond à une température de 4,400 à 4,200 degrés; elle coule doucement, se fige avec lenteur; et quand la coulée a lieu à l'air libre, la surface du bain prend une forme convexe, qui se couvre d'une quantité de graphite (carbone non combiné), d'autant plus considérable que la couleur du métal tire plus sur le noir.

Un excès de graphite rend la fonte poreuse et lui enlève de la ténacité; la présence du soufre la rend très fusible et quelquefois cavernueuse, à cause de la rapidité du refroidissement.

Le phosphore rend également la fonte très fusible et propre à bien remplir les moules; mais son excès en altère la ténacité.

On peut employer les fontes dans le moulage, soit en première fusion, c'est-à-dire telles qu'elles sortent du haut-fourneau, soit en seconde fusion. Les dernières sont généralement plus homogènes, plus tenaces, et conviennent particulièrement à la confection des pièces de machines. Les fontes de première fusion s'emploient ordinairement pour la poterie, les tuyaux, les grosses pièces sans ajustage, et pour tous les objets à la réusite ou à la ténacité desquels on n'attache pas une haute importance.

Les fontes au bois et au coke sont toutes deux employées au moulage: la première est principalement coulée en première fusion, tandis que la seconde convient particulièrement à la seconde fusion. C'est avec des fontes au coke et en seconde fusion que se font toutes les grandes et belles pièces de machines.

Il est rare que l'on emploie des fontes d'une seule et même espèce; généralement on fait des mélanges que l'on varie suivant la nature des objets à couler, le travail qui devra leur être appliqué, les résistances auxquelles ils seront exposés. C'est dans la possibilité d'opérer des mélanges, qui possèdent à coup sûr toutes les qualités que l'on recherche, que consiste le principal avantage de la seconde fusion. Le fondeur modifie ainsi, tout à fait à son gré, la nature du métal, suivant les exigences du travail, et il applique à chaque objet la variété de fonte qui lui convient le mieux.

On voit par là que la parfaite connaissance des qualités de la fonte, et des divers résultats que peuvent amener les mélanges, doit constituer l'un des premiers mérites d'un bon fondeur; ce n'est pas d'ailleurs le moins difficile à acquérir; car il ne peut être que le fruit de nombreuses observations et d'une longue expérience.

On a longtemps discuté, et l'on discute encore beaucoup sur les mérites relatifs des fontes à l'air froid et à l'air chaud: il paraît néanmoins démontré que ces dernières sont particulièrement propres à la seconde fusion, pourvu que l'on n'ait pas poussé la température de l'air au point de les rendre trop graphitiques. Dans ce dernier cas, ce n'est pas en seconde, mais plutôt en troisième fusion qu'il conviendrait de les employer, car les fontes successives tendent à blanchir la fonte et à resserrer son grain. Du reste, et quand on a la ressource des mélanges, on se trouve toujours très bien de la possibilité d'employer des fontes très grises, attendu qu'elles servent à faire passer les vieilles fontes qui resteraient sans emploi, si l'on n'avait pas un puissant correctif à opposer à tous les défauts qu'elles présentent.

Matériel des fonderies. Le matériel d'une fonderie se compose comme il suit:

- Les fourneaux de seconde fusion;
- Les appareils soufflants;
- Les grues;
- Les étuves;
- Les machines à broyer le sable;
- Les moulins à noir (charbon pulvérisé);
- Les châssis, lanternes, axes et armatures;
- Les outils et ustensiles des mouleurs;
- Enfin, les modèles en métal ou en bois.

Nous allons jeter un coup d'œil sur ces différents objets, puis nous aborderons la question du mélange proprement dit.

Les fourneaux employés dans les fonderies pour la fusion de la fonte sont de deux espèces: ce sont ou des cubilots (fourneaux à la Wilkinson) soufflés par un ventilateur, ou des fours à réverbère à tirage naturel.

Des cubilots. Le cubilot se compose essentiellement d'un cylindre en fonte ou en tôle de 2 à 6 mètres de hauteur sur 0^m,70 à 2^m,50 de diamètre, dont l'intérieur est garni en sable réfractaire ou en briques. Le métal et le combustible sont introduits à la partie supérieure; l'air soufflé entre par des tuyères latérales situées à différentes hauteurs, et le métal en fusion s'échappe à volonté par l'orifice inférieur que l'on bouche avec de la terre.

Les dimensions intérieures de la cuve varient, avec la quantité de fonte que l'on veut couler à la fois, dans des limites très étendues: certains appareils peuvent à peine contenir 5 à 600 kilogrammes de fonte, tandis que la capacité des plus grands s'élève jusqu'à 40 à 42,000 kilogrammes.

La forme des cuves n'a rien de bien déterminé; mais, en général, elle se rapproche de celle d'un tronc de cône appuyé sur sa base la plus grande. La partie inférieure se fait ordinairement en sable réfractaire bien damé, mais souvent aussi on emploie des briques, quand on n'a pas de bon sable.

L'enveloppe se fait en fonte ou en tôle; nous préférerons de beaucoup celles en tôle, qui sont plus résistantes et plus à l'abri des accidents.

Les tuyères par lesquelles on introduit le vent sont établies sur une double rangée, et l'on souffle toujours par deux à la fois, au fur et à mesure que le bain de fonte s'élève ou remonte les tuyères, en bouchant avec de la terre celles que l'on a laissées vides.

On admet en moyenne une distance de 0^m,30 à 0^m,45 entre le fond de la cuve et la première tuyère. Dans un fourneau de 3^m,60 de hauteur et de 4^m,60 de diamètre extérieur, on aurait entre la sole et la première tuyère 0^m,34 environ, et l'écartement des autres tuyères irait successivement en diminuant de 0^m,02, de manière à avoir 0^m,24 entre la 5^e et la dernière.

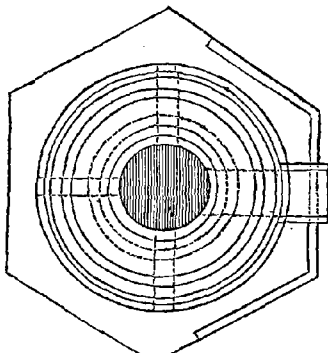
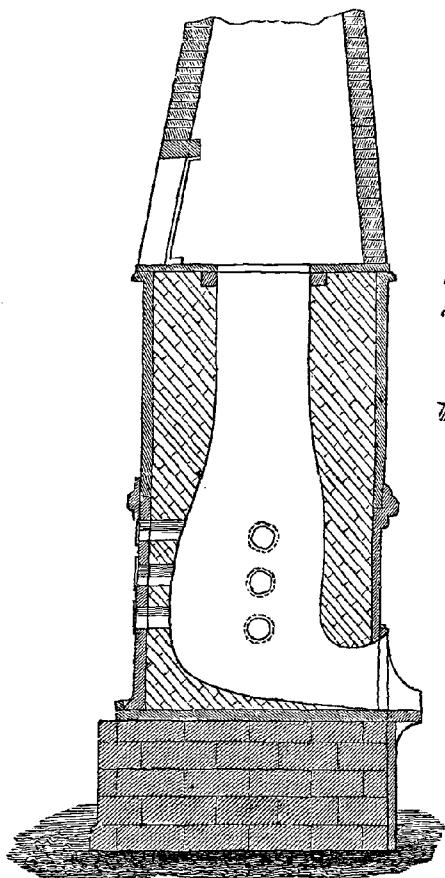
Le croquis (fig. 918 et 919) pourra donner une idée de la disposition d'un cubilot à enveloppe de fonte; au lieu d'une cheminée en briques, on adopte plus généralement une hotte en tôle terminée par un tuyau du même métal. Souvent on dispose la plate-forme du gueulard de manière à pouvoir y échauffer préalablement la fonte avant de la laisser tomber dans la cuve.

Les fig. 920, 924 et 922, donnent le plan, la coupe et l'élévation d'un cubilot de grandes dimensions, à enveloppe en fonte de la fonderie de MM. Martin et comp., à Rouen: *mm*, massif de maçonnerie sur lequel repose le fourneau; *bb*, plate-forme octogone en fonte, ayant un rebord dans lequel s'engagent les plaques *aa*, *aa*, etc.; *aa*, .., plaques en fonte de 27^{mm} d'épaisseur; l'une d'elles est échancrée à sa partie inférieure en *c*, pour donner issue à la fonte, et deux des autres portent chacune six ouvertures *g*, *g*, .., pour donner entrée aux tuyères; *c*, ouverture pour la coulée de la fonte, à laquelle est adaptée une espèce de gouttière en fonte *s*,

intérieurement garnie d'argile; *d*, armatures en fer forgé, de 0^m,44 de large sur une épaisseur qui varie de 15^{mm} en bas à 6^{mm} en haut, servant à maintenir les pla-

établit de la manière suivante : après avoir placé au fond du fourneau un lit de sable de 0^m,40 à 0^m,15 d'épaisseur, légèrement incliné vers l'orifice de coulée, on

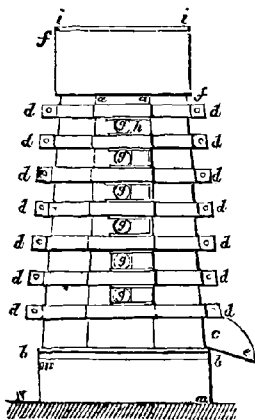
918.



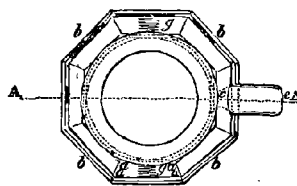
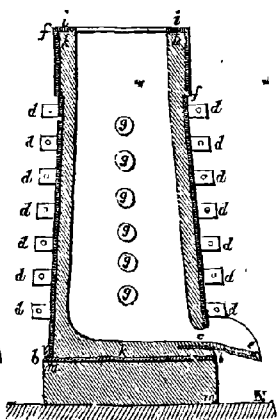
919.

ques de fonte; *ff*, couronnement cylindrique en fonte servant à exhausser le fourneau; les ouvertures *g*, qui servent à placer les tuyères, sont munies chacune d'une porte à coulisses *h*, qui servent à fermer celles d'entre elles qui ne servent pas; *kk*, chemise ou enveloppe intérieure du fourneau, en sable un peu argileux, que l'on

922.



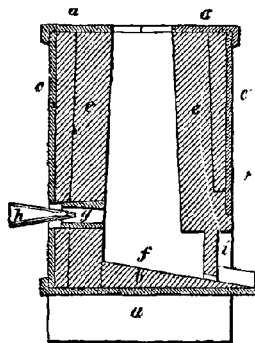
921.



920.

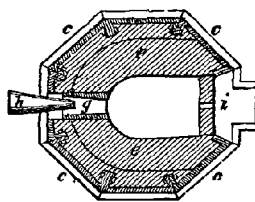
pose verticalement, dans l'axe du fourneau, un cylindre en bois de toute sa hauteur et d'un diamètre un peu moindre que celui du vide que devra présenter le fourneau à sa partie supérieure. On tasse

alors du sable, entre le cylindre de bois et l'enveloppe en fonte, puis on retire le cylindre de bois, et on recoupe la paroi intérieure de l'enveloppe de sable, jusqu'à ce qu'on lui ait donné la forme convenable. Cette enveloppe dure généralement de 5 à 6 semaines, quand on fond six fois par semaine; *ii*, plaque de fonte annulaire, placée au



924.

gueulard, et destinée à préserver, pendant la charge, les bords de la chemise en sable *kk*; *NN*, niveau du sol : la partie qui se trouve au-dessous de l'orifice de coulée est en sable, que l'on enlève en tout ou en partie quand on veut recueillir la fonte dans une poche de grande dimension. La hauteur totale de ce fourneau est de 2^m,60, et son diamètre au gueulard est de 0^m,75 et à la sole de 4^m,00; il peut contenir à la fois 5000^l de fonte en fusion, et il faut 2 heures 3/4 pour arriver à ce résultat.



923.

Les fig. 923 et 924 donnent le plan et la coupe du cubilot de la fonderie royale de Berlin : *a*, fondation surmontée d'une plaque en fonte qui sert de base à l'enveloppe octogonale

en fonte *c c*; *s s*, chemise en briques réfractaires, séparée de l'enveloppe en fonte par un vide rempli de cendres tassées; *f*, sole de 0^m.15 à 0^m.20 d'épaisseur, formée d'un mélange bien damé d'argile réfractaire et de sable quarzeux; *g*, tuyère dans laquelle débouche la buse *h*; *i*, trou de coulée. Depuis quelques années, ce cubilot avait été alimenté avec de l'air dont on élevait la température en le faisant passer à travers des tuyaux autour desquels circulait la flamme du gueulard; ces tuyaux, à ce qu'il paraît, ne tardaient pas à se brûler ou bien ne retenaient plus l'air. Leur reconstruction étant devenue nécessaire, il y a quelque temps, M. Schmahel a eu l'idée de les supprimer et de les remplacer par un seul tuyau annulaire creux qui entoure le fourneau à l'extérieur, dans lequel on fait arriver le vent de la soufflerie et qui le verse dans l'ouvrage par 42 petites tuyères disposées sur un même plan horizontal. Ces petites tuyères, dont les buses ont environ 26 millimètres de diamètre, sont percées dans les briques réfractaires mêmes de la chemise du fourneau. Pour nettoyer ces buses, et en même temps pour observer la marche du travail, M. Schmahel a pratiqué sur la surface convexe de l'anneau creux de fonte autant d'ouvertures correspondantes à ces buses et fermées par des tampons annulaires dans lesquels est serré un disque de verre et portant une poignée à l'extérieur. Le fourneau ainsi construit fournit la même quantité de fonte que précédemment, lorsqu'on employait l'air chaud avec une seule grande tuyère. Il présente en outre cet avantage, que la fusion y est extrêmement rapide, ce qui est très important lorsqu'il s'agit de fondre de grosses pièces, parce que dans ce cas on peut remplir successivement de fonte deux, ou un plus grand nombre de grandes poches avant que le métal de la première commence à se figer. De plus, la fonte est moins cassante et donne des objets d'une plus grande densité que lorsqu'on employait l'air chaud.

Le volume d'air lancé dans les cubilots dépend de la quantité de combustible que l'on veut brûler dans un temps donné : on peut compter sur 40 mètres cubes d'air par kilogr. de charbon. La pression du vent n'a pas besoin d'être élevée et dépasse rarement 20^{mm} à 30^{mm} de mercure. — On calcule d'après ces données le diamètre que doivent avoir les buses. Le tableau suivant donne les volumes d'air qui s'écoulent en une minute par des buses de différents diamètres.

PRESSION de l'air en millimètres de mercure.	VOLUME D'AIR sorti, en mètres cubes, par des buses d'un diamètre, en millimètres, de				
	40	50	60	70	80
5	2,16	3,37	4,85	6,60	8,63
10	3,08	4,80	6,93	9,40	12,30
15	3,82	5,97	8,60	11,70	15,30
20	4,38	6,85	9,90	13,40	17,50
25	4,95	7,72	11,20	15,20	19,80
30	5,45	8,54	12,25	16,65	21,80

Les volumes sont ramenés à la pression atmosphérique et à la température de 40 degrés.

On a essayé l'emploi de l'air chaud dans le soufflage des cubilots, mais les résultats n'en ont pas été assez prononcés pour que l'on ait généralement adopté cette méthode.

Il est rare que l'on emploie des souffleries à pression pour le soufflage des cubilots, ce sont presque toujours des VENTILATEURS (voir MACHINES SOUFFLANTES) de 0^m.60 à 4^m.00 de diamètre.

Dans une grande fonderie, on a toujours au moins trois cubilots de dimensions différentes.

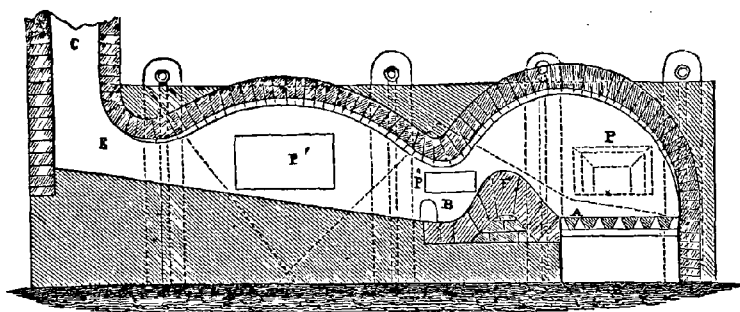
On charge dans les cubilots le métal et le combustible au poids; la valeur de la charge varie avec les dimensions de l'appareil.

Pour liquéfier 1000 kilogr. de fonte, on emploie environ 450 à 470 kilogr. de coke, rarement moins et souvent davantage. Le déchet de la fonte est également très variable : avec de bonnes fontes grises, un coke convenable et un vent bien dirigé, il peut n'atteindre que 6 à 7 p. 400, mais généralement on l'estime à 40 p. 400, et lorsqu'on refond des brocailles, il peut s'élever jusqu'à 45 ou 20 p. 400.

Les cubilots sont les appareils les plus généralement employés dans les fonderies, parce qu'ils conservent à la fonte que l'on emploie toutes les qualités qui lui sont propres; les fours à réverbère blanchissent au contraire un peu les fontes, et les affinent.

Des fours à réverbère. Un four à réverbère présente trois parties principales : la grille sur laquelle on brûle ordinairement de la houille; le creuset où se réunit le bain de fonte;

La figure 925 représente la forme de four qui paraît



925.

donner les meilleurs résultats au point de vue de l'emploi du combustible et de la conservation des qualités de la fonte.

On donne généralement à la sole trois fois la surface de la grille, et sa longueur varie de 2 1/2 à 3 fois sa largeur.

La hauteur de la voûte varie avec la dimension des pièces que l'on fait fondre; il faut toujours qu'elle soit assez élevée pour que la flamme ne lèche pas de trop près le bain de fonte, protégé d'ailleurs par une suffisante élévation de l'autel.

L'échappement doit avoir une section égale à 1/5 ou 1/6 de celle de la grille.

La grille, vers laquelle l'air doit pouvoir affluer avec toute la liberté possible, doit présenter une section de 4 décimètre carré par kilogr. de houille brûlée par heure, et on donne à la cheminée une section égale à 1/4 ou 1/5 au moins de celle de la grille, soit 0^m.20 à 0^m.30 par 400 kilogr. de houille brûlée par heure, avec une hauteur de 4 à 5 mètres.

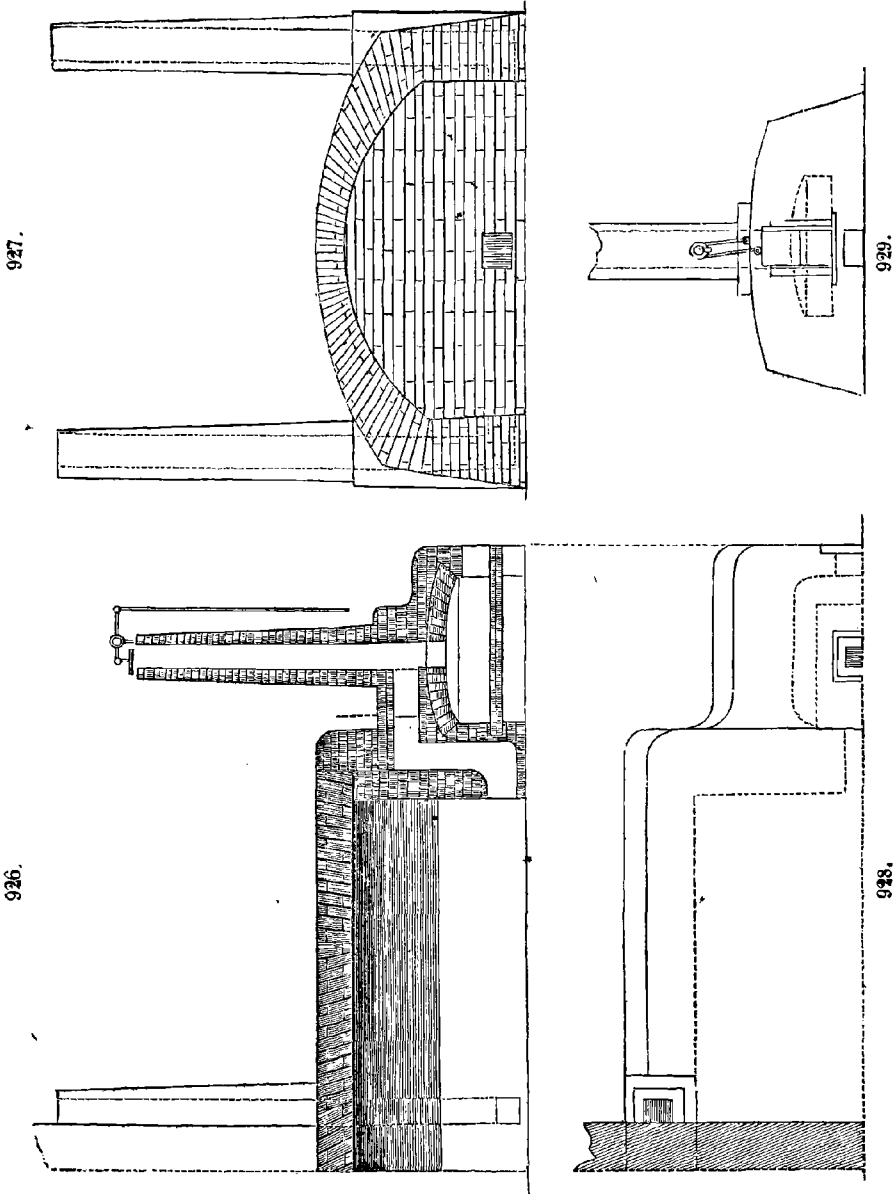
Dans le dessin ci-dessus la flamme monte directement

FONDERIE DE FER.

FONDERIE DE FER.

à la cheminée après l'échappement, mais nous pensons que l'on devrait au contraire la faire redescendre, avant de s'en débarrasser définitivement, parce que la chaleur paraît alors mieux rester dans le four, et le

Les fours à réverbère doivent être construits avec beaucoup de soin, et toutes les parties qui se trouvent en contact avec la flamme doivent être revêtues de briques réfractaires de la meilleure qualité.



combustible est mieux utilisé. Ce fait ne s'explique pas parfaitement, mais il est confirmé par beaucoup d'expériences, et entre autres par la marche des fours à réchauffer employés dans les forges à laminaires.

Le four que nous avons représenté peut contenir 3000 à 3500 kilogr. de fonte, qui, à raison de 400 à 450 kilogr. de houille par 1000^k de fonte, exigeraient environ 1300 à 1400 kilogr. de combustible, que l'on

devrait brûler en 3 ou 4 heures environ, suivant les dimensions de la grille et les proportions relatives de la sole, de l'échappement et de la cheminée.

Le déchet varie avec la durée de l'opération ; avec un four bien construit et bien conduit, il ne doit pas s'élever au-dessus de 10 à 12 p. 100.

Les fours à réverbère s'emploient principalement dans les cas suivants :

1^o Lorsque l'on n'a pas de moteur pour une soufflerie ;

2^o Quand on a de très grosses pièces à refondre, et telles qu'elles ne pourraient pas être traitées dans un fourneau à la Wilkinson.

En général, il n'y a d'avantage à les employer que lorsque la fabrication est assez étendue pour pouvoir opérer successivement plusieurs fondages ; dans le cas contraire, le seul échauffement du four absorbe déjà beaucoup de combustible, et il en résulte une consommation considérable par tonne (1000^k) de fonte moulée.

Des grues. Les grues sont des appareils indispensables dans toutes les fonderies, soit pour enlever les châssis, soit pour transporter le métal en fusion, du four aux moules qu'il doit remplir. Nous ne nous arrêterons pas à la description des grues, mais nous indiquerons d'une manière générale les conditions auxquelles elles doivent satisfaire. Les grues d'une grande fonderie doivent être fortes, élevées, et être pourvues d'une grande volée ; il faut qu'elles puissent enlever des charges de 15 à 25 tonnes ; que la volée de 6 à 7^m de longueur, se meuve au moins à la même hauteur au-dessus du sol ; enfin que le chariot auquel se suspendent les charges se meuve avec facilité sur la volée.

Ces grues sont toujours à double pivot, se mouvant dans des crapaudines dont l'une est fixée sur une fondation solide, tandis que celle du haut est solidement rattachée à la charpente de la fonderie.

Les grues entièrement construites en fonte et en fer sont préférables pour l'usage à celles dont l'axe, la volée et les contrefiches sont en bois, mais leur prix élevé n'en permet pas toujours l'emploi.

Une belle grue en bois avec flasques en fonte et tirants en fer, coûte en moyenne 400 à 450 fr. par tonne à enlever, soit par exemple 8000 à 9000 francs pour une grue de 20 tonnes : le même appareil construit en fonte dans les mêmes conditions de hauteur et de solidité coûterait plus que le double.

On a toujours plusieurs grues dans une fonderie, et elles sont disposées de manière à ce qu'un fardeau quelconque puisse être facilement transmis de l'une à l'autre, et parcourir ainsi tous les points de l'atelier. Il est évident que les wilkinsons, les fours à réverbère, l'entrée de l'étuve, doivent se trouver dans le rayon d'action de l'une de ces grues.

Des étuves. Les étuves sont des chambres en maçonnerie convenablement échauffées, dans lesquelles on fait sécher les moules et les noyaux avant d'y verser la fonte. Ainsi que nous le verrons plus loin, tous les moules n'ont pas besoin d'être passés à l'étuve, mais une grande fonderie ne saurait marcher sans cet appareil.

On donne aux étuves des dimensions proportionnées à celles des châssis que l'on veut y introduire ; en moyenne, il faut qu'une étuve ait de 3 à 4 mètres de largeur sur 5 et 6 de longueur, et souvent on leur donne des dimensions beaucoup plus considérables ; la hauteur varie de 2 à 4 mètres.

Les murs de l'étuve et la voûte sont construits en briques ; la porte est en tôle et s'ouvre de bas en haut, au moyen d'un contre-poids qui lui fait équilibre.

Le milieu de l'étuve est occupé par un chemin de fer se prolongeant à l'extérieur, sur lequel se meut un fort chariot en fonte destiné à recevoir les moules à sécher. Les noyaux et les autres petites pièces sont placés dans

le bas de l'étuve et appuyés contre ses parois latérales.

Une étuve peut être chauffée directement, ou par la chaleur perdue d'un appareil de combustion quelconque. Dans le premier cas, le milieu de l'étuve est occupé par une grille en fer, sur laquelle on charge de la houille ou tout autre combustible, et auquel l'air arrive par un caveau souterrain.

Généralement on emploie des moyens plus économiques pour chauffer les étuves, en les plaçant au-dessus ou à proximité d'un four à coke qui sert à préparer le combustible destiné aux cubilots, comme l'indiquent les fig. 926 à 929. Les gaz qui sortent du four sont amenés dans l'étuve, et s'échappent ensuite dans l'air par une cheminée en briques ou en tôle.

Cette disposition fort simple suffit dans la plupart des cas. On doit avoir soin de placer l'orifice d'entrée des gaz dans la cheminée à la partie inférieure de l'étuve, et de placer un registre dans la cheminée pour régler le tirage. Il est également essentiel, pour être complètement maître du travail de l'étuve, d'établir des registres qui permettent de faire pénétrer la fumée du four dans l'étuve, ou de l'envoyer directement à la cheminée ; moyennant ces précautions, la disposition que nous venons d'indiquer suffit parfaitement aux besoins d'une fonderie.

Au lieu d'envoyer la fumée du four dans l'étuve, ce qui nuit aux moules et aux noyaux à cause de la couche de suie dont ils se couvrent, on pourrait disposer un appareil à air chaud à la suite du four à coke, et dans ses propres parois, et n'envoyer dans l'étuve que de l'air pur convenablement échauffé ; mais cette disposition est plus chère de premier établissement, et nous ne l'avons point encore vu appliquer.

Lorsque les moules sont placés dans l'étuve, on lute les joints de la porte avec de la terre, et suivant la dimension des pièces à sécher on les laisse plus ou moins longtemps exposés à l'action de la chaleur. La durée de l'opération varie de un à trois jours, suivant l'intensité de la chaleur : on ne saurait rien préciser à cet égard. Dans une fonderie établie sur une très grande échelle, il serait utile d'avoir des étuves de plusieurs dimensions et à températures variables ; ce serait un moyen de rendre le service plus actif et plus régulier.

Machine à broyer. Les différentes matières que l'on emploie dans la confection des moules exigent toutes certaines préparations, pour les approprier à l'usage auquel elles sont destinées. Les sables, par exemple, sont habituellement séchés, broyés, passés au tamis, puis mouillés et passés au rouleau sur une table. Ces opérations se font généralement à bras d'homme, mais dans les ateliers où l'on a besoin d'une grande quantité de sable frotté et bien préparé, il est préférable d'employer une machine simplement composée de deux cylindres en fonte, entre lesquels on fait passer le sable.

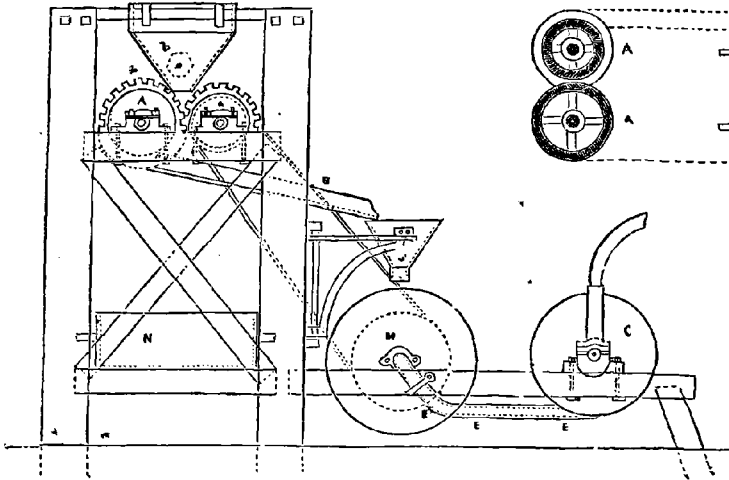
Les fig. 930 et 931 représentent le plan et l'élévation d'une machine à froter et à broyer le sable, munie d'un séchoir. On jette le sable sur les cylindres A, A, dessinés en coupe fig. 932 et 933, par la trémie t, et il vient ensuite, au moyen des glissoirs B et de la seconde trémie s, tomber dans le séchoir cylindrique M, dont les fig. 934 et 935 donnent deux coupes rectangulaires. Quand il est rempli jusqu'à la hauteur des cloisons, on en ferme l'ouverture et on le met en mouvement. Le sable reçoit ainsi le contact d'un courant d'air chaud, envoyé par le ventilateur C, au moyen de l'arbre creux du séchoir. Si l'on veut ensuite froter le sable après l'avoir mouillé, on le repasse aux cylindres, mais en supprimant le séchage.

Ce séchoir n'est pas très efficace et sert très rarement. Il vaut mieux faire sécher le sable dans une étuve, et ne se servir des cylindres que pour le froter.

La terre à noyaux se triturait ordinairement sur un

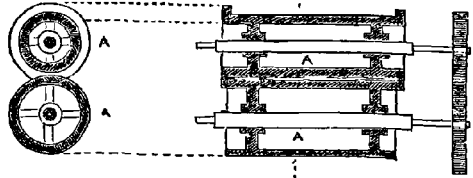
FONDERIE DE FER.

931.

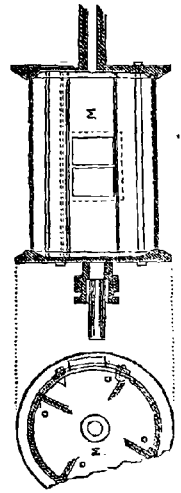


FONDERIE DE FER.

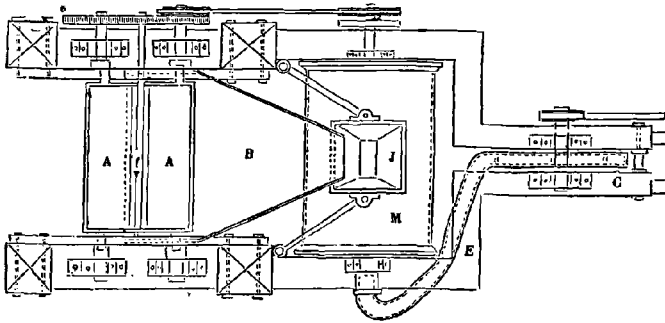
933.



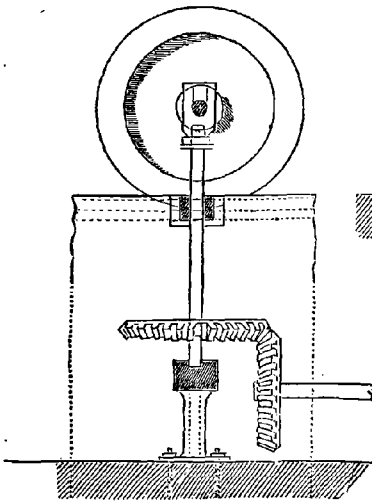
932.



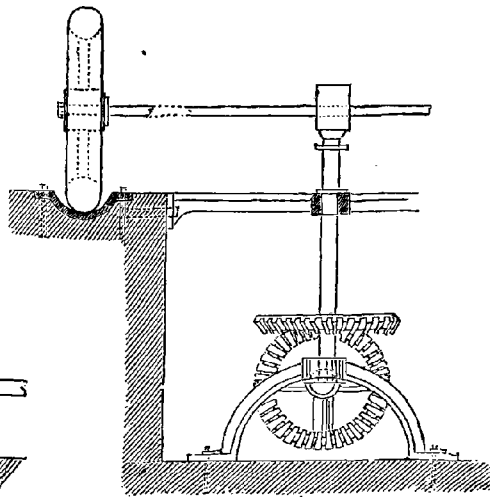
934



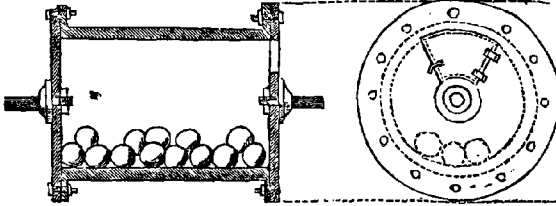
930.



936.



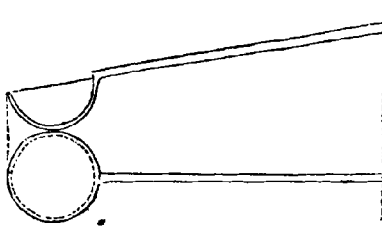
937.



939.

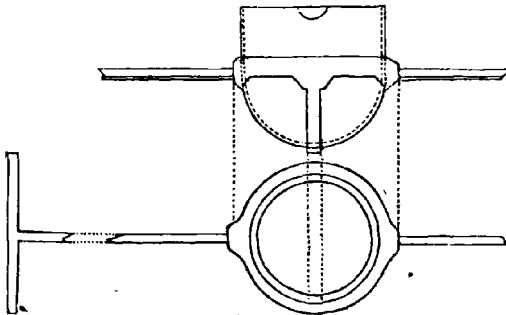
938.

940.

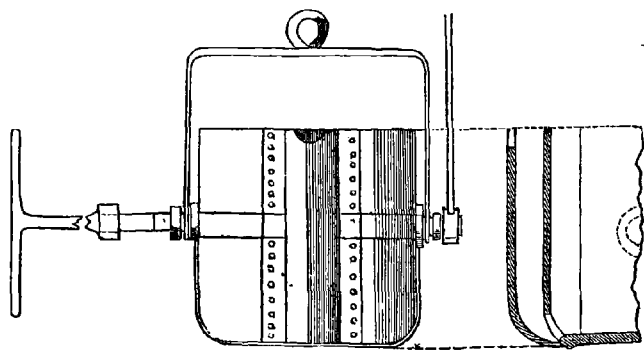


941.

942.



943.



944.

945.

établi avec un couteau en fer à manche recourbé; mais pour de grandes quantités, il vaudrait mieux employer un pétrisseur mécanique, consistant simplement en une auge circulaire en fonte, dans l'axe de laquelle se mouvrant, avec une faible vitesse, un arbre vertical garni d'une traverse horizontale armée de couteaux verticaux. Il y a beaucoup d'autres appareils faciles à imaginer qui peuvent remplir le même but.

Moulin à noir. Le poussier de charbon de bois ou de houille, dont on fait une si grande consommation dans les mouleries, se prépare toujours au moyen d'un appareil mécanique, appelé *moulin à noir*.

Le moulin le plus employé consiste en une auge circulaire en fonte, dans laquelle se meuvent deux meules accouplées sur un arbre vertical. Les fig. 936 et 937 peuvent donner une idée d'un moulin de ce genre, mais on le dispose ordinairement de manière à occuper beaucoup moins de place.

Dans les petites fonderies on emploie simplement un cylindre creux en fonte (fig. 938 et 939), monté sur un axe horizontal, dans lequel on place des boulets. Ce cylindre doit faire vingt-cinq à trente tours par minute.

Des poches. Parmi les différents appareils qui constituent la base fondamentale d'un atelier de moulage, et dont le nombre et les proportions doivent être en harmonie avec la nature et l'importance des travaux, nous avons encore à distinguer les poches, ou creusets, au moyen desquelles la fonte se transporte, à bras d'hommes ou avec des grues, depuis les fourneaux de fusion jusqu'aux moules où elle doit être versée.

Chaque atelier doit avoir une série de poches de différentes dimensions, depuis les plus petites, qui peuvent être portées par un seul homme, jusqu'à celles de la plus grande contenance.

Ainsi l'on doit avoir :

Un grand nombre de petites poches de.	45 à 20 ^l
Une ou deux poches de.	50
Une ou deux poches de.	75
Une ou deux poches de.	100 à 150
Une ou deux poches de.	200 à 300
Une poche de.	400
Une poche de.	800
Une poche de.	1,500
Une poche de.	3,000
Une poche de.	5,000
Une poche de.	10,000

Il est assez rare que l'on dépasse la dimension de 10 à 12,000 kil.; quand on a à couler des pièces d'un poids plus considérable, on emploie plusieurs poches, ce qui paraît préférable, en général, pour que la fonte se distribue plus vite et plus facilement dans un grand moule, en versant la fonte en deux points plutôt qu'en un seul.

Dans les anciennes fonderies on faisait les poches en fonte de 8 à 35 millim. d'épaisseur; aujourd'hui on les fait généralement en tôle. Les poches sont toujours garnies à l'intérieur d'une couche de vieux sable mélangé dans l'eau avec du crotin de cheval. Voici le croquis des différentes poches employées dans les fonderies :

Fig. 940 et 941, petite poche pour un seul homme.

Fig. 942 et 943, poche de 200 kil.

Fig. 944, poche de 1,800 kil.

Fig. 945, coupe de la tubulure de la partie antérieure de la fonte.

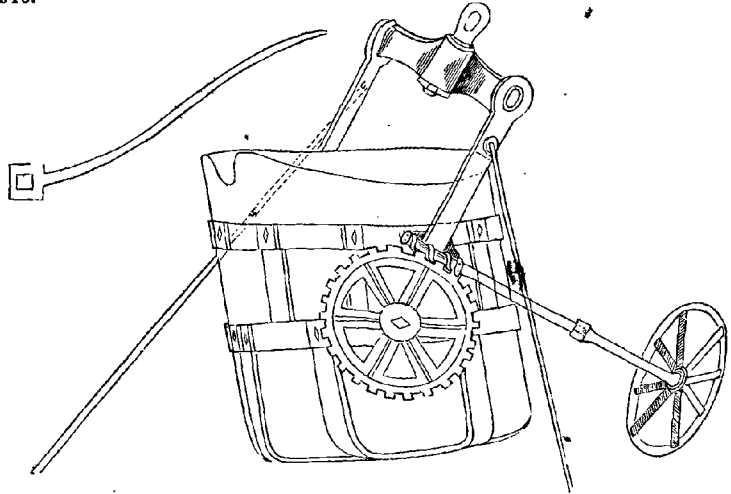
Quand on n'emploie pas ce genre de tubulures, il faut continuellement écumner la fonte pendant la coulée afin d'empêcher les matières étrangères qui peuvent surnager à la surface de pénétrer dans les moules.

Fig. 946, levier, au moyen duquel l'ouvrier appuie sur l'axe de suspension de la poche pour la forcer à s'incliner sur l'orifice du moule.

Figure 947, mécanisme employé pour faire déverser les poches de grandes dimensions.

Voici les dimensions exactes de deux poches mues par un mécanisme de ce genre et employées à l'usine d'Indret.

946.



947.

ralement pourvus de forts tourillons au moyen desquels le châssis peut être suspendu à la grue et transporté où l'on veut.

Pour les petites pièces, on emploie habituellement des châssis sans barres, de formes rectangulaires ou octogones, auxquels on laisse des rebords intérieurs pour qu'ils puissent retenir les sables, et on les dispose de manière à pouvoir accoupler des parties d'inégale épaisseur quand le besoin du moulage l'exige.

Les séries de petits châssis peuvent être organisées comme il suit :

	POCHE de 6,000 kil.	POCHE de 11,000 kil.
Diamètre interne sans terre.	4,425	4,380
Profondeur.	4,100	4,500
Roue dentée; diamètre.	0,470	0,600
Vis sans fin : 2 filets; diamètre.	0,080	0,450
Idem. — ; pas.	0,040	0,040
Tourillons; diamètre.	0,090	0,440

Des châssis. Les châssis dans lesquels se préparent les moules constituent la partie la plus importante du matériel des fonderies; on les fait en bois pour les petites pièces, mais il est indispensable d'avoir des châssis en fonte pour toutes les pièces un peu fortes.

Chaque fois que dans un établissement on a beaucoup de pièces à mouler sur le même modèle, on fait des châssis spéciaux, parfaitement appropriés à la forme des moules qu'ils doivent contenir; mais on doit aussi avoir, et c'est le cas le plus général, des séries de châssis qui permettent, sauf de rares exceptions, de mouler toutes les pièces qui peuvent se présenter.

Lorsque l'on ne veut cependant pas trop multiplier les châssis, ce qui devient excessivement dispendieux, on emploie des châssis en mille pièces, ainsi nommés parce qu'ils sont composés d'une multitude de plaques boulonnées entre elles, et reliées aux angles par des équerres. Au moyen d'une certaine quantité de plaques de longueur et de hauteur variables, on forme sans difficulté des capacités de toutes grandeurs: on fait des plaques de 0^m,100, 0^m,160 et 0^m,216 de hauteur, sur des longueurs variables de 0^m,50 à 1^m,00. Les plaques de raccordement des équerres avec les plaques de côté ont ordinairement 0^m,20 de largeur.

On doit avoir des équerres ouverts suivant différents angles, de manière à pouvoir former des châssis polygonaux à 5, 6, 8, 10 ou 12 pans.

CHASSIS rectangulaires.	LONGUEUR	LARGEUR.	HAUTEUR des parties épaisses.	HAUTEUR des parties minces.
N° 1.	0,25	0,18	0,060	0,030.
N° 2.	0,40	0,30	0,060	0,035
N° 3.	0,50	0,40	0,070	0,040
N° 4.	0,40	0,30	0,080	0,080
N° 5.	0,60	0,40	0,100	0,070
N° 6.	0,70	0,50	0,100	0,080

Au-dessus de ces dernières dimensions, on emploie des châssis carrés de 0^m,70, 0^m,85, 1^m,00, 1^m,50, 2^m,00, de côté, et de 0^m,10 à 0^m,25 d'épaisseur.

Les châssis dont le côté dépasse 2^m,00, sont presque toujours quadrillés et n'ont pas de partie de dessous.

Indépendamment de ces châssis, on emploie encore des châssis octogones portant 0^m,216, 0^m,330, 0^m,400, 0^m,500 et 0^m,600 de diamètre intérieur, avec une hauteur variable de 0^m,06 à 0^m,15.

Nous n'en dirons pas davantage des châssis; nous avons voulu donner à entendre ce qu'il y avait à faire pour l'organisation de cette portion du matériel, mais il serait par trop long d'en donner une description complète. Nous rappellerons seulement que la disposi-

tion et la bonne confection des châssis ont une très grande influence sur la rapidité et la perfection du moulage, et que, par conséquent, il y a lieu d'attacher une haute importance à la manière dont ils sont exécutés. Le point essentiel, sous le rapport de la bonté du travail, c'est qu'ils soient toujours assez solides pour résister aux efforts de dilatation des moules; on les fait ensuite le plus légers possible, afin d'en faciliter le manie- ment, et de réduire à sa limite inférieure le capital, tou- jours énorme, qu'il faut consacrer à leur acquisition.

Des noyaux. Les moules destinés aux pièces creuses exigent que l'on y ménage des parties pleines de sable ou de terre auxquelles on fait occuper la place où doit se trouver le vide de la pièce moulée.

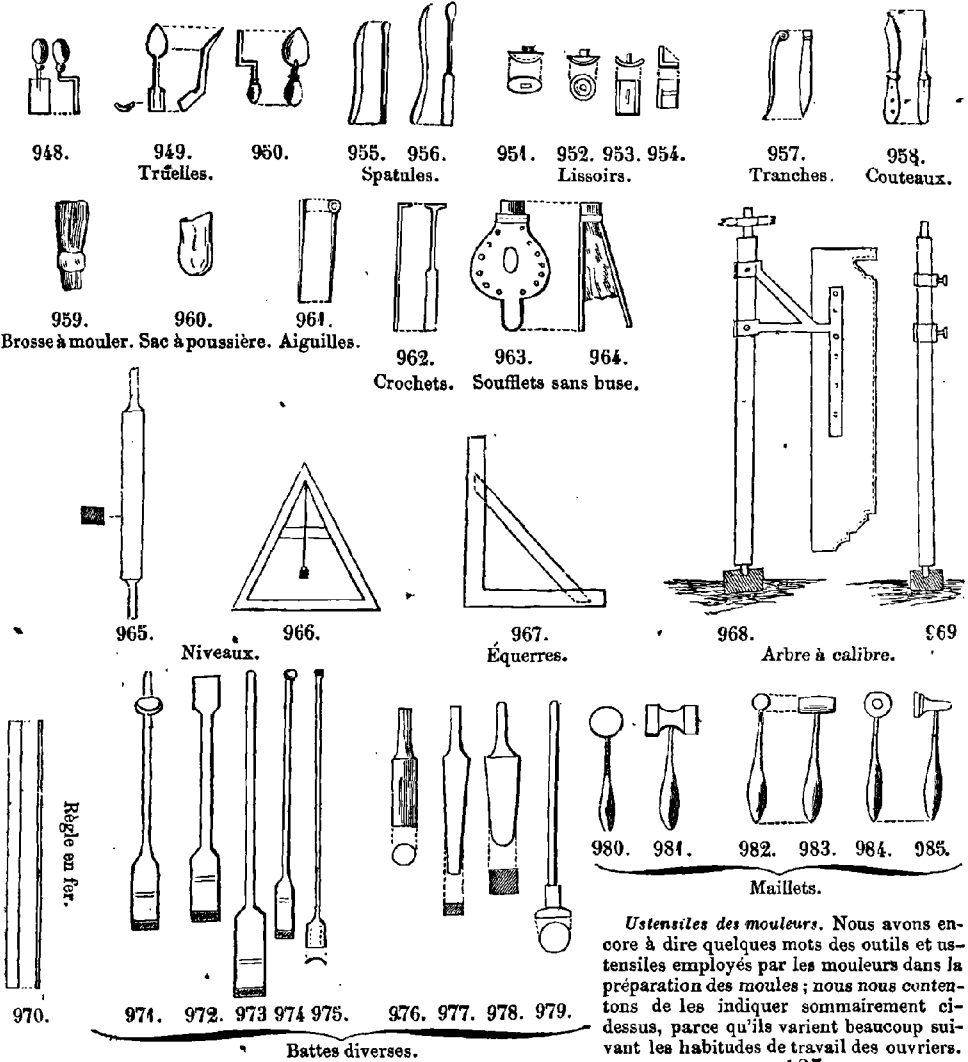
Quand ces vides ont de faibles dimensions, on les remplit avec du sable battu dans des moules en bois, que l'on appelle *boîtes à noyaux*. Quand les noyaux sont con- sidérables, on les fait quelquefois en terre ou en briques soutenues et reliées par des *armatures* en fonte et en fer.

Lanternes, axes. Lorsque les noyaux ont des formes cy- lindriques régulières, on les fait en terre appliquée sur

des pièces cylindriques de fer ou de fonte appelées axes ou lanternes. Les lanternes servent pour les noyaux de grosses dimensions; ce sont des tubes cylindriques ou coniques en fonte ou en tôle, montés sur des tourillons et percés d'une multitude de petits trous destinés à laisser échapper les gaz qui se développent pendant la coulée.

L'épaisseur des lanternes en fonte doit être assez forte pour qu'elles ne fléchissent pas, et varie entre 0^m,045 et 0^m,025. On leur donne le plus fort diamètre possible, en se ménageant cependant assez de place pour les garnir d'une ou deux épaisseurs de cordes ou torches en foin filé, et d'environ 0^m,03 à 3^m,05 de terre. On met ces lanternes sur un tour, et on les tourne au diamètre voulu. Les noyaux sont ensuite séchés à l'étuve et placés dans le moule.

Pour les noyaux d'un très petit diamètre, on rem- place les lanternes creuses par des axes en fonte ou en fer, pourvus de tourillons quand ils doivent être tournés; sans tourillons, quand le noyau est fait en sable dans une boîte. Les noyaux de tous les tuyaux sont faits avec des lanternes ou des axes.



Ustensiles des mouleurs. Nous avons en- core à dire quelques mots des outils et us- tensiles employés par les mouleurs dans la préparation des moules; nous nous conten- tons de les indiquer sommairement ci- dessus, parce qu'ils varient beaucoup sui- vant les habitudes de travail des ouvriers.

Nous ne reproduirons pas les formes très diverses des tamis en toile métallique, des compas, des pelles, marteaux, brosses, pinceaux, balais, caisses à sable, tamis à noyaux, etc.

Des modèles. Nous terminerons la nomenclature du matériel des fonderies par quelques données générales sur la confection des modèles.

Les modèles se font généralement en bon bois de noyer, chêne ou sapin, et ils doivent être établis avec beaucoup de soin et de solidité. La bonté du moulage dépend en grande partie de la perfection des modèles.

Tous les modèles doivent présenter de la *dépouille*, c'est-à-dire un certain évasement qui facilite leur sortie du sable. Il faut, en outre, que leurs dimensions soient plus fortes que celles des dessins que l'on copie, à cause du retrait qui s'opère dans les fontes par leur refroidissement. On compte ordinairement sur un retrait de 1/100, ce qui revient à prendre toutes ses mesures avec une règle de 104 centimètres, divisée ensuite en dixièmes, centièmes, millièmes.

Certaines fontes ont un retrait beaucoup plus considérable, mais elles sont mauvaises pour les fonderies, où l'on doit, au contraire, rechercher les fontes à faible retrait.

Le modèleur doit tenir compte de la manière dont la pièce sera moulée; car il la divise en conséquence pour en réunir ensuite les différentes parties par des chevilles, des vis ou des boulons que l'on enlève pendant le moulage.

La confection des *boîtes à noyaux* est un des points délicats de l'art du modèleur; il faut que les boîtes soient exécutées avec soin et divisées de manière à faciliter la sortie du noyau. La place du noyau est indiquée sur le modèle par une partie dont la trace dans le moule fixe la position du noyau à y placer.

Quand on a beaucoup de pièces à faire sur un même modèle, on le fait en métal; ainsi tous les modèles des pièces de vaisselle, des ornements, des candélabres, statuettes, etc., se font en cuivre. Il n'est pas moins essentiel, dans beaucoup de cas, de faire également les boîtes à noyaux en métal: pour les coussinets de chemins de fer, par exemple, dont la forme intérieure est la plus essentielle à bien conserver, il est presque indispensable d'avoir des boîtes à noyaux en fonte ou en cuivre.

Du moulage. Les indications qui précèdent nous paraissent suffisantes pour donner au lecteur une idée assez nette du matériel des fonderies, nous allons passer à la description des diverses méthodes de moulage que l'on emploie aujourd'hui.

Les opérations du moulage peuvent se partager en cinq classes principales, qui sont :

- 1° Le moulage en sable vert;
- 2° Le moulage en sable vert séché;
- 3° Le moulage en sable d'étuve;
- 4° Le moulage en terre;
- 5° Le moulage en coquilles.

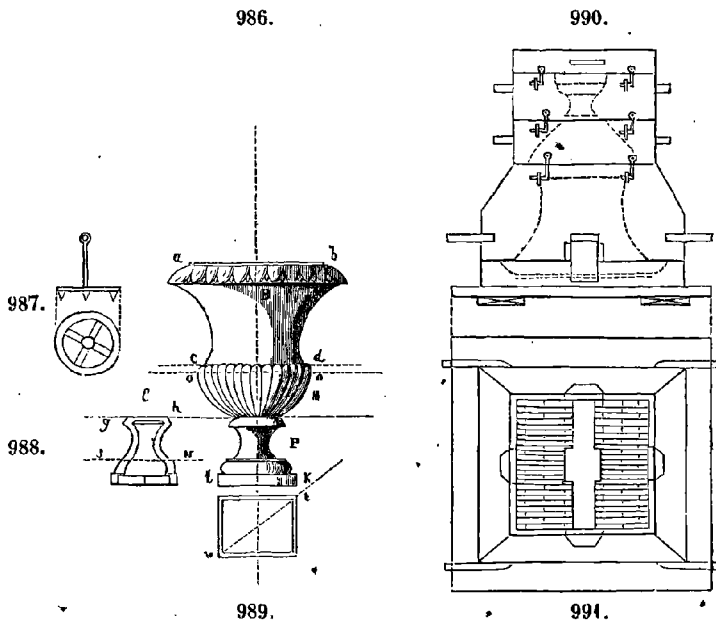
Du moulage en sable vert. On entend par moules en

sable vert ceux qui reçoivent la fonte aussitôt après leur confection, sans avoir besoin d'être étuvés. Ce procédé est aujourd'hui le plus employé, pour la vaisselle, les ornements et la plupart des pièces de machines.

Le sable que l'on emploie doit être à la fois siliceux et un peu argileux, doux, coulant et moelleux au toucher. Suivant sa qualité, on le mélange avec 1/3 à 1/20 de poussier de houille, qui fait décaper les pièces et favorise la sortie des gaz; quand le sable est trop gras, on le fait recuire, où l'on y ajoute du poussier de charbon en supprimant une partie de celui de houille. Ces sables ainsi mélangés sont séchés à l'avance, puis broyés, tamisés, mouillés et frottés.

Nous ne saurions décrire ici la méthode de moulage employée pour chacune des pièces qui se présentent dans les fonderies; nous en donnerons une idée générale, en décrivant (d'après M. Guettier) le moulage d'un vase de jardin.

Le modèle d'un vase (fig. 986 et 989) est décomposé en cinq parties, savoir: la cloche ou tulipe qui comprend la partie *abcd*; la couronne *oo'*, ou autrement dit le quart



de rond qui termine le culot; le culot *M*, et enfin le pied *P*, qui se divise en deux parties suivant la diagonale *o t* (fig. 989). Il résulte de cette disposition que le châssis forme aussi cinq parties (comme l'indique la fig. 990) dont une, celle qui compose la chape du pied, se divise en deux tiroirs. Le noyau du vase se fait dans le modèle, en même temps que l'on pratique le moulage de l'extérieur. Le châssis du pied et le châssis supérieur doivent être, lorsqu'ils sont en bois, garnis de clous qui servent à retenir les sables.

Le châssis supérieur doit avoir de plus une barette avec un mamelon hérissé à pointes, qui plonge dans le modèle du pied et qui sert à supporter le noyau.

Pour procéder au moulage d'un vase, on posera d'abord la cloche sur la planche à mouler qui prend la partie *B* du modèle, puis on comprimera la chape jusqu'à la ligne *cd*, en ayant soin de fouler le noyau de la cloche en même temps. On pourra poser de suite sur la chape la couronne *c*, en ayant soin de dépouiller le côté du moule suivant *oo'* et le noyau de la cloche suivant

s. d. Il sera *boff* ensuite de retourner la chape entre deux fonds, de la dépouiller suivant *a b*, de battre la fausse pièce qui doit faire corps avec le noyau de la cloche et enfin de retourner de nouveau, en consolidant cette fois la partie à noyau sur une garniture de sable mouvant, disposée aussi horizontalement que possible. On pourra alors mettre en place le modèle du colot, et le châssis qui doit recevoir l'empreinte de cette portion du vase; on foulera à la fois le noyau et la partie de châssis, en ayant soin d'assurer le premier au moyen d'une arniture (fig. 987), dont les trois repères s'ajustent dans le noyau de la cloche. On aura également soin en mettant en place le modèle du pied, de faire en sorte que sa section corresponde bien à celle de son châssis, puis on foulera le petit noyau compris entre les lignes *g h* et *s u* (fig. 988), et la partie contenant le moule du pied, laquelle sera dressée suivant *i k* (fig. 986), avant de battre le dernier côté du moule.

Lorsque tous les châssis sont foulés, c'est-à-dire lorsque le moule est monté, comme l'indiquent les fig. 990 et 994, il s'agit de le démonter. Pour cela, on enlève les deux châssis supérieurs et on ouvre en tiroir les deux parties qui contiennent le modèle du pied. En retirant chaque partie on doit enlever avec elle une moitié du modèle qu'on démoule dans le sens qui lui est propre, après avoir eu soin de dépouiller suivant la couture du châssis et suivant celle du pied. Lorsqu'on a retiré les modèles et lorsqu'on a lissé au poussier, on réunit de nouveau par les crochets les deux parties du châssis du pied, et on rectifie les coupures au moyen de la spatule ou du pavoir. On enlève ensuite le châssis du culot, puis le modèle, puis enfin le noyau de celui-ci; il ne reste plus alors qu'à démonter la chape de la cloche et à retirer le modèle de celui-ci après avoir enlevé d'abord celui de la couronne. Quand toutes les parties du moule sont ragréées et parées au poussier, on les ferme les unes sur les autres en commençant par celles qui ont été démoulées les dernières. On étuve ordinairement le petit noyau compris entre *g h* et *s u* (fig. 988), afin qu'il ne s'écrase pas en remoulant.

Moulage en sable vert séché. Ce moulage s'emploie pour les pièces de fortes dimensions, telles que plaques de fondation, bâtis, balanciers, etc., dont on désire que les surfaces soient bien nettes et bien polies. Les moules ne sont point dans ce cas lissés au poussier comme pour le sable vert, mais on emploie un badigeon composé d'argile grasse pour $\frac{1}{4}$, et de $\frac{3}{4}$ de poussier de charbon, que l'on étend au pinceau sur toutes les parties qui doivent recevoir la fonte. On peut néanmoins y passer ensuite le *tissoir* pour effacer les traces de la brosse. Ce moulage donne de forts beaux produits.

Moulage en sable d'étuve. Le sable destiné à l'étuvage n'a pas besoin d'être aussi homogène, ni de posséder toutes les qualités indispensables au sable vert. Cette méthode s'emploie particulièrement pour les pièces à noyaux compliquées, telles que cylindres à vapeur, condenseurs, boîtes de distribution; les pièces à gros noyaux; celles à reliefs et à pièces de rapport, etc.; toutes celles enfin pour lesquelles il faut donner au moule une très grande solidité, et obtenir des surfaces parfaitement saines.

Moulage en terre. On emploie pour cette méthode des terres assez grasses pour se lier parfaitement, mais ne donnant cependant pas trop de retrait, que l'on mélange avec $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ de crottin de cheval ou de bourre hachée dont la présence est indispensable pour empêcher les moules de se crevasser pendant le séchage et pour favoriser le passage des gaz.

Le moulage en terre s'emploie principalement pour toutes les pièces circulaires qui peuvent s'obtenir sans modèles au moyen de troussees, et pour un grand nombre de gros objets se présentant rarement, et dont les

dimensions exigeraient un appareil de châssis long et coûteux à établir.

Pour les moules en terre de pièces régulières on opère comme il suit :

Disposent d'abord le noyau, en ayant soin de lui laisser tous les orifices nécessaires pour l'échappement des gaz et des vapeurs, ce qui demande d'autant plus de soin que ce noyau est plus vaste et plus renfermé par le métal; trosser ensuite sur le noyau une épaisseur qui représente exactement l'objet à couler; recouvrir enfin cette épaisseur, qui prend le nom de fausse pièce, de plusieurs assises de terre épaisse, qu'on étend en les pétrissant avec les doigts qui laissent à leur surface des empreintes utiles pour lier les différentes couches entre elles et pour les empêcher de gercer. Ce sont ces dernières couches qui composent la chape à laquelle on donne une épaisseur qui augmente en raison de l'étendue et de la masse des pièces à couler.

Pour démouler, il suffit d'enlever la chape au moyen d'une grue, puis la fausse pièce qu'on peut briser parce qu'elle n'est plus d'aucune utilité; on répare alors le noyau et l'intérieur du moule, on leur donne la couche, on les fait sécher de nouveau, et il ne reste plus qu'à fermer le moule et à l'enterrer au moment de la coulée.

On a eu soin de laisser à l'entour du noyau une assise ou meule formant un cône tronqué dont la base supérieure dépasse de quelques centimètres celle de la pièce moulée, et dont la hauteur varie entre 0^m,03 et 0^m,40. Cette meule sert de repère à la chape qui vient s'y ajuster à frottement, conservant ainsi entre elle et le noyau un vide dont l'épaisseur est parfaitement régulière.

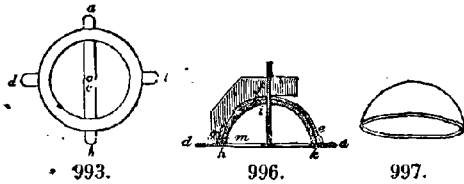
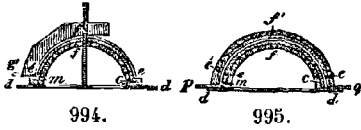
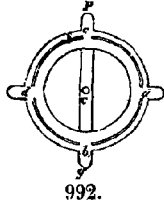
Quand on peut disposer de châssis convenables, on remplace les chapes en briques par une chape troussée en sable. Pour cela, on choisit un modèle cylindrique dont les dimensions se rapprochent de la pièce à trosser, on moule et on démoule ce modèle par les procédés ordinaires du moulage en sable; puis on introduit la trousse dans le vide qu'il a laissé, et en enlevant tout le sable inutile, on arrive à donner à la chape les dimensions et les formes voulues. Il est également facile de trosser un noyau en sable, si l'on a soin de maintenir celui-ci par une ou plusieurs lanternes, ou de remplir tout son milieu de plusieurs gros morceaux de coke qui, diminuant la masse du sable, donnent de la facilité pour le séchage et se prêtent à l'échappement des gaz. On emploie de préférence ce dernier moyen, pour les noyaux fermés par le haut, tels que les noyaux de chaudières, de bassins, etc., etc.

Lorsque le moulage en terre n'a pas lieu pour des pièces troussées, il se fait sur modèles au moyen de coquilles qui se traitent comme des pièces de rapport. Ces modèles sont recouverts d'un enduit de suif fondu avec de l'huile de pavot ou de la cire; on y applique les couches de terre comme on le fait pour les chapes ordinaires faites sur fausses pièces, en ayant soin de conserver toutes les séparations nécessaires, la facilité du démoulage. On démoule après la parfaite dessiccation de toutes les épaisseurs.

Ces procédés donnent rarement d'aussi beaux produits que le moulage en sable, mais ils sont souvent indispensables pour éviter la dépense considérable des châssis, alors qu'il faut employer des moules excessivement solides.

Pour rendre plus clair ce que nous venons de dire, nous prendrons un exemple simple, celui de la fabrication d'une chaudière à sucre (fig. 997) : on établit horizontalement sur le sol une plate-forme annulaire en fonte *a b b d* (fig. 993); on appuie, au centre *c*, l'extrémité inférieure d'un arbre vertical disposé de manière à pouvoir tourner librement sur lui-même, en faisant décrire à l'arc *e f* (fig. 996) d'un pommeau de bois, une surface de révolution identique avec la sur-

face intérieure renversée de la chaudière qu'on veut mouler; la ligne *eg* du panneau est dressée de manière à décrire la surface du bord de la chaudière. On construit alors sur la partie *adbd* de la plate-forme en fonte, avec des briques posées soit à plat, soit de champ, et de la terre, une espèce de dôme *hik* (fig. 996), de 0^m,05 à 0^m,10 d'épaisseur, selon la grandeur et le poids de la pièce à mouler; la surface extérieure du dôme doit être distante partout de 0^m,50



au moins de la surface décrite par l'arc *ef*; avant d'élever le dôme en briques jusqu'au point *i*, on place de la houille sur le sol, dans l'intérieur, afin d'établir plus tard en ce point un foyer pour dessécher le moule. On ferme alors la voûte en ne laissant plus en *i*, autour de l'arc de révolution, qu'une très petite issue. Cette ouverture, ainsi que quelques autres que l'on ménage au-dessous des bords de la plate-forme en fonte, permettent au mouleur d'allumer le feu quand cela est nécessaire, et de le graduer de manière à dessécher peu à peu et complètement le moule, sans qu'il soit nécessaire d'y introduire de nouvelle houille.

On étend sur le dôme en briques une couche de terre de consistance pâteuse; on la tourne avec le panneau *gef*, et l'on obtient une surface raboteuse, que l'on enduit d'une couche de terre beaucoup plus molle; on tourne encore avec le panneau, et il se produit une surface lisse, sur laquelle viendra se mouler la partie extérieure de la chaudière. La ligne *eg* a tracé, dans sa révolution, une sorte d'épaulement ou rebord *m*. Le moule étant dans cet état, on allume le feu et on laisse sécher, puis on enduit, à l'aide d'un large pinceau, toute la surface extérieure avec une sorte de bouillie formée d'eau, de poussière de charbon de bois et de très peu d'argile, afin de prévenir l'adhérence, la surface déjà séchée et les couches d'argile qui vont être appliquées par-dessus. On enlève alors le panneau *gef*, et on le remplace par un autre panneau *g'e'f'* (fig. 994), dont le bord *e'f'* décrit la surface extérieure de la chaudière. On étend sur la surface *ef* une couche de terre, qui est tournée et lissée de manière à produire la surface de révolution *e'f'*, comme on avait fait pour la surface *ef*, seulement dans ce cas-ci, la ligne *e'g'* du panneau ne forme pas de nouvel épaulement et frotte légèrement sur *m*.

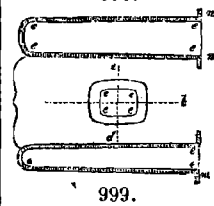
La couche de terre comprise entre les deux surfaces *ef*, *e'f'*, est une représentation exacte de la chaudière qu'on veut obtenir. Lorsque cette couche est bien séchée par la chaleur du foyer, qui continue à brûler intérieurement, on l'enduit de la bouillie dont il a déjà été fait mention. On enlève l'arbre vertical, en laissant subsister au dôme le trou par lequel il passait, ce qui

continue à favoriser la combustion du charbon placé à l'avance dans l'intérieur, puis on pose horizontalement sur les oreilles de la plate-forme *dd* (fig. 995), une nouvelle plate-forme annulaire *pq*, semblable à la première, avec cette différence qu'elle est un peu plus grande et qu'elle ne porte pas de traverse. La disposition relative de ces deux plates-formes est représentée en plan fig. 992.

On applique sur la surface *e'f'* (fig. 995) une nouvelle couche de terre de 0^m,05 d'épaisseur et dont la partie extérieure est lissée grossièrement à la main; puis, on construit sur la plate-forme *pq* une voûte en briques, dont la surface interne s'applique contre la couche de terre. Celle-ci contracte une forte adhérence avec les briques qui absorbent une partie de son humidité, tandis que l'enduit étendu sur la surface *e'f'* l'empêche de s'attacher aux couches de terre qui l'ont précédée.

On laisse sécher toute la masse en continuant le feu, dont le courant d'air est entretenu à l'aide d'une petite ouverture ménagée à la partie supérieure du nouveau dôme; puis, quand tout est convenablement sec, on repère les deux plates-formes, et on enlève *pq*, en ayant soin de la maintenir dans une position à peu près horizontale. Avec cette plate-forme s'enlève la dernière voûte en briques, et la couche de terre qui la précède. Celle-ci représente intérieurement le moule exact de la surface *e'f'*, ou de l'extérieur de la chaudière. On brise la croûte comprise entre *ef* et *e'f'*, opération qu'il est facile de faire sans endommager la surface *ef*, qui représente exactement la surface intérieure de la chaudière, ni l'épaulement *m*, qui en forme le bord. L'ouverture verticale, qui donnait passage à l'arbre de rotation, quand il était en place, et au courant d'air du foyer intérieur, est bouchée, et l'on ne conserve cette ouverture que dans la partie du moule enlevée avec *pq*; c'est par là qu'on verse la fonte lors du moulage, après avoir remplacé bien exactement, à l'aide de repères, les plates-formes l'une sur l'autre.

Il arrive souvent que certaines parties des moules sont faites en sable, et certaines autres, particulièrement les noyaux, en terre.



Comme exemple, nous prendrons une cornue à gaz (figures 998 et 999). Le noyau de la cornue doit avoir la forme *eeee*, et présenter une grande consistance, attendu qu'il ne peut être fixé au moule extérieur, lors de la coulée, que dans la partie sortant de la cornue vers *m m*. Il faut qu'il soit modelé en terre sur un cylindre ou tronc de cône creux en fonte d'environ 13^{mm} d'épaisseur, dit *lanterne*, et d'une forme différente pour chaque sorte de noyau; sa surface est criblée de trous de 10 à 12^{mm} de diamètre; il est monté, à l'aide de croisillons en fer, sur un axe aussi en fer, qui le traverse dans toute sa longueur. La fig. 1000 représente une section horizontale par l'axe du noyau :



i g h, est l'axe de la lanterne, représentée elle-même en *i k k i*, *i o*, est une espèce de rebord ou plateau perpendiculaire à l'axe, ouvert en *i i*, faisant corps avec la lanterne, et dont la circonférence *o o* présente une courbe semblable à la section du noyau faite perpendiculairement à son axe. L'axe *g h* est pesé sur deux

tourillons, et des manivelles placées à ses deux extrémités facilitent la manœuvre pendant la fabrication du noyau. On enroule sur toute la surface de la lanterne, depuis le point *k* jusqu'au collet formé par le plateau, une corde de la grosseur du doigt, faite avec du foin assez fortement tordu. On forme ainsi une ou plusieurs couches de cette sorte d'enveloppe, selon la grosseur du noyau par rapport à la lanterne; puis on étend de la terre sur le foin et on lui donne exactement la forme que doit avoir le noyau, en maintenant à la main une planche convenablement entaillée contre le plateau *o o*, et un autre plateau qu'on ajoute momentanément vers *h*, tandis qu'à l'aide des manivelles on donne un mouvement de rotation à tout l'appareil. Le foin interposé entre la lanterne et la terre, a pour effet de faciliter l'adhérence de cette terre. et de livrer passage, jusqu'aux trous qui criblent la surface de la lanterne, aux gaz qui se dégagent lors de la coulée.

Quand le noyau est achevé et qu'il a passé à l'étuve, on enlève l'axe *g h*, puis on bouche avec de la terre la petite ouverture qu'il a laissée au point *h*; en cet état, le noyau est prêt à être introduit dans le moule de la pièce.

Ce moule, exécuté en sable recuit, se compose de trois pièces, dont deux absolument semblables entre elles, sont représentées en *p q* (fig. 4001); la troisième est indiquée en *r s*, et forme le moule de l'extrémité de la cornue. Le cylindre *u u*, qui représente le moule extérieur de la cornue, est surmonté d'une partie vide également cylindrique *tt*, placée sur le même axe, et d'un diamètre précisément égal à celui du noyau, qui a une forme légèrement conique, afin de pouvoir entrer facilement dans cette ouverture *tt*, et de la boucher très exactement quand il y est introduit jusqu'au collet.

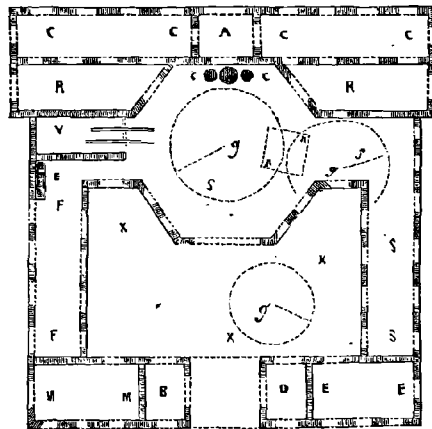
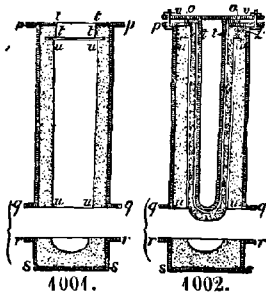
Les trois parties du moule et le noyau étant préparés, on réunit d'abord les deux pièces *p q*, et on les soutient dans une position verticale; puis on descend le noyau dans l'ouverture *tt* (fig. 4002). Quand le plateau *o o* du noyau est appuyé sur le moule, on vérifie si le bout du noyau est bien partout également distant du bord de la surface extérieure *u u*, et on s'assure qu'il ne dépasse pas trop la ligne *g g*. En cas de quelque inexactitude, on rectifie la position du noyau avec de légères cales en fer placées sous le bord du plateau *o o*; puis, à l'aide d'une croix en fonte et d'écrous *v v*, on fixe le noyau de manière à le rendre invariable. On descend tout l'appareil sur *r s*, et l'on fixe avec des boulons et écrous la surface plane *q q* sur *r r*; puis on introduit la fonte liquide, dans le moule placé debout, par une ouverture *z*, ménagée à la partie supérieure du moule.

Moulage en coquilles. Cette méthode, qui consiste à couler les pièces dans des moules en métal, a généralement pour but d'obtenir des surfaces très dures; elle ne s'emploie que rarement, et presque toujours pour les cylindres des laminoirs à tôle ou à petits fers, dont il est essentiel que la surface soit aussi dure que possible. Pour obtenir de bons cylindres trempés, il faut: faire l'épaisseur de la coquille soit égale à $\frac{1}{3}$ du diamètre du cylindre; chauffer les coquilles à 75 ou 80 degrés; introduire le métal suivant deux jets en source; donner à la masselotte environ le tiers du poids du cylindre, et choisir de bonnes fontes grises. On ne coule jamais que la table du cylindre en coquilles, le tourillon et le tréfilé sont moulés en sable séché.

De la coulée. Nous ne pouvons pas décrire ici toutes les précautions que l'on doit prendre relativement à la fonction des jets, des évents, des masselottes, avant de procéder à la coulée des moules; et cependant il est positif qu'elles exercent la plus grande influence sur le succès de l'opération. Ce sont là des détails tout à fait pratiques que l'on saisit d'un coup d'œil quand on assiste au travail d'une fonderie, mais dont il serait fastidieux et inutile de décrire toutes les nuances.

Mais disons seulement un mot des nombreux accidents auxquels sont sujettes les pièces moulées: ce sont les soufflures qui sont occasionnées par des bulles d'air, qui, n'ayant pas trouvé d'issue pour s'échapper des moules, viennent se loger à la surface des pièces; les retirures qui proviennent du tassement du métal, et qui présentent des surfaces raboteuses, entachées et souillées. Les dartres qui résultent d'un manque de cohésion dans le sable, ou d'un jet mal dirigé ou versé de trop haut; les bosses qui proviennent d'un sable mal tassé; les reprises, friasses et flons qui sont engendrées par une fonte trop froide, ou par les défauts de liaison dans le métal, etc., etc.; la rupture, ou le gauchissement des pièces par le retrait, quand les modèles sont mal combinés, etc. Ces accidents, et beaucoup d'autres que nous renonçons à décrire, sont très nombreux dans les fonderies; ils sont l'écueil du fondeur, et ils prouvent jusqu'à l'évidence le grand nombre de précautions minutieuses auxquelles il faut s'astreindre pour faire un bon travail, et obtenir de beaux produits.

Dispositions générales. D'après les détails dans lesquels nous sommes entrés sur les différents appareils employés dans les fonderies, il est assez facile d'en conclure les dispositions qui doivent faciliter l'ordre et la bonne marche d'un grand atelier; nous rapporterons cependant ici (fig. 4003) le plan d'une fonderie de deuxième fusion avec tous ses accessoires.



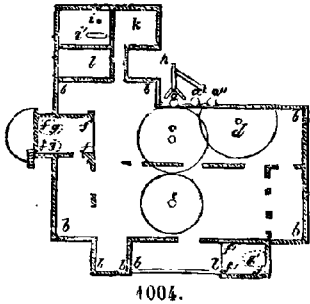
4003.

S, atelier de moulage pour la fonte de fer; F, fonderie en cuivre; E, atelier d'ébarbage et de râperie; C C, ateliers de constructions pouvant être remplacés par des magasins; A, emplacement de la soufflerie et du motenr; R, R, petites cours pour desservir les ateliers de constructions; X, grande cour de l'usine; V, étuve servant à la fois pour la fonderie de fer et pour la fonderie de cuivre; B, Bureaux; D, cage du portier; M, magasins; les bâtiments composant les deux façades de l'usine peuvent avoir un étage utile pour servir de magasins: la fonderie seule doit être un hallier éclairé par des vitraux posés sur la toiture; c₁c₂, les cubilots; e₁e₂, les fours à creusets ayant une

FONDERIE DE FER.

cheminée commune avec celle de l'étuve; *g, g*, grues pour l'intérieur; *g*, grue de chargement; *n, n*, fosse pour le moulage.

Comme on ne saurait trop insister sur les dispositions d'ensemble des usines, nous donnons encore (fig. 1004), d'après M. de Saint-Léger, le plan de la fonderie de 2^e fusion de MM. Martin et C^e à Rouen :



a, a', a', cubilots; *bbbb*, ateliers de moulage, dont le sol est formé, sur un mètre d'épaisseur, de sable et de charbon en poudre ayant déjà servi au moulage, susceptible de se tasser de manière à

former un terrain ferme, et pouvant être facilement remué pour enterrer au besoin les moules, quand cela est nécessaire pour la coulée. Il existe, en outre, plusieurs fosses cylindriques de 5 à 7^m de profondeur, situées dans le voisinage des fourneaux. Elles sont revêtues en maçonnerie et sont habituellement remplies de sable; on les vide pour y placer les moules des pièces considérables, de manière que leur niveau supérieur se trouve toujours au-dessous de l'orifice des fourneaux par où se fait la coulée. Ces moules et les poches pleines de fonte sont enlevés à bras d'homme, quand leur poids est faible, et, dans le cas contraire, à l'aide de grues, dont les arbres de rotation sont placés en *c, d, e*, et qui se correspondent de manière à ce qu'on puisse transporter à volonté, sur un point quelconque de l'intérieur des trois cercles ponctués tracés sur la fig. 1004 des points *c, d, e*, comme centres, des masses dont le poids peut s'élever jusqu'à 5,000^k. *ff*, sécherie desservie par les deux fours à coke *g, g*; *f, f*, sécherie supplémentaire desservie par un four à coke supplémentaire *g'*; *h*, machine soufflante (ventilateur); *i*, machine à vapeur qui dessert le ventilateur, le manège de l'atelier *k* et des moulins à charbon; *i'*, chaudière de la machine à vapeur; *k*, atelier de préparation des matériaux servant à fabriquer les moules; *l*, petit magasin pour les modèles.

Les matières premières en approvisionnement sont placées sous des hangards ou à l'air libre, autour de la fonderie proprement dite, près de laquelle se trouvent encore une petite forge, un atelier de menuiserie et un atelier pour ébarber les pièces.

Une pareille usine occupe en tout un carré de terrain de 75^m de côté, et peut produire annuellement, en fondant une fois par jour, de 7,500 à 8,000 quint. métr. de fonte moulée de seconde fusion, en employant environ cent ouvriers.

Telles sont les données générales que nous avons cru devoir présenter sur l'art du fondeur; la nature même du sujet excluait certains détails qu'il ne nous serait possible de faire apprécier convenablement que dans un traité complet (1).

A. BARRAULT.

FONDERIE DE CUIVRE ET DE BRONZE. Le moulage des pièces en cuivre ou en bronze peut s'exécuter par les mêmes procédés que celui des objets en fonte; mais on emploie plus généralement le moulage en sable d'étuve, parce qu'il fournit des résultats plus convenables sous le rapport de la netteté et de la qualité. Le cuivre rouge fondu devient peu liquide, monte

FONDERIE DE CUIVRE.

dans les moules, et n'est pour ainsi dire jamais employé dans la fonderie; la facilité avec laquelle ce métal se travaille au rouge et même à froid, permet d'éviter le moulage d'un grand nombre d'objets, qu'il est d'ailleurs plus convenable de forger, parce qu'on les obtient plus denses et par suite d'une plus grande ténacité. Lorsqu'au contraire, le cuivre est allié à une certaine proportion d'étain ou de zinc, de manière à constituer les bronzes et les laiton, il devient extrêmement liquide par la fusion, et particulièrement propre au moulage.

Nous avons déjà donné un exemple du moulage du bronze, en parlant de la fabrication des bouches à feu; nous en donnerons encore un autre, en disant quelques mots sur les fonderies de cloches.

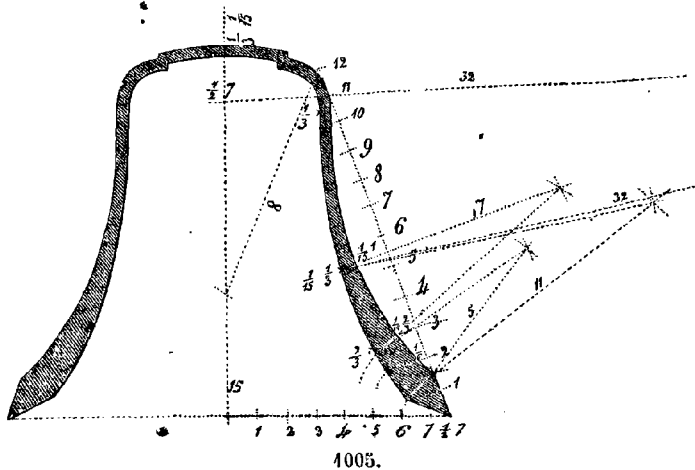
Le métal des cloches est un alliage composé d'environ 78 p. 100 de cuivre et 22 d'étain; mais sa composition n'est pas et ne peut être constante, même dans la même pièce.

Le tracé des cloches repose sur une base déterminée, dite échelle campanaire, bâton de Jacob, et plus connu sous le nom de brochette, qui a été dictée par l'expérience et se transmet de génération en génération dans les familles des fondeurs. Elle repose sur certaines proportions qui, à l'instar des modules en architecture, servent à régler et à faire harmoniser entre elles les diverses parties des cloches. Le bord, ou autrement dit la plus forte épaisseur de la cloche, constitue le principe de toute la mesure; c'est le point de départ qui détermine toutes les autres dimensions. La brochette qui est une échelle composée de plusieurs lignes horizontales venant s'appuyer sur un trait vertical, donne, au moyen de points placés à des distances convenues, l'épaisseur du bord, suivant le poids des cloches. Le tableau qui suit, et que nous empruntons à l'ouvrage de M. Guettier sur la fonderie, donne l'épaisseur du bord, et le diamètre des cloches, depuis un poids de 3^k jusqu'à un poids de 12000^k; ce n'est du reste, qu'une brochette présentée sous la forme de tableau et exprimée en mesures métriques.

POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.		POIDS des cloches	ÉPAISSEUR du bord.	
	kilogr.	m.		kilogr.	m.
3	0,008	0,120	750	0,074	1,410
4	0,011	0,165	1000	0,081	1,215
5	0,013	0,185	1250	0,087	1,305
6	0,015	0,225	1500	0,093	1,395
10	0,019	0,285	1750	0,098	1,470
15	0,021	0,315	2000	0,103	1,545
20	0,022	0,330	2250	0,108	1,620
25	0,023	0,345	2500	0,110	1,650
30	0,025	0,375	2750	0,114	1,710
35	0,027	0,405	3000	0,117	1,755
40	0,028	0,420	3500	0,123	1,845
45	0,029	0,435	4000	0,128	1,920
50	0,030	0,450	4500	0,134	2,010
75	0,034	0,510	5000	0,137	2,055
100	0,037	0,555	5500	0,141	2,115
125	0,040	0,600	6000	0,146	2,190
150	0,043	0,645	6500	0,150	2,250
175	0,045	0,675	7000	0,154	2,310
200	0,047	0,705	7500	0,158	2,370
250	0,050	0,750	8000	0,160	2,400
300	0,055	0,825	8500	0,164	2,460
350	0,058	0,870	9000	0,168	2,520
400	0,060	0,900	9500	0,170	2,550
450	0,063	0,945	10000	0,173	2,595
500	0,065	0,975	11000	0,181	2,715
600	0,068	1,020	12000	0,190	2,850

(1) Voir l'intéressant ouvrage de M. Guettier sur la Fonderie et son application, auquel nous avons été heureux de pouvoir emprunter de nombreuses indications.

Plusieurs méthodes sont en usage pour le tracé des cloches; la plus suivie est celle qui donne 15 bords au grand diamètre, 7 bords 1/2 au diamètre du cerveau, 12 bords à la ligne qui joint l'arête inférieure de la cloche à la naissance du couronnement du cerveau, et enfin 32 bords au plus au grand rayon qui sert à tracer le profil de la partie supérieure de la cloche proprement dite. La fig. 4005, où toutes les lignes de con-



struction sont cotées en nombres, la dimension du bord étant prise pour unité, suffira pour indiquer le tracé à suivre dans le cas d'une cloche de dimensions quelconques.

Quant aux dimensions à donner aux diverses cloches d'un même carillon ou d'une même volée, on admet, conformément aux lois de l'acoustique, que le nombre de vibrations de la cloche est en raison inverse de son diamètre, ou de la racine cubique de son poids; de sorte que pour une série de cloches qui formeraient une octave complète, les diamètres iraient en augmentant avec la gravité des sons et seraient entre eux :

pour ut, ré, mi, fa, sol, la, si, ut;
comme 4, 8/3, 4/3, 3/1, 2/3, 3/5, 8/15, 4/2.

Le tracé des anses, représenté fig. 4006, est plus simple que celui des cloches. Les modèles d'anses se font en plâtre, en bois ou en terre cuite, et on a soin d'y conserver des divisions comme aa, cc, pour aider au démoulage. Après avoir enduit ces modèles d'une couche de cire et de suif mêlés, on les recouvre de plusieurs épaisseurs de terre fine; on fait sécher le moule avant de retirer les modèles, on le ragré, on place les coulées qui sont habituellement disposées sur le point le plus élevé; enfin on le recouvre d'une couche de cendres délayées dans du lait ou de l'urine et on le fait recuire.

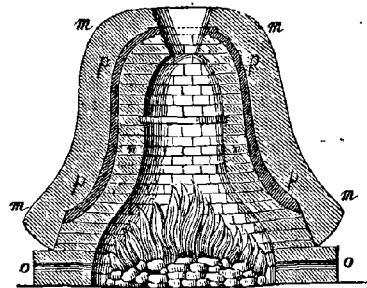
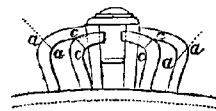
Les cloches sont ordinairement moulées dans la fosse où on les coule, et sur une base qui ne subit pas de déplacement. Ce moulage diffère peu du moulage en terre décrit avec détails dans l'article précédent (FONDERIE DE FER). Il consiste dans la confection d'un noyau en briques et d'une chape en terre, entre lesquelles est placée une épaisseur postiche de terre qu'on appelle la fausse-cloche, et qui est séparée des autres parties du moule par des couches de cendres ou de noir qui l'empêchent d'y adhérer et facilitent par suite le démoulage; c'est sur la fausse-cloche qui occupe provisoirement la place du métal, que les fondeurs disposent les cordons, les ornements, et les inscriptions dont les cloches sont habituellement recouvertes. Ce travail s'exécute au moyen d'empreintes en cire très fusible et en même

temps tenace, que l'on obtient en faisant fondre à un feu doux, puis filtrant sur un tissu de laine, un mélange de 0,80 de cire, 0,13 de poix blanche, 0,04 de graisse et 0,03 d'huile de pavot.

La beauté des cloches dépend beaucoup de la qualité de la terre ou potée qui sert à garnir les empreintes en contact avec le métal; cette potée se compose ordinairement de terre très fine à laquelle on ajoute environ 1/4 de fiente de vache. On a l'habitude de la préparer longtemps à l'avance, afin qu'elle puisse éprouver une sorte de fermentation, ce qui la rend beaucoup meilleure. La terre qui doit composer la chape est préparée à peu près de la même manière; seulement on remplace la fiente de vache par du crotin de cheval ou par de la bourre hachée.

On pourra juger, par l'examen de la fig. 4007, de l'ensemble d'un moule de cloche: ce moule est achevé, en plein séchage, et tout prêt pour le démoulage. *nn*, est le noyau au milieu duquel on brûle le combustible qui reçoit de l'air par les soupirans *o, o*; *mm*, est la chape, et *ppp*, la fausse-cloche qu'on devra enlever et casser après que la chape sera démoulée. Le travail

4006.



4007.

qui reste à faire dans l'état où se trouve la fig. 4007, consiste donc à ragréer la chape et la surface du noyau après l'enlèvement de la fausse-cloche, à les recouvrir d'une couche de cendres délayées dans du lait ou de l'urine, à placer sur la chape le moule des anses et le bassin de coulée qui fait corps avec celui-ci, à garnir le fond encore ouvert du noyau d'un bouchon de terre dans lequel est scellé l'anneau qui doit supporter le battant; enfin à remouler et à enterrer le moule, après toutefois s'être assuré que la dessiccation est complète.

FONDERIE DE ZINC.

Le poids du battant est d'environ $1/20^e$ de celui de la cloche; il est proportionnellement un peu plus faible pour les fortes cloches.

P. DEBETTE.

FONDERIE DE ZINC. Il n'y a que peu d'années que l'art de couler en zinc a été importé en France, et cet art n'a pas encore l'importance qu'il pourra prendre un jour. Quatre ou cinq établissements seulement à Paris s'occupent de fonder le zinc pour faire ce qu'on appelle de *faux bronzes*; ils fabriquent plus généralement les menus objets; leurs plus grandes pièces sont des chandeliers, des lustres ou des faux bronzes de pendules. Le zinc que les fabricants emploient de préférence est celui qui provient de Silésie; ils disent qu'ils peuvent également se servir de celui de la Vieille-Montagne, mais que le zinc de cette localité se coule moins facilement et prend moins nettement la forme du moule. Ils ne coulent en sable que les pièces un peu plus considérables, telles que celles qui servent aux pendules, et ils opèrent alors comme les fondeurs en métaux ordinaires. Généralement leurs moules sont en fer; ils les placent verticalement, prennent dans le creuset le métal avec une cuillère, le versent, laissent refroidir quelques instants, et l'opération est achevée. Lorsque les pièces qu'ils veulent obtenir sont destinées à offrir une certaine résistance, comme par exemple les branches d'un lustre, qui offrent peu d'épaisseur et qui seraient susceptibles de fléchir, ils les renforcent en mettant dans le moule un fil de fer de 4 à 8 millimètres de diamètre, dont le but est de faire charpente; ils coulent ensuite le zinc fondu qui entoure de toutes parts cette tige interne et y adhère fortement.

Dans toute la Prusse, et surtout à Berlin, l'art du fondeur en zinc a pris une extension qui laisse bien loin en arrière toute la fabrication française en ce genre. On coule en zinc des statues de grandeur colossale, des vases, des ornements d'architecture de toute espèce, à tel point que pour décorer la plupart des édifices publics nouveaux, églises, théâtres, bibliothèques, palais, on ne se sert plus que d'ornements en zinc, revêtus d'un vernis particulier. Ainsi nous avons vu à Berlin, dans la fonderie de M. Geiss, qui est le principal fondeur en zinc de l'Allemagne, un fronton de dimension très considérable pour le théâtre de Hambourg, et plusieurs statues, orniches et entablements pour le grand opéra de Berlin, qu'on a terminé à la fin de 1844. Il est d'usage, dans l'Allemagne du nord, de couronner la plupart des édifices par des statues. Jusqu'à ces dernières années, on employait pour cet objet des statues de pierre qui, comme on le sait, résistent difficilement aux injures du temps; on paraît disposé maintenant à remplacer partout ces dernières par des statues de zinc qui offrent une résistance suffisante, sont à bien meilleur marché, et ne chargent pas les murs autant que des statues en bronze ou même en fonte.

Le zinc dont on se sert en Allemagne est celui de Silésie; on prétend qu'il est bien meilleur que celui de toute autre provenance. Il est vrai qu'il donne une masse bien continue, ne présentant point de pores comme fait celui de la Vieille-Montagne, par exemple. Nous croyons que le secret de cette juste préférence qu'on lui accorde réside bien plutôt dans la double fusion qu'il a subie, que dans une composition particulière, quoiqu'il soit vrai que le zinc de Silésie soit un alliage et non pas un métal pur (voir pour plus amples explications l'article ZINC). Les fondeurs allemands font tous leurs moules en sable fin mélangé de charbon en poudre tamisé. Ils ont soin de disposer leurs foyers de telle sorte que la température ne puisse pas trop s'y élever, et se tiennent à peu près constamment au rouge obscur, à cause de la facile volatilité du zinc. Sa prompte fusibilité qui commence à la température de 360°, rend son emploi très commode pour le coulage; on le fond dans des creusets faits moitié d'argile cuite

FONDERIE EN CARACTÈRES.

moitié d'argile crue, semblables à ceux qu'on emploie dans la métallurgie de ce métal.

BARRAT.

FONDERIE EN CARACTÈRES. Depuis Fournier jeune, c'est-à-dire depuis près d'un siècle, les procédés de la fonderie en caractères n'ont pas été décrits, et pourtant, si les principes sont restés les mêmes, bien des idées ingénieuses sont venues trouver leur place dans cette industrie. Nous espérons donc qu'on nous saura gré d'en décrire les procédés un peu longuement, eu égard au cadre de cet ouvrage, et qu'on pourra trouver quelque intérêt à leur exposition, qu'on cherche, ait inutilement ailleurs.

La fonderie en caractères n'est pas d'ailleurs seulement une partie de ce grand art de la typographie, la découverte la plus merveilleuse des temps modernes, elle doit aussi être considérée comme une branche de l'art de la fonderie, le procédé le plus parfait et le plus économique de donner à un corps une forme voulue.

Toutes les fois qu'il s'agit industriellement de faire un corps semblable à un autre, c'est par les procédés de moulage, puis par ceux de fonte ou de coulage, qu'on parvient à l'obtenir économiquement. Dans ces procédés en général (et toujours dans le cas de corps résistants, comme les alliages métalliques, le seul dont nous voulions parler), le moule est fait en terre, en sable, etc., doit être reproduit pour chaque exemplaire qu'il s'agit d'obtenir, et la pièce métallique, fondue à une haute température, doit être réparée, ébarbée, soumise enfin à des façons mécaniques pour être amenée à l'état voulu.

Quand il s'agit de multiplier un objet un très grand nombre de fois, les frais du moule, de réparation pour chaque exemplaire doivent être diminués autant que possible, et la perfection consisterait à pouvoir se servir toujours du même moule et à éviter toute réparation. C'est ce but qu'atteignent les procédés de fonderie en caractères, qui, à cet égard, doivent trouver de nombreuses applications toutes les fois que les pièces peuvent être faites en alliages d'une résistance médiocre. Déjà pour les garnitures dans les métiers à filer le coton, pour les moulins à dévider la soie, pour les assemblages des tuyaux de tôle (voyez TUYAUX CHAMEROT), etc., on a utilisé avec avantage les procédés de la fonderie en caractères. On a d'ailleurs jugé trop peu considérable la résistance des alliages qu'il était possible de mouler par ces procédés, et nous relaterons avec soin les résultats qui ont été obtenus en opérant avec des alliages d'assez grande résistance.

§ 1. CONDITIONS QUE DOIVENT REMPLIR LES CARACTÈRES D'IMPRIMERIE.

Du mode de composition et de tirage qui constitue l'IMPRIMERIE, on déduit facilement les conditions auxquelles doit satisfaire la fabrication des caractères. Chacun sait que ceux-ci sont de petits parallépipèdes métalliques portant à l'une de leurs extrémités l'œil de la lettre, que l'on réunit pour former les mots, les pages, etc.

La première condition, dont il n'est pas besoin de parler, c'est que l'œil de la lettre représente avec pureté la forme voulue, et que son relief soit suffisant pour qu'elle laisse seule son empreinte sur le papier.

2° Il faut que tous les caractères avec lesquels on compose une page aient tous une dimension constante, celle dans le sens de la longueur de la lettre, ce qu'on appelle la force de corps. Si les lettres sont toujours à la même hauteur sur le corps, les parties inférieures des lettres placées l'une près l'autre seront toujours sur la même ligne, ce qui est indispensable pour la lecture, et de plus la surface des tiges étant plane à cause de leur égalité, une ligne viendra s'appliquer sur toute autre sans laisser de vide.

3° Il faut que toutes les lettres soient également distantes entr'elles, et que la séparation ne soit plus grande, que pour distinguer les mots entr'eux. C'est par cette condition essentielle qu'est déterminée l'épaisseur des tiges qui portent les différentes lettres, comme nous le verrons plus loin. Il faut enfin que les quatre surfaces soient parfaitement d'équerre entr'elles, autrement la lettre qui est fondue de manière que ses traits soient perpendiculaires à la dimension constante, tourne avec la tige de la lettre, et elle se trouvera pencher. L'égalité parfaite sur toute la hauteur dans tous les sens est de plus nécessaire pour qu'on puisse, en serrant une page composée, n'en faire qu'un seul tout, aisément maniable.

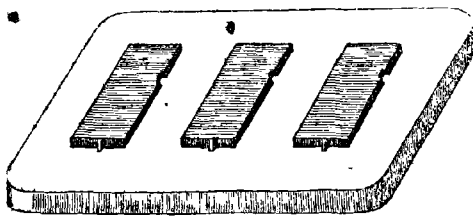
4° La hauteur de toutes les lettres doit être identiquement la même. Il n'est pas besoin d'insister sur cette condition, puisque s'il y avait des inégalités, quelques-unes des lettres perceraient le papier à l'impression, tandis que d'autres ne marqueraient pas.

En un mot, l'œil doit être pur et avoir un relief suffisant ; les tiges doivent être parfaitement droites, les faces d'équerre entre elles ; les épaisseurs en tous sens, depuis le haut jusqu'en bas, parfaitement les mêmes ; enfin la hauteur toujours identique.

Ces conditions, qu'il est nécessaire de remplir avec une rigoureuse exactitude, doivent faire sentir tout le travail qu'entraînerait le besoin d'une aussi grande précision s'il fallait dresser chaque lettre par un travail mécanique. Au lieu de cela, par une admirable application d'un moyen de reproduction, c'est sur un moule qu'on a reporté le travail mécanique, et celui-ci, une fois bien dressé, permet de fondre des milliers de lettres remplissant toutes les conditions voulues. Le travail du mécanicien se trouve reproduit à l'infini, comme l'est celui du graveur (voyez GRAVEUR EN TYPOGRAPHIE), et doit, comme celui-ci, être extrêmement soigné, à cause de la grande reproduction de ses défauts ou de sa perfection.

Le premier principe d'un fondeur doit être que la lettre doit sortir parfaite du moule, et ne regarder les opérations qui suivent la fonte que comme des accessoires nécessaires, mais non comme des correctifs de la fonte. Sans doute, dans un travail de fabrique, on est souvent forcé de réparer aussi bien que possible les défauts de la fonte, mais ce n'est jamais qu'aux dépens de la perfection de la fabrication.

Le principal outil qui sert pour la vérification des lettres est celui représenté (fig. 4008), qui consiste en un



4008.

marbre, petite surface parfaitement plate de verre déposé sur laquelle on place trois lettres. Supposons qu'il s'agisse de vérifier la régularité de l'épaisseur ; on les place dans le même sens, puis au moyen d'une petite règle d'acier dite *jeton*, appliquée sur leur surface, on voit si la surface des trois lettres est bien parallèle à celle du marbre. Si le jeton ne porte que sur la même arête, il y a plus d'épaisseur de ce côté, le moule est

de carne. Si l'épaisseur dans ce sens est bonne pour la vérifier encore dans le sens de la hauteur on pose le jeton vers une des extrémités après avoir retourné une des lettres. Le défaut se trouve doublé par cette action de *retournement*, et devient plus appréciable. On vérifie de la même manière la force de corps avec une grande exactitude, bien moindre toutefois que celle qu'on peut obtenir par la méthode de *répétition*. (Voir plus loin le *ty-pomètre*, qui sert aussi d'étalon pour vérifier la hauteur.)

§ 2. MÉTAL PROPRE À LA FABRICATION DES CARACTÈRES.

Le métal qui doit servir à la fabrication des caractères d'imprimerie doit remplir les diverses conditions qui suivent :

1° Il doit être très propre au moulage, afin que l'on puisse reproduire par la fonte les traits les plus fins. Il faut pour cela que le métal n'ait pas une force de cristallisation trop grande, qui tende à lui faire prendre des formes cristallines, au lieu de se solidifier par le contact des surfaces plus froides qu'il vient toucher.

2° Il doit être d'une fusion facile pour qu'on puisse le tenir fondu dans le fourneau de fondeur, dans lequel il faut pour le travail que la surface du métal soit exposée à l'air, ce qui cause de grandes pertes de chaleur. Il faut aussi que l'oxydation soit assez lente pour que l'ouvrier n'ait pas besoin d'écumer son *causet* à chaque instant, ce qui entraîne un déchet considérable et une grande perte de temps ; cette condition peut même rendre le travail impossible, comme nous le dirons plus bas, en parlant de l'essai qui a été tenté d'employer le zinc.

3° Le prix du métal qui forme la base des caractères doit être peu élevé pour ne pas trop élever la valeur du matériel des imprimeries.

4° Enfin il doit être assez dur pour que l'œil de la lettre, surtout dans les parties les plus fines ; ne s'écrase pas à l'impression ; il ne doit pourtant pas être trop dur parce que les opérations qui suivent la fonte de la lettre deviendraient très lentes et par conséquent très coûteuses.

De ces conditions il résulte que c'est toujours le plomb qui a été la base des caractères d'imprimerie. Le zinc seul pourrait le disputer comme métal aisément fusible et peu coûteux, mais il est beaucoup moins liquide, il est pâteux jusqu'au rouge ; alors il devient très liquide, mais est, dans cet état, tellement oxydable, qu'il s'enflamme. À la température de nos fourneaux quelques centièmes de zinc suffisent pour rendre le travail impossible. L'ouvrier, au lieu de puiser avec sa cuillère une gouttelette ronde, n'obtient qu'une masse pâteuse adhérente aux bords de la cuillère par une pellicule blanche d'oxyde, qui empêche le métal de quitter instantanément la cuillère et de remplir aussitôt le moule, ce qui rend presque impossible l'emploi d'alliages contenant de faibles quantités de zinc.

Le plomb seul est bien trop mou pour être employé à fabriquer des caractères qui doivent supporter l'effort de la presse, il faut le durcir en l'alliant à un métal cassant. Autrefois chaque fondeur avait sa recette pour durcir le plomb. On fondait du potin (laiton fort impur) et quelquefois du fer, avec du sulfure d'antimoine (la mine d'antimoine débarrassée de la gangue par une première fusion). Dans cette opération, il se faisait un affinage du sulfure d'antimoine par le fer et le cuivre ; mais après la fonte, il fallait enlever une croûte énorme qui se formait à la surface, ce qui donnait quelquefois un déchet de 1/5°. De plus, tant à cause du sulfure qui s'était dissous dans la masse de plomb, que parce qu'on n'agissait pas par proportions fixes, on n'était jamais sûr du résultat ; le métal était toujours gras et peu fluide. Aussi a-t-on abandonné ce mode de préparation du moment qu'on se mit à pré-

parer l'antimoine pur. C'est à Fourmier jeune que l'industrie est redevable de la création de la première fabrique d'antimoine. Depuis cette époque, on s'est arrêté à un alliage de plomb et d'antimoine donnant toujours les mêmes résultats pour les mêmes proportions, et variant de 40 à 30 d'antimoine pour 100 de plomb, suivant le degré de dureté qu'on voulait donner au métal.

L'alliage d'antimoine et de plomb remplit toutes les conditions exigées. Il participe d'autant plus de la nature de l'antimoine qu'on fait entrer celui-ci en plus grande proportion, et devient aussi cassant que l'on veut. Il offre (tant que les proportions d'antimoine ne dépassent pas 45 p. 100 environ) la propriété essentielle de se gonfler par la solidification, condition la plus avantageuse pour le moulage. Il est bien liquide et l'alliage à 45 p. 100 est plus fusible que chacun des deux métaux qui le composent.

Il est un autre métal qui jouit au plus haut degré de la propriété de rendre cassants les métaux auxquels il est allié et qui est moins coûteux que l'antimoine : c'est l'arsenic. Il ne peut pourtant pas le remplacer ; car, outre l'inconvénient des vapeurs arsenicales, qui ne permet pas d'y songer, l'ouvrier aurait infiniment plus de peine à fondre les lettres à cause de la force de cristallisation de l'arsenic qui tend à faire rondir les fins. L'effet de l'arsenic est sous ce rapport tout différent de celui de l'antimoine, ainsi dans la fabrication des plombs de chasse faits avec des plombs arseniés, quand ceux-ci se trouvent alliés avec de l'antimoine ils ne peuvent plus former aussi aisément un noyau cristallin et font la queue.

Nous avons vu qu'au moyen de l'antimoine on pouvait donner à l'alliage le degré d'airé qu'on désirait, mais en donnant ainsi beaucoup de dureté on forme une matière vitreuse qui a peu de résistance, aussi les traits délicats sont-ils promptement abattus par l'effort de la presse, ou le lavage de la forme. On a donc cherché à augmenter cette résistance et on y est arrivé assez heureusement en ajoutant à l'alliage 6 à 8 p. 100 d'étain. Une plus forte proportion d'étain est presque inutile, parce que celui-ci étant plus léger est presque de suite oxydé, et qu'il n'y a vraiment d'utile que la partie retenue dans la masse par l'affinité de l'alliage, partie qui ne dépasse pas la proportion que nous venons d'indiquer. L'étain augmente la résistance absolue de l'alliage et donne un produit très satisfaisant. Mais l'effet est assez limité par la raison que nous avons donnée plus haut, et par la tendance de l'alliage d'étain et d'antimoine à cristalliser et à donner une matière encore trop cassante.

Il était pourtant avantageux de faire des caractères plus résistants. M. Didot, pour son système de Stéréotypie, avait fondu en matière dure, c'est-à-dire en introduisant du cuivre dans l'alliage 4 p. 100 de cuivre, et 9 p. 100 d'étain sur 100 d'alliage ; l'emploi de ces caractères, avantageux pour les imprimeurs, a pourtant été abandonné à cause de leur prix élevé, résultant des difficultés de leur fabrication.

Cependant l'emploi des mécaniques et les grands tirages des journaux rendaient désirable une amélioration notable dans la résistance de la matière. Nous nous sommes efforcés de la réaliser, et, pour cela, reprenant la voie tracée par M. Didot, nous sommes arrivés, dès 1837, à des résultats très satisfaisants en faisant entrer environ 4 p. 100 de cuivre et 6 p. 100 d'étain dans 100 parties de métal à caractères.

Mais pourquoi s'est-on borné à l'emploi de proportions peu considérables de l'alliage d'étain et de cuivre ? On peut en indiquer plusieurs raisons :

1^o L'augmentation considérable de prix des caractères, qui résulterait de l'emploi de métaux beaucoup plus chers que le plomb (ou ne tenant pas compte de la

moindre densité, qui fait qu'il existe un plus grand nombre de lettres dans un kilogramme) ;

2^o La moindre fusibilité de l'alliage qui rend le travail beaucoup plus difficile : c'était là la principale cause du prix élevé de la matière dure chez MM. Firmin Didot. Il était très difficile, dans les fourneaux chauffés au bois, de maintenir le métal dans un état de liquidité convenable ; tellement que son introduction dans la fabrication courante n'est devenue possible que du jour où un autre perfectionnement, le chauffage des fourneaux de fonderie au moyen du coke ou de la houille, est venu en élever la température moyenne. Mais alors la rapidité de l'oxydation croit rapidement pour les métaux plus légers que le plomb, et la composition moyenne des lettres d'une fonte se trouve bien différente de celle du lingot. Aussi doit-on peu se fier aux échantillons que montrent souvent des inventeurs, qui exhibent quelques lettres auxquelles doit ressembler la fonte future, ce qui ne saurait être. Ces échantillons ont d'ailleurs toujours l'inconvénient que nous indiquons ci-après ;

3^o L'alliage d'étain et de cuivre cristallise avec une grande facilité. Il suit de là qu'il ne peut être ajouté à l'alliage d'antimoine et de plomb en proportion un peu considérable, sans accroître aussi sa fragilité. Des caractères composés seulement de cuivre, étain et antimoine, ne sont qu'un produit très défectueux. La dureté en est fort grande, mais il suffit de tâter les traits avec l'ongle pour les casser ; et de semblables caractères, dont le prix serait fort élevé, gâraient dès le second jour de leur emploi l'aspect de caractères usés.

Un autre alliage a été depuis quelque temps essayé avec succès ; il n'a pas l'inconvénient que nous venons de signaler, il est peu cristallisable. C'est un alliage d'étain avec une petite quantité de fer.

Les caractères fabriqués, en remplaçant dans l'alliage total qui constitue le métal à caractères une forte proportion de plomb par l'alliage d'étain et de fer, offrent réellement une très grande résistance et sont tout à fait convenables pour les grands tirages. Leur prix est sans doute plus élevé que celui des caractères ordinaires, mais à l'emploi ils se trouvent en réalité moins coûteux, comme il arrive pour tous les outils dont on ne peut prolonger la durée même avec un prix d'achat plus élevé.

Disons toutefois que ces caractères, très propres aux journaux, conviennent moins pour les labours et les impressions soignées. La température plus élevée de la fonte et la plus grande difficulté de faire aucune réparation, comme nous allons le dire pour un autre essai, rendent très difficile d'obtenir des fontes très parfaites en même temps que très résistantes.

Essai de M. Colson. Nous venons d'exposer les principaux résultats des essais tentés pour améliorer le métal servant habituellement ; la dureté des caractères en est modifiée d'une manière avantageuse, mais dans des limites assez bornées pour que les façons secondaires qui succèdent à la fonte n'en soient pas sensiblement modifiées, et que, par suite, le prix des caractères n'en soit pas beaucoup augmenté.

Il est clair, en effet, que si cette plus grande dureté entraînait de nouvelles façons fort coûteuses, l'avantage que l'on recherche pourrait se trouver annulé, et que l'emploi de caractères fort résistants, mais fort chers, pourrait devenir bien moins avantageux que celui de caractères beaucoup moins résistants, mais beaucoup moins coûteux.

Tel est l'écueil auquel est venu échouer M. Colson, de Clermont-Ferrand, dans une tentative fort intéressante, pour le succès de laquelle il a vainement prodigué de grandes sommes d'argent et toutes les ressources que pouvait suggérer un esprit inventif, exercé à toutes les difficultés de la profession.

On connaît depuis longtemps, dans l'industrie, un alliage fort remarquable, et sur lequel M. Kœchlin de Mulhouse a attiré l'attention : c'est l'alliage de zinc et d'étain. Cet alliage, notamment celui composé de parties égales des deux métaux, jouit de la propriété d'être extrêmement liquide à une température de 460 degrés environ, et en outre d'être d'une dureté telle que les lettres fondues avec cet alliage, et dont l'apparition fit sensation à l'exposition de 1839, pouvaient être enfoncées à coups de marteau dans le cuivre rouge, sans être écrasées. Le jury ne voulut pas néanmoins couronner cette invention nouvelle avant que l'expérience n'eût prononcé, et il fit sagement, car s'il était facile de fabriquer ainsi quelques échantillons, on ne put arriver à organiser une fabrication courante. L'établissement fondé dans ce but a cessé ses essais et a tout au plus tenté d'utiliser les frais d'annonces qu'il avait faits, pour vendre quelques fontes en matière dure, semblable à celles qu'emploient plusieurs fonderies de Paris.

Nous nous contenterons de résumer les principaux obstacles que cette fabrication a rencontrés, et qui l'ont fait échouer.

1^o Une oxydation considérable à la surface, qui transformait le métal fondu en une masse spongieuse, d'où résultait une grande difficulté de fondre pour l'ouvrier forcé de puiser en même temps l'alliage et l'oxyde formé. En outre, cette oxydation causait un déchet énorme, vu la difficulté de revivifier le métal sans pertes considérables des deux métaux, à cause de la volatilité du zinc.

2^o L'action du zinc sur le moule en fer, qui se trouvait rouge, ce qui, par suite, devait donner lieu à des réparations considérables, aux secondes façons que la lettre devait subir.

3^o La piqûre et la destruction rapide des matrices par l'action du zinc; inconvénient énorme.

4^o L'impossibilité de l'apprêt au couteau, à cause de la dureté des lettres. Or, nous venons de voir que la fonte était bien plus défectueuse que dans le cas ordinaire, et pourtant dans ce cas, sans l'apprêt, les fontes seraient fort imparfaites. Là surtout a été l'écueil, et il n'était pas possible de songer à faire cette opération lettre à lettre; outre le prix d'une semblable façon, il serait impossible de rien obtenir ainsi de régulier.

Nous pensons qu'il est inutile d'insister davantage sur cet essai, et que l'on reconnaîtra facilement que l'on avait dépassé le but qu'on doit se proposer dans l'amélioration du métal à caractères, la première condition devant être de pouvoir fabriquer toujours par les procédés habituels de la fonderie, qui permettent de créer avec tant d'économie des produits d'une précision mathématique.

Tous les inconvénients que nous venons d'énumérer se retrouveraient si on tentait d'employer l'alliage de zinc et de fer qui a été proposé par M. Sorel, l'ingénieur inventeur de la galvanisation du fer. Disons seulement que si le moyen d'introduire le zinc dans le métal à caractères était trouvé, il se rencontrerait un nouvel obstacle à son usage dans l'imprimerie, dans l'action qu'exerce sur ce métal la potasse qui sert au lessivage des formes, pour enlever l'encre après le tirage.

Concluons donc que tous ces essais fort curieux n'ont pas d'importance véritable pour la fonte des caractères d'imprimerie. Mais il n'en est pas de même quand les caractères doivent servir isolés ou entrer dans des compositions de peu d'étendue, et que, par suite, il n'est plus nécessaire d'obtenir le même degré de précision dans les dimensions de la lettre. On peut alors obtenir des caractères extrêmement durs. Les mêmes essais ont une importance réelle quand il s'agit d'appliquer les procédés de la fonderie en caractères à des objets ayant d'autres emplois que les caractères.

Caractères pour relieurs et doreurs. La plus ingénieuse

application qui ait été faite en ce genre est celle qui a été réalisée pour la première fois par M. Petibon. Autrement toutes les lettres servant à la dorure, et qui doivent être chauffées pour cet usage (néanmoins les Allemands emploient les caractères d'imprimerie qu'ils chauffent seulement à l'eau bouillante), étaient gravées sur cuivre. Un graveur, M. Duhaudertz, réalisa de grands bénéfices en exécutant en partie ce travail par des moyens mécaniques, consistant surtout dans l'emploi du banc à tirer et du balancier sur lequel se montaient des poinçons d'acier, correspondant aux intérieurs et aux extérieurs des lettres.

Aujourd'hui on fond toutes ces lettres en cuivre jaune, avec le moule ordinaire de fonderie, auquel on n'a fait subir d'autre modification que d'allonger les jets et de supprimer l'étranglement qu'il forme pour déterminer le pied de la lettre, ce qui facilite beaucoup la fonte.

Nous ne nous étendons pas sur cette fabrication; nous dirons seulement que ces lettres sont réparées sur toutes leurs faces à la lime, et sur l'œil avec le burin. Ce fut un progrès important pour la reliure, que celui qui permit d'établir ces caractères au prix d'environ 25 francs les 400 lettres; mais on conçoit qu'outre que ces lettres ne sont pas assez régulières pour l'imprimerie, on se garderait bien de les employer à cause de leur prix trop élevé, car dans la fonderie les 400 lettres ne coûtent pas en moyenne plus de 40 centimes. Ce progrès a bien prouvé l'inutilité des recherches de quelques inventeurs qui ont tenté de fabriquer les caractères par procédés mécaniques, remplacés dans ce cas par les procédés de la fonderie, bien moins coûteux et donnant des produits plus parfaits.

§ 3. DU FOURNEAU.

Le fourneau des fondeurs en caractères consiste dans un bâti circulaire, élevé en briques ou moulé en argile d'une seule pièce, qui supporte une cuillère en fonte contenant le métal et divisée en six compartiments, ce qui permet à chaque ouvrier d'employer l'alliage le plus convenable à son genre de travail. La largeur est d'environ 50 à 60 centimètres. Six ouvriers sont rangés autour de ce fourneau circulaire; c'est la meilleure disposition qu'ait fournie l'expérience. On emploie depuis quelque temps avec succès des cuillères plus larges à 7 cases, laissant dans le centre le passage du tuyau du fourneau, disposition convenable pour le bon emploi du combustible. Le feu devant être entretenu avec une grande régularité, est alimenté au moyen de bois pelard bien sec; on évite ainsi le refroidissement causé par le dégagement de la vapeur d'eau que fournit l'humidité de l'écorce des bois, outre que celle-ci empêche toujours le bois de sécher.

Nous ne parlerons pas de la disposition de la cheminée, de sa hauteur, etc., vu que les dispositions employées généralement sont les mêmes que celles employées dans tous les cas semblables.

Nous recommandons seulement une disposition très commode et très avantageuse, employée pour la première fois, nous pensons, dans notre industrie, par M. Lion: c'est de chauffer à flamme renversée. Au lieu de faire sortir les produits de la combustion par un tuyau placé sur un côté du fourneau, il est bien préférable de retourner la flamme, c'est-à-dire de placer dans le massif du fourneau deux tuyaux en fonte, l'un vis à vis l'autre. Par leur extrémité inférieure, ils plongent dans 2 conduits en briques pratiqués sous le fourneau, qui se réunissent au centre de celui-ci; de là part sous terre un conduit qui va rejoindre la cheminée, pratiquée dans l'intérieur du mur. Des briques placées de champ dans le foyer, près des tuyaux, et ne laissant que 6 à 7 millim. d'intervalle entr'elles et la cuillère, forcent la flamme à venir lécher celle-ci, il se fait un tourbillonnement à l'entrée qui fait abandonner

FONDERIE EN CARACTÈRES.

à la flamme une plus grande partie de sa chaleur que quand elle est entraînée rapidement dans un tuyau un peu large.

Le chauffage au bois des fourneaux de fonderie a été conservé jusque dans ces derniers temps, et existe encore dans quelques ateliers à cause de la régularité assez grande du feu que l'on obtient avec du bois sec. Mais le haut prix de ce combustible y a fait généralement renoncer, et l'exemple de l'Angleterre qui a toujours chauffé à la houille (chaque ouvrier a un fourneau séparé dont la cheminée aboutit à une cheminée centrale) prouvait que les obstacles à surmonter n'étaient pas excessifs. On ne peut disconvenir néanmoins que le feu ne soit plus difficile à conduire pour obtenir une grande régularité, et que des coups de feu plus fréquents n'occasionnent un plus grand déchet, une oxydation plus considérable. Aussi est-il avantageux dans les fourneaux ayant un fort tirage, de remplacer la houille par le coke; dans ceux dont le tirage est plus faible, par un mélange de houille et de coke. Ce dernier s'enflammant plus lentement occasionne des coups de feu moins vifs et prolonge la durée des chauffés, ce qui le rend plus économique.

Tous ces chauffages sont défectueux auprès du seul système qui devrait être appliqué dans ce cas et qui le sera certainement quand il sera devenu plus pratique. Le problème à résoudre consistant à maintenir à une température fort élevée une masse métallique; à transmettre en chaque instant une quantité de chaleur constante, égale à celle perdue par le refroidissement, il n'y a qu'un système donnant toujours la même quantité de chaleur qui puisse satisfaire à cette condition: c'est l'emploi des gaz combustibles (voyez COMBUSTIBLES), le seul système indépendamment des variations inhérentes à tout procédé dans lequel on introduit irrégulièrement des masses variables de combustible.

§ 4. DU MOULE.

Des conditions que les caractères d'imprimerie doivent remplir, on doit déduire facilement la forme nécessaire du moule qui sert à les fondre. Les fig. 4009 et 4040 qui représentent les deux pièces séparées et la fig. 4044 le moule fermé font comprendre comment on y est parvenu.

La fig. 4012 représente le moule anglais, très peu différent de celui employé en France.

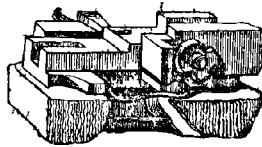
Donnons, d'après Fournier, la description des pièces du moule, en indiquant le rôle que joue chacune d'elles pour faire remplir à la lettre les conditions voulues.

Le moule est composé de 2 parties semblables qu'on désigne sous le nom de pièce du dessous et pièce du dessus; il n'y a qu'une seule différence que nous indiquerons plus loin. Dans chaque pièce on distingue :

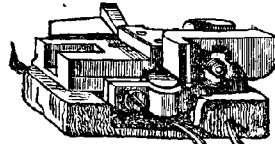
1° *La platine*, pièce sur laquelle s'assemblent toutes les autres, qui s'étend sous toute la surface du moule ;
2° *La longue pièce*, qui s'étend dans toute la longueur de la platine. Les deux faces longitudinales en sont dressées bien parallèles, la largeur étant égale à la hauteur de la lettre, moins la hauteur de l'œil, à l'extrémité est une entaille bien parallèle à ces faces, appelée *fourchette*, qui reçoit une partie saillante fixée à l'autre pièce du moule, et qui sert à conduire les 2 pièces du moule l'une par l'autre, pour qu'elles glissent l'une sur l'autre en ligne droite.

3° *Le blanc* est une pièce plate, de même largeur que la longue pièce sur laquelle elle est fixée, et qu'elle recouvre sur la moitié de sa surface, du côté opposé à la fourchette; elle est fixée par 2 vis et par la potence, pièce dont nous parlons plus loin. Cette pièce est terminée par une face d'équerre avec la surface sur laquelle elle s'applique, et avec les deux faces du blanc qui sont parfaitement parallèles. Cette face a donc l'épaisseur du blanc qui est précisément celle du corps

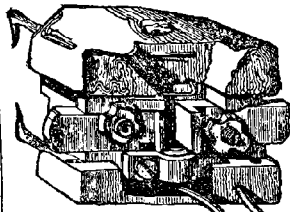
FONDERIE EN CARACTÈRES.



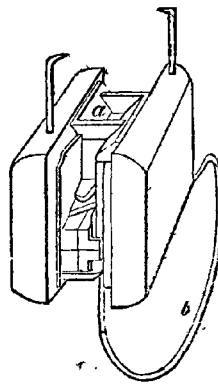
4009.



4010.



4014.



4012.

pour la fonte duquel le moule doit servir; c'est-à-dire, si par exemple, neuf points typographiques, si on veut avoir un moule de petit-romain.
4° La potence, ainsi appelée à cause de sa

forme, est fixée vers l'extrémité du moule et traverse perpendiculairement par un trou carré, le blanc, la longue pièce et la platine, et les assemble par le serrage de l'érou qui marche sur l'extrémité de cette pièce qui est filetée. La partie qui repose sur le blanc est destinée à remplir le vide de la fourchette et à fournir un guide à celle-ci.

La description de ces parties principales doit faire comprendre le mécanisme principal du moule dont les autres parties ne sont que des accessoires. Chaque pièce de moule for-

mant une équerre, étant appliquées l'une sur l'autre, laisseront un vide d'une dimension constante et invariable dans le sens où les pièces posent l'une sur l'autre, et une dimension variable mais égale d'une extrémité à l'autre du blanc dans l'autre sens.

Donc, en fixant des matrices à une extrémité et en faisant remplir le vide par le métal, on aura des lettres pour lesquelles la force de corps sera toujours identique, et l'épaisseur constante dans toute la hauteur de la lettre. Le moule aura de plus l'avantage de pouvoir faire toutes les lettres d'une même fonte en variant les épaisseurs.

Nous allons donner la nomenclature des différentes pièces restantes, dont l'emploi est évident ou bien sera expliqué dans les paragraphes suivants où nous parlerons de l'emploi du moule.

Le jet, qui sert à introduire le métal, forme, lorsque le moule est fermé, un entonnoir carré, se réduisant vers la longue pièce, au tiers du corps de la lettre, et suffisamment large du haut pour l'introduction du métal. Il s'applique par une face sur la longue pièce et le blanc, et est retenu sur la platine par une vis et un écrou.

Les hausses sont de petites pièces de fer que l'on interpose entre le jet et les longues pièces pour donner exactement la hauteur en papier, elles adhèrent par la pression du jet et par de petites saillies qu'on fait naître dans la hausse en frappant avec un poinçon, et qui entrent dans des trous percés dans la longue pièce. En mettant, entre la hausse et la longue pièce, des petits clinquants laminés, on obtient, avec facilité, exactement la hauteur voulue. On met aussi ces clinquants sous les blancs pour rendre la force de corps à un moule qui l'a perdue, tant par les frotements répétés de la fonte, que surtout par le redressage à la lime nécessaire pour rendre plates les pièces qui se sont arrondies dans des endroits où les frotements ont été plus considérables.

Les registres sont deux pièces qui tiennent la matrice à la place convenable et règlent l'écart du moule. Ils sont retenus chacun par une vis et un écrou, la vis tient à la longue pièce par un assemblage à queue d'aronde. Le registre n'est fixé que par la pression de l'écrou, il peut s'avancer ou se reculer par de petits coups de marteau.

Pour que le moule soit maniable, on fixe sur chaque pièce au moyen d'une vis fixée au milieu de la platine et d'un écrou, un bois qui permet de travailler pendant que le moule est chaud.

La pièce de dessous a trois pièces particulières :

La saignée, qui est une petite éminence longue et convexe du dessus, plate du dessous, qui est fixée sur la longue pièce dans laquelle elle est retenue par une partie pliée d'équerre qui entre dans un trou qui y est percé. L'autre extrémité entre sous le blanc qui est évidé à cet effet, de même que le blanc de la pièce du dessus est évidé pour que la saignée puisse s'y loger. Celle-ci fait naître sur la lettre un cran qui sert à reconnaître le sens de la lettre.

Le heurtoir, qui sert de point d'appui à la matrice, est une grosse vis qui tourne dans un écrou qui fait partie de la platine. Cet écrou est refendu par un trait de soie d'un côté, ce qui fait un petit vide qui permet, au moyen d'une vis placée à son extrémité, de serrer plus ou moins le coussinet, de sorte que le heurtoir devient assez dur pour ne pas pouvoir varier par la pression de la matrice. Il sert à mettre la ligne.

Enfin au bas de la pièce du dessous est adapté l'*archet*, arc oblong en fort fil de fer, qui vient poser sur un talon pratiqué à la matrice. Cet archet a une double courbure pour faire double ressort, une courbure du haut en bas, pour appliquer la matrice sur le heurtoir, et une courbure horizontale pour appliquer la matrice

contre les longues pièces, afin d'éviter le passage de la matière, et des variations dans la hauteur.

La pièce du dessus a deux petites pièces particulières; le *jobet* est un petit fil de fer plié en équerre d'un bout et tourné en rond de l'autre pour entourer la vis de bois. Il est retenu entre le bois et la longue pièce et sert à retenir la matrice quand on ouvre le moule. Le *gimblet* est un fil de fer fixé dans l'entaille du bois. On fait passer entre ce gimblet et le bois un morceau de peau nommé *avanche*, lié d'un bout à la matrice par un fil, et collé de l'autre avec de la salive sur le bois. Ce gimblet empêche l'écart de l'attache quand on ouvre le moule, et celle-ci est utile en ce que, retenant alors la matrice, elle n'empêche pas de déchausser la lettre qui est dans le moule, c'est-à-dire par un coup de pince "donné à l'extrémité de la matrice, d'en faire sortir l'œil de la lettre, pendant que celle-ci est encore retenue dans le moule.

A chaque bois est fixé un crochet en fil de fer qui sert à faire tomber la lettre du moule.

Si l'on se rend bien compte de la construction du moule, on doit voir qu'il peut servir à une fabrication parfaite. En effet, la force de corps établie par l'aplomb des deux pièces du moule l'une sur l'autre ne peut varier que par l'usure des surfaces, effet extrêmement lent et négligeable quand le moule est réparé en temps utile. L'épaisseur de la lettre est égale, une fois le moule dressé, et augmente ou diminue bien également pour les lettres d'épaisseurs diverses.

Enfin, la hauteur une fois mise, ne peut nullement se déranger par les opérations de la fonte, de telle sorte que les lettres fondues sur le même moule sont exactement de même hauteur.

Nous ne terminerons pas ce que nous avons à dire du moule sans faire remarquer que puisqu'il est formé de deux pièces symétriques, il en résulte que la lettre étant fondue, il suffit d'ouvrir le moule pour que la lettre tombe, en détruisant seulement son adhérence, il n'est besoin d'aucun effort pour cela, puisqu'elle n'est retenue par rien. La lettre reste donc parfaitement droite comme elle a été fondue; elle n'est soumise à aucun effort qui pourrait la courber.

§ 5. EMPLOI DU MOULE.

L'ouvrier fondeur se place debout devant le fourneau où la matière est tenue en fusion, la jambe droite en avant. La cuillère qui renferme le métal convenable pour ce qu'il fond, est placée à peu près à la hauteur de la main, l'avant-bras étant horizontal; elle a un rebord plat sur lequel pose la petite cuillère formée d'une petite barre de fer dans l'extrémité de laquelle est formée une cavité oblongue dans le sens perpendiculaire à sa

plus grande longueur (fig. 4043). Il tient celle-ci par un manche en bois entre le pouce et le premier doigt, et pour puiser la fait entrer obliquement dans le métal fondu, de manière à repousser les crasses avec le dos, et la relevant en lui donnant un petit mouvement de rotation, il enlève une goutte de matière, qui ne s'attache pas à la cuillère qu'il a soin de passer dans de la poussière de plâtre de temps en temps. La grandeur de la cuillère, et aussi l'inclinaison qu'il lui donne en puisant, sont proportionnées à la lettre à fondre.

A la gauche de l'ouvrier est placé un banc de forme triangulaire à trois pieds sur lequel il fait tomber les lettres formées dans le moule.

De la main gauche, il tient le moule, le pouce dessus, les autres doigts dessous, en ayant soin que ce soit l'extrémité du pouce qui pose vers le milieu du moule. Celui-ci est alors tenu fermé au-dessus des blancs, tandis que si on le tenait par le bord, on courrait risque de le faire ouvrir quand les pièces seraient



4043.

quelque peu arrondias, et on fondrait des lettres trop fortes.

Tenant ainsi le moule de la main gauche, le jet en l'air, il prend avec la droite la cuillère qu'il remplit de métal, vient l'appliquer contre l'orifice du jet, puis il retire un peu la main gauche pendant qu'il fait tomber la matière en tournant la cuillère, enfin relevant brusquement le moule, la matière vient choquer la matrice et entre dans les parties les plus fines. Sans ce mouvement précipité, le métal tendrait à se former en goutte, prendrait mal l'empreinte et souvent n'arriverait pas jusqu'à la matrice, il se figerait en touchant le fer peu échauffé. On diminue le refroidissement dans le jet, en mettant sur celui-ci une couche d'eau dans laquelle on tient de l'ocre en suspension et qui, en se séchant, laisse de l'ocre sur la pièce; mais on ne doit jamais en mettre sur les blancs du moule.

La lettre étant immédiatement solidifiée, on ôte l'archet qui presse sur le talon de la matrice, on appuie le pouce de la main droite sur l'extrémité supérieure de celle-ci, ce qui la fait basculer et déchausse la lettre, c'est-à-dire fait sortir l'œil de la lettre du creux de la matrice; on ouvre alors le moule comme si une charnière unissait les deux pièces, puis au moyen du crochet fixé au bois du moule on fait tomber la lettre sur le banc en la poussant par le jet.

On ferme alors le moule en engageant d'abord les fourchettes de la pièce du dessus sur la potence de la pièce du dessous, on place l'archet sur le talon de la matrice en appuyant un peu dessus, et on recommence la fonte d'une autre lettre.

Il n'est pas besoin de dire que malgré le nombre d'opérations nécessaires pour fondre une lettre, l'ouvrier peut mettre une grande rapidité à exécuter ces diverses opérations qui se présentent toujours dans le même ordre. C'est en allant, pour ainsi dire, en mesure qu'il va le plus vite, en même temps que par un balancement de corps il se trouve amené à prendre et à replacer la cuillère. Un bon ouvrier peut arriver à faire de 4 à 6 mille lettres par jour.

Le fondeur doit veiller à ce que les lettres fondues satisfassent à toutes les conditions typographiques, la pureté de l'œil, la ligne, l'approche.

Pureté de l'œil. Cette condition est évidemment la première de toutes, aussi le fondeur doit-il toujours avoir soin de visiter les lettres fondues, afin de rejeter toutes celles qui ne sont pas bien venues. Quant au moyen d'obtenir cette pureté d'œil, il consiste dans la secousse donnée au moule, ce qu'en terme de fonderie on appelle pousser.

Cette secousse qu'on donne au moule, cette action de pousser est bien plus puissante qu'on ne pourrait le croire; car la matière, prenant d'abord une certaine vitesse de haut en bas quand on retire le bras, conserve un instant cette vitesse quand on relève brusquement le moule, et la matrice vient choquer la matière avec une vitesse relative assez grande, elle se trouve donc chassée fortement. C'est comme si la matière se trouvait lancée avec la somme des deux vitesses du moule, vitesse que l'on peut augmenter presque à volonté, le poids du moule étant peu considérable.

Il est à remarquer que la matière, en arrivant sur un point de la matrice, doit mieux prendre l'empreinte de cette partie que de toute autre, car l'air s'échappe de suite par les autres parties du creux, c'est donc sur la partie de la matrice qu'il est le plus difficile de faire venir, qu'il faut faire, en général, arriver la matière. On y parvient en la versant par le côté le plus convenable du jet. Ainsi si on place la cuillère sur le jet de la pièce du dessous, en la tenant dans le sens de la largeur du moule, ou si, retournant le moule, on la pose de même sur le jet du dessus, dans un cas, la matière viendra d'abord sur la tête de la lettre, dans l'autre sur le pied.

C'est là, nous le croyons, la seule règle que l'on peut poser; jeter en moule de manière que la matière arrive d'abord sur la partie la plus difficile à venir de la lettre; ainsi la lettre *f*, dont le bouton qui passe en dehors du blanc est la partie la plus difficile à venir, devra être jetée en dessous.

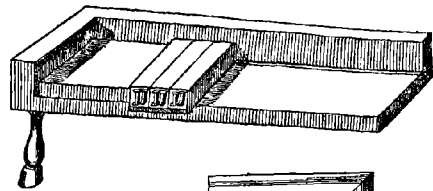
Comme on ne connaît pas généralement la partie la plus difficile à venir, c'est en fondant aux différents jets qu'on parvient à voir celui qui réussit le mieux. On dit dans les ateliers, pour exprimer ces différentes manières: jeter droit ou au pied du crochet, par le coin du dessus, par le coin du dessous, en dessous, entre les deux crochets, et enfin en dessus, en retournant le moule; méthode qui fait perdre beaucoup de temps, puisqu'il faut à chaque lettre retourner deux fois le moule, car il faut que le moule soit à sa position naturelle pour ôter l'archet et ouvrir le moule.

Enfin, quand malgré tous ces essais on ne réussit pas, alors avec un canif on augmente les talus inférieurs de la matrice vers le haut, en prenant bien garde de ne pas en rayer le fond avec la pointe, et on donne ainsi plus d'entrée à la matière, car c'est ordinairement dans les lettres gravées avec des talus très faibles que la matière a le plus de peine à entrer, surtout si on a gravé les déliés et les empâtements trop fins. Un fait d'expérience assez remarquable, c'est que si on laisse trop peu de profondeur aux matrices, à un certain point il devient presque impossible de les fondre.

Un malheureux procédé a été introduit, dans ces dernières années, dans les ateliers, c'est celui du *ouissage*, qui consiste à faire seulement descendre le moule jusqu'à ce que l'archet rencontre le corps. Cet arrêt brusque fait très bien venir l'œil en même temps que l'ouvrier fatigue moins, mais cette secousse de l'archet tend toujours à déranger quelque peu le moule, et les caractères ainsi fondus sont toujours moins réguliers qu'en employant l'ancienne méthode.

De la ligne. L'alignement régulier des lettres est la condition la plus importante d'une belle impression. Pour l'obtenir, on commence par déterminer la ligne de la lettre *m*, celle qui est la plus commode à cause de la grande largeur de sa partie inférieure. Si rien ne détermine déjà la ligne, on met l'*m* dans le milieu du corps, c'est-à-dire de manière qu'en retournant une *m* entre deux autres les traits du pied de celle qu'on retourne forment une ligne droite avec les traits horizontaux supérieurs des deux autres. Pour voir si on a cet effet, on place les *m* sur une justification (instrument que chaque fondeur doit posséder) que représente la fig. 4014 et retournant celle du milieu (matin),

4014.



4015.

on vérifie avec un jeton si les traits forment bien une ligne droite. Les longues du haut et les longues du bas auront alors une place égale pour se loger.

La ligne de l'm étant déterminée, pour fondre une autre lettre on place la matrice sur le moule, puis fondant une lettre on la met dans la justification, entre les mm, et on juge dans quel sens on doit agir.

On fait varier la ligne en tournant, au moyen d'un fourne-vis à trois faces, la vis à tête creuse sur laquelle pose la matrice, que l'on fera ainsi monter ou descendre.

Pour toutes les lettres qui ont des traits horizontaux à la partie inférieure, comme n, u, b, i, l, etc., rien de plus aisé que de juger si elles sont bien en ligne avec les m, si les traits inférieurs sont bien sur la même ligne que ceux des m. Les lettres qui ont des traits carrés à la partie supérieure, comme p, q, t, etc., s'alignent avec les traits de la partie supérieure des m; et si le graveur les a calibrées convenablement, elles doivent se trouver aussi en ligne par la partie inférieure.

On remarquera que le v et l'y, lettres qui s'alignent ainsi sur le haut, dépassent la ligne du bas d'une quantité notable, parce que finissant en pointe elles paraîtraient monter si elles n'arrivaient que juste sur la ligne.

Enfin les rondes o, c, e, etc., sont gravées un peu plus grandes que le premier jambage de l'm, afin qu'on puisse les faire dépasser également des deux côtés (ce qu'on juge facilement en en retournant une entre deux autres), parce que leurs extrémités s'écartant des autres lettres laissent sur la ligne un blanc qui tromperait l'œil et ferait paraître les rondes trop petites si elles étaient de calibre avec le premier jambage de l'm. Il faut donc que la rondeur dépasse un peu l'm, également par le haut et par le bas.

C'est toujours en employant les mêmes moyens qu'on parvient à établir la ligne des capitales, de l'italique, des caractères étrangers. Cela se réduit toujours à partir de la lettre la plus carrée du bas et la plus large, à mettre les autres lettres carrées du bas exactement de ligne, à faire dépasser quelque peu les rondes, opérations qui se font toujours à l'aide de la justification et du jeton.

De l'approche des caractères romains et italiques. L'approche est la distance qui sépare deux lettres consécutives. La condition la plus essentielle est que toutes les lettres d'un même caractère soient toutes séparées entr'elles par la même quantité de blanc; cette régularité est la condition essentielle de la typographie.

Pour les lettres à traits carrés, m, n, h, u, etc., on parvient rigoureusement, par les procédés que nous allons décrire, à les mettre dans la même approche, c'est-à-dire à faire que la face latérale de chacune de ces lettres dépasse le jambage vertical de la moitié du blanc.

Pour les rondes comme l'o, ou le côté rond des lettres comme e, d, p, q, etc., on fait que l'écart de l'o avec l'm, au quart de sa hauteur, soit le même que celui de deux m; par l'effet de la rondeur, le milieu de l'o sera plus rapproché et les extrémités plus éloignées sensiblement de la même quantité, l'effet moyen sera donc celui de l'écart voulu.

L'approche de l'o étant fixée, celle de toutes les autres rondes s'en déduisent. Les lettres finissant par des pointes, v, y, et qui, par leur forme, portent beaucoup de blanc, se mettent au vif des traits du haut, c'est-à-dire que le talus du poinçon déborde sur la tige de la lettre, de manière qu'en les frottant sur une lime, le talus disparaisse entièrement.

Pour les parties des lettres ayant des demi-rondours, comme a, g, e, l'écart doit être intermédiaire entre celui des rondours et celui des jambages droits.

Quel est cet écart qui doit séparer les différentes lettres? Fournier dit qu'il doit être un peu moindre que l'écart des jambages de l'm, sans quoi les mots ne paraîtraient pas assez liés. Il est aisé de s'assurer, en consultant les plus belles éditions, que cette règle

n'est pas absolue. Si même on devait poser une règle absolue, ce principe devrait être modifié.

La lettre m étant une lettre plus serrée que les lettres à deux jambages n, h, etc., dont le contre-poinçon est de la largeur du plus grand nombre de lettres, la régularité la plus parfaite sera obtenue du caractère fondu avec un écart égal à ce contre-poinçon. De cette manière, la distance des lettres paraîtra (vu la diminution d'écartement qui résulte pour l'œil de la réunion des deux jambages) quelque peu plus grande que celle qui sépare les jambages, ce qui doit être.

Voyons maintenant les moyens de mettre cette approche.

La matrice est retenue sur le devant du moule au moyen de deux registres formant l'arrêt qui empêche les deux pièces du moule, glissant l'une sur l'autre, de se fermer complètement, et fait qu'elles réservent entr'elles le vide que doit remplir la tige de la lettre pour avoir l'épaisseur voulue. Une matrice plus épaisse qu'une autre donnera donc une épaisseur plus considérable, ou, ce qui revient au même, on aura un accroissement ou une diminution d'épaisseur, d'un côté ou de l'autre, de la tige de la lettre, en faisant avancer ou reculer le registre de ce côté. Donc, en faisant mouvoir ces registres, on aura toute approche voulue.

L'instrument qui sert à voir les approches est le même que celui qui sert à voir la ligne. On commence toujours par mettre l'm d'approche. On en met trois sur la justification après les avoir frottés et coupés au pied, puis on retourne celle du milieu comme ceci mmm, pour voir si la lettre est bien dans son milieu. Il est bien évident que les trois lettres fondues étant identiques, les deux écarts seraient égaux si elles étaient placées dans le même sens, mais en retournant celle du milieu chacun des écarts est formé de deux fois la distance d'un même jambage au bord de la tige. Le défaut est donc doublé pour chacun, et la différence plus aisée à apercevoir. On s'en assure encore au filé, procédé qui va nous servir pour mettre l'approche des autres lettres. Pour cela, on met les trois m à plat sur la justification en retournant celle du milieu, de la sorte $\Xi \Xi \Xi$, si l'on est dans son milieu, les jambages doivent former exactement une ligne droite, ce dont on s'assure en faisant passer le jeton par les jambages des deux m des extrémités, et en voyant si celui du milieu coïncide bien avec cette ligne.

On emploie les termes *près du dessous* et *gras du dessous*, lorsque la lettre est trop près de la face de la tige qui a été formée sur le blanc de la pièce de dessous, ou lorsqu'elle est trop grosse et porte trop de blanc du côté de la matrice qui touche le registre de la pièce du dessous. On dit de même *près ou gras du dessus*, quand cela arrive relativement à la pièce du dessus. Ainsi, pour représenter les deux défauts, prenons trois m qui fassent cet effet, mmm qui se rapprochent d'un côté, et portent un blanc considérable de l'autre; elles sont trop près du dessous et trop grosses du dessous. Pour corriger le premier défaut, il faut repousser d'un petit coup de marteau le registre de la pièce du dessous pour que la matrice passe un peu plus en avant du blanc de cette pièce, ou grossir du dessous; pour le deuxième défaut, il faut faire le contraire, c'est-à-dire repousser en arrière le registre de la pièce du dessus, ce qu'on appelle rapprocher du dessous.

Pour faire reculer le registre, on a un petit coin en bois dont on pose un bout sur la face du registre et que l'on tient appliqué contre les longues pièces; on donne un petit coup de marteau sur l'autre bout, ce qui fait reculer le registre. Ce morceau de bois sert, comme on le voit, à garantir la face du registre contre laquelle pose la matrice.

L'approche des m étant décidée et satisfaisant à la condition que nous avons établie, on passe entre les m

toutes les lettres de la frappe pour que toutes les lettres aient l'écart des deux *m*. On emploie, commençons l'avons déjà dit, le *flage* à cet effet. Ce procédé est extrêmement exact, puisque les deux *m* permettant de fixer parfaitement le jeton, on aperçoit aisément la moindre quantité dont le jambage d'une lettre entre deux *m* peut dépasser ou rentrer sur la ligne formée par le jeton.

Pour les rondeurs, après que l'approche de l'o a été fixée d'après le principe que nous avons posé, on s'en sert pour faire filer toutes les rondeurs sur les o.

Notons que les chiffres sont toujours tenus demi-quadrats (moitié du carré dont le côté est la force du corps); cette épaisseur constante permet de faire des opérations d'arithmétique qui exigent que les chiffres retombent les uns sous les autres.

Capitales. Les capitales grandes et petites, dont l'approche se met d'après les mêmes principes, puisque les formes sont semblables, sont tenues un peu plus grosses que les minuscules; on met l'approche de l'H de manière que l'écart soit égal à celui des deux jambages. Les autres sortes se mettent soit *au fil*, soit d'après les mêmes principes que nous avons indiqués ci-dessus.

De l'approche de l'italique. L'approche de l'italique est donnée par la gravure même, au moins pour les italiques modernes, qui remplacent de jour en jour les italiques anciens; en effet, nombre de lettres commencent et finissent par des traits obliques qui forment liaison d'une lettre à l'autre; il faut donc que ces traits se fassent suite l'un à l'autre, de la sorte : *mmm*.

Une remarque à faire, c'est que l'*m* n'est plus tenue rigoureusement dans son milieu comme dans le caractère romain, c'est-à-dire qu'une *m* retournée entre les deux autres produit cet effet *mm*, elle est plus grosse du dessus. On y trouve l'avantage que, comme à cause de la pente du caractère, les accents, les longues (*f, t*) dépassent le corps, on est obligé de leur faire subir la façon de la crénerie, ces parties sont d'autant plus soutenues, qu'on tient plus gros du dessous, et qu'on se dispense ainsi de faire créner beaucoup de sortes.

Indépendamment de l'habitude qu'acquiert l'œil de juger l'égalité de l'écart, on voit que les italiques modernes, on peut vérifier si la lettre est bien d'approche, en considérant si le crochet du bas des lettres qui sont terminées ainsi, reprend bien avec le crochet du haut de l'*m*, ou l'inverse si c'était la lettre qui commençât par un crochet. L'œil permet d'estimer la régularité de l'écart pour les autres lettres.

Ces moyens de mettre l'approche de l'italique sont imparfaits; ce qui est d'autant plus regrettable, que, comme on n'a pas non plus de procédé qui permette de bien s'assurer des pentes à la justification des matrices, la plupart des italiques pèchent à la fois par la pente et par l'approche, et ce n'est qu'avec beaucoup de soins qu'on parvient à faire quelque chose de passable.

Aussi nous pensons avoir indiqué un moyen utile en inventant la justification brisée dont nous parlons à l'article de la justification des matrices, et qui, comme nous l'avons vu, permet d'appliquer à l'italique le moyen du filage (voyez GRAVURE). L'approche de l'italique se trouve alors aussi simple à mettre que celle du romain, et ce sont absolument les mêmes principes à appliquer.

Des grandes capitales italiques. L'emploi de notre justification brisée permet aussi de fonder les grandes capitales dans une approche rigoureuse; mais quand les matrices sont bien justifiées de pente, les procédés actuels permettent de les fonder suffisamment bien, les formes droites des capitales permettant de juger aisément l'écart.

Les H étant fondus de manière que leur écart soit égal à celui du contre-poinçon, le trait de la pièce du dessus étant au vif, on fait passer toutes les lettres entre ces H, de manière que les distances des traits du

haut aux traits des H (ceci est le meilleur guide) soient égales aux distances des traits du haut des H entrées, en crénant, s'il y a lieu, de la sorte *HHH*.

Des caractères étrangers. Au moyen des principes posés, on parvient à mettre d'approche les caractères étrangers, l'allemand, le grec, l'hébreu, etc.

Du moule américain, dit le moule. Depuis quelques années un célèbre fondeur anglais, M. A. Wilson, dont l'établissement est depuis longues années au premier rang, a adopté pour sa fabrication un moule américain auquel il a fait subir quelques modifications, et qui lui a permis de monter une fabrication extrêmement parfaite.

Les avantages de ce moule correspondent à presque toutes les imperfections qui se rencontrent dans la fabrication au moyen des moules ordinaires.

1° L'usure des moules est la cause la plus grave de l'altération des dimensions des lettres; car la perfection des procédés de fonderie n'existe qu'autant qu'il s'agit du moule sortant des mains du mécanicien. Il est clair, en effet, que si le moule est usé, les dimensions du vide que remplit la matière varient. Or, cette usure résulte du choc des deux pièces du moule, qui disjointes pour faire sortir la lettre sont réunies avec rapidité pour en former une autre, mais surtout de ce que dans cette action l'extrémité de la pièce du dessus vient quelquefois toucher la vive arête de la pièce du dessous, l'abat, en formant des saillies qui dérangent quelquefois la force de corps, et font toujours que la lettre cesse d'être parfaitement rectangulaire.

Cette cause est tout à fait évitée avec le moule américain qu'il suffit d'entre-bâiller, sans qu'il y soit besoin de séparer entièrement les deux pièces du moule. L'usure du moule devenant moindre, les réparations deviennent moins fréquentes, ce qui permet de construire le moule en acier trempé, dressé au lapidaire, et par suite bien moins sujet à s'user par l'action du frottement.

2° La difficulté de mettre parfaitement l'approche et la ligne est assez grave, et demande des soins et des connaissances qu'on ne peut rencontrer que chez les bons ouvriers. Aussi est-ce là l'obstacle contre lequel l'utle sans cesse le maître fondeur. Disons de plus que le moyen de faire varier l'épaisseur en frappant le registre avec un marteau, n'est pas assez délicat pour qu'on soit certain d'obtenir toujours la même épaisseur pour une lettre fondue à diverses reprises sur plusieurs moules, ce qui est un grand défaut.

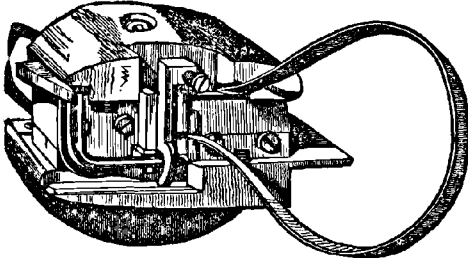
Au moyen du moule américain, ou plutôt de la justification à registre arrêté que l'ancienne fonderie avait jadis abandonnée, parce que la matrice s'usait rapidement, la précision du travail nécessaire pour l'approche et la ligne se trouve reportée sur le travail préparatoire de la matrice, qui une fois fait par d'habiles artistes permet d'obtenir des produits toujours identiques et d'une grande perfection. Enfin, la fixité des registres évite toute mauvaise pente résultant de leur rotation.

Le moule américain ne permet pas seulement un travail très parfait, il est encore très avantageux pour l'ouvrier, dont il accélère d'un tiers le travail en diminuant le nombre des opérations qu'il doit effectuer. C'est ce que fera bien sentir la description du moule et le mode de travail.

Ce moule, dont la fig. 1016 peut donner idée, diffère principalement du moule ordinaire par les registres, l'archet et la manière de déchausser.

Les registres fixés à demeure par deux vis servent à guider les longues pièces qui glissent entre eux et de petites pattes placées en face, en supprimant ainsi les potences et les fourchettes. Le registre de la pièce du dessus est terminé à sa partie inférieure par une équerre, sur laquelle porte le talon de la matrice. L'archet est un fort ressort d'acier qui, tenant à la pièce du dessus

maintiendra toujours la matrice appuyée sur l'équerre dont nous venons de parler. Celle-ci ne pourra avoir qu'un petit mouvement de bascule, déterminé par le mécanisme dont nous allons parler.



4046.

Du bois de la pièce du dessus sort une touche que l'on saisit quand on entr'ouvre le moule. Cette touche fait mouvoir un levier coudé se terminant vers le bas du registre, fait incliner l'extrémité d'une barre mobile autour d'un point fixé sur ce registre, et qui est terminé à son extrémité supérieure par une partie carrée dans laquelle passe une petite vis qui touche le haut de la matrice.

Ceci bien compris, la fonte se réduit à entre-bâiller le moule ; en le faisant, la touche fait sortir de la matrice l'œil de la lettre, et celle-ci dont l'adhérence avec le moule très bien poli est très faible (et est d'ailleurs vaincue par une faible action de *tire à tire*, résultant dans le premier moment de l'ouverture de ce que l'œil de la lettre est encore dans la matrice, et que le jet de la pièce du dessous tient par une petite cavité oblique pratiquée dans l'angle du jet que la matière a remplie et qui n'est pas de dépouille), sort par une petite secousse en avant imprimée au moule. En laissant retomber la pièce du dessous le moule se ferme et est disposé de nouveau pour recevoir la matière.

La fonte est simplifiée et le travail devient plus rapide (par suite plus économique) par ce procédé. Les seuls défauts à lui reprocher, c'est que la *ligne* de la matrice s'use, et que les fortes sont des hors de ligne.

§ 6. OPÉRATIONS QUI SUIVENT LA FONTE DE LA LETTRE.

Romperie. Le vide que laisse le moule dans l'état de rapprochement convenable à la fonte d'une lettre, se compose de deux parties : celle où doit se former la lettre et le jet. Le jet dont l'ouverture du haut est assez large pour introduire aisément la matière, se resserre vers le bas de manière à n'avoir plus que le tiers de la force de corps de la lettre et la même épaisseur.

On commence par séparer le jet d'avec le corps, ce qui s'appelle rompre. Cette opération est très simple, il suffit de prendre la précaution de tenir la lettre entre les doigts près du pied et de manière que la force de corps soit verticale. Cette précaution est surtout nécessaire pour les lettres fines, qui ont toujours plus de résistance dans le sens de la force de corps, qui est celui de la plus grande épaisseur, et qu'on courberait si on voulait les rompre dans l'autre sens.

Frotterie. La lettre étant rompue, on la frotte sur son épaisseur pour la débarrasser des petites aspérités qui sont à sa surface toujours sur ce sens.

En effet, ces aspérités résultent de ce que les arêtes des blancs sont abattues, ou les blancs du moule usés inégalement par le frottement ; la matière dépasse donc les blancs en suivant les longues pièces. On frotte gé-

néralement les lettres sur une pierre de grès dressée par le frottement d'une autre pierre, en interposant entre les deux du grès sec. On produit ainsi un grain qui fait l'effet d'une lime. Une lime serait certainement meilleure que cette pierre, mais le métal se loge entre les tailles et empâte rapidement les limes, de sorte que leur entretien serait une dépense assez notable.

On frotte donc les lettres sur cette pierre des deux côtés par lesquels elles s'assemblent pour composer les mots. Comme cette opération est la dernière qu'on fait subir à la lettre sur ce sens, il faut que la frotteuse s'assure si le moule fond bien et qu'elle cherche à réparer les imperfections de la fonte autant qu'il lui est possible.

Pour s'assurer que les lettres sont bien d'égal épaisseur dans toute l'étendue de la tige, on en range une centaine les unes à côté des autres, sur un morceau de bois appelé *composeur*, qui est une règle de bois munie de talons pour empêcher les lettres de glisser. Si les tiges sont égales, la dernière est parallèle à la première. Si elles chassent plus du côté de l'œil, ce qu'on appelle aller en tête, c'est une marque qu'il y a plus d'épaisseur vers l'œil de la lettre que vers le pied, défaut que sa répétition rend très sensible. Si elles chassent davantage du côté du pied, c'est le contraire qui a lieu. On doit alors appuyer sur la pierre du côté qui a le plus d'épaisseur, on en enlève davantage à cette extrémité, et quand par plusieurs essais on s'est rendu compte de la pression nécessaire, on parvient assez bien, en conservant cette pression, à rétablir l'égalité des tiges.

L'épaisseur des lettres peut aussi varier d'un côté à l'autre de la force de corps, le moule peut être de carne. Ce défaut résulte le plus souvent de l'usure d'une des arêtes du moule, d'où naît une petite saillie sur la lettre, qu'on peut apercevoir à l'œil. Quand on a composé un essai de frotterie, on sent en pressant les lettres avec le moule sur le talon du composeur si elles forment un tout ; si au contraire il y a plus d'épaisseur dans un sens elles tendent à se former en cercle, en se fermant du côté de la moindre épaisseur. On doit appuyer davantage sur le côté de la plus grande épaisseur, ce qui demande beaucoup d'habitude pour les petits caractères.

Crénérerie. Certaines lettres ne peuvent se frotter parce que l'œil de la lettre dépasse la tige qui la supporte, telles sont l'f et le j dans le caractère romain. La tête de l'f doit donc anticiper sur la lettre voisine. Crénérer c'est évider cette tête en dessous avec un canif, de manière qu'elle puisse se loger sur le haut de la tige de la lettre suivante. Remarquons ici qu'il faut pour cela que la partie supérieure de cette tige soit libre, ce qui force à faire les doubles fl, fi, l'i et l'i étant deux longues du haut qui peuvent se présenter après l'f.

La tête étant crénée on ratisse avec le canif le côté de la lettre correspondant à la partie crénée, ce qui remplace la frotterie.

Dans l'italique il y a beaucoup plus de lettres crénées à cause de la pente qui fait sortir les lettres longues du corps ; l'opération dans ce cas, comme dans tous ceux qui peuvent se présenter, est toujours la même.

Composition. Cette opération n'a aucune influence sur la nature de la lettre, mais elle est nécessaire pour les opérations qui suivent et permet de passer du travail lettre à lettre au travail sur un certain nombre de lettres à la fois. Composer, c'est arranger les lettres sur des règles en bois de 4 décimètres environ de longueur garnies d'un rebord qui soutient les lettres ; on les place les unes à côté des autres, le cran toujours du même côté. On compose ainsi successivement les différentes lettres d'une fonte, qui passent alors entre les mains du coupeur,

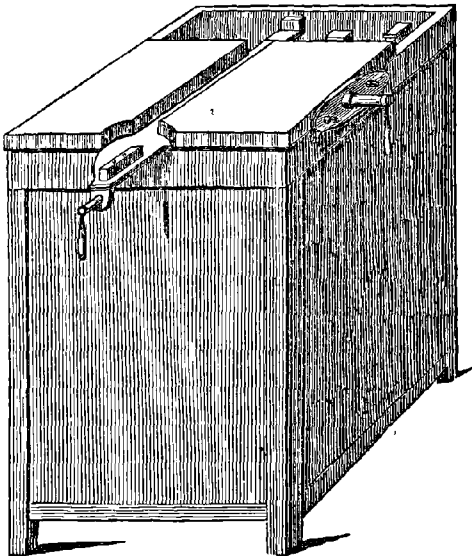
§ 7. DU COUPOIR.

La hauteur qu'on donne aux caractères n'est pas une quantité qu'on puisse fixer a priori; elle est un résultat de l'expérience. Plus cette hauteur est grande, plus on a de facilité à serrer une page composée, moins il y a de chances par le serrage que les lettres ne prennent une position oblique.

D'un autre côté, trop de hauteur serait inutile, les fontes se trouveraient avoir inutilement un poids considérable qui augmenterait leur prix sans le moindre avantage; l'expérience a fait adopter la hauteur de dix lignes et demie, qui est bien suffisante. En Flandre, et dans le Midi, les hauteurs sont généralement plus grandes, elles varient de dix lignes et demie à onze et onze et demie. En Angleterre, la hauteur est un peu moindre.

Nous avons déjà insisté sur l'absolue nécessité que toutes les lettres soient identiquement de même hauteur, condition à laquelle il serait impossible de satisfaire si elle résultait d'une opération mécanique, et qu'on obtient au contraire aisément en faisant qu'elle soit donnée par l'opération même de la fonte. Nous avons vu que les deux jets du moule étaient en saillie sur la force de corps du tiers de celle-ci; ces deux saillies forment le pied, et le jet de la lettre n'a d'épaisseur que ce troisième tiers.

Ce jet étant rompu il reste encore une petite saillie qui empêcherait la lettre de poser sur les deux pieds venus à la fonte par suite des recouvrements des deux jets. Il faut enlever cette saillie et faire en sa place une gouttière; ce que l'on fait au coupoir d'un seul coup sur toutes les lettres qui tiennent sur un composeur. Donnons d'abord la description de cet outil que représente la fig. 4047.



4047.

Le coupoir est une espèce d'étau, dont les mâchoires ont une grande largeur, avec des dispositions particulières pour la commodité du travail, et des guides convenables, pour que les mâchoires marchent parallèlement.

Il consiste essentiellement dans un train en fer à cheval, dont les deux branches parallèles glissent dans des mortaises pratiquées dans des supports fixes, et qui, dans la partie transversale, a un renflement taraudé qui se monte sur une vis fixée après la partie droite du bâti où elle ne peut que tourner. Le mouvement de rotation de la vis fera marcher son écrou, et par suite le train. Sur la partie droite est fixée à demeure un plateau en fonte ou en bois recouvert de cuir; sur la partie gauche est fixée par quatre vis, sur le train, un plateau pareil; ce plateau, marchant parallèlement au premier, opérera une pression égale dans toute la longueur sur un objet placé entre les plateaux avec toute la force qu'on obtient d'un levier adapté à une vis, force bien plus grande qu'il n'est nécessaire.

Entre les deux plateaux et passant au-dessous d'eux est ajustée une plaque, bien d'équerre avec les faces intérieures des plateaux, qui porte à son extrémité en saillie un talon, qui sert de point d'appui dont nous verrons plus loin l'emploi, et sur le devant un autre talon qui se meut au moyen d'une vis qu'on nomme vis de froterrie, parce que, comme nous allons le voir, elle est destinée à serrer les lettres sur la froterrie, comme la vis qui fait marcher le train est appelée vis de corps, parce que c'est dans le sens du corps qu'elle opère une pression sur les lettres.

La pièce qu'on place entre les deux plateaux et qui renferme les lettres s'appelle justifieur; elle est com-



4048.

posée de deux parties d'environ 0^m,65 de longueur, 0^m,025 de largeur et 0^m,022 de hauteur. La pièce du dessous porte une platine qui est une bande plate parfaitement d'équerre avec la face contiguë, elle porte à son extrémité une noix, plaque de 0^m,054 de long de l'épaisseur du plus petit caractère qu'on veut couper; entre la platine et la pièce on pratique à chaque extrémité deux mortaises. La pièce du dessus porte une noix à son extrémité antérieure, et deux languettes étroites destinées à entrer et à glisser dans les mortaises de la pièce de dessous.

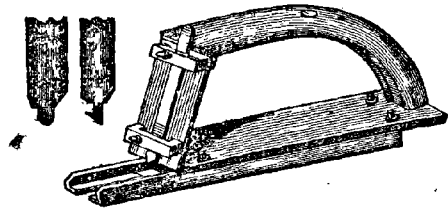
Le coupeur prenant un composeur de la main droite, l'applique sur le bord de la pièce du dessous du justifieur qu'il tient un peu incliné de la main gauche; puis le faisant tourner un peu brusquement il fait tomber les lettres sur celui-ci, la tête en bas; il met alors la pièce du dessus dans les languettes, puis place le justifieur entre les parois des plateaux. Serrant la vis de corps il fait appliquer les lettres contre les faces du justifieur, après avoir eu soin aussi de presser avec un petit morceau de bois sur le pied des lettres pour qu'elles portent bien au fond, puis desserrant un peu la vis de corps il fait marcher la vis de froterrie. La deuxième pièce du justifieur poussée par cette vis, avance; et les lettres prises entre les deux noix se trouvent serrées sur la froterrie. Sans lâcher la vis de froterrie qu'il tient de la main gauche il serre fortement la vis de corps pour maintenir les lettres dans cette position.

Le justifieur doit être fait avec soin, les surfaces supérieures dressées en se guidant sur un marbre parfaitement droit; il faut s'assurer avant de placer les noix si les deux pièces s'appliquent bien l'une sur l'autre dans toute leur longueur, et toutes les faces d'équerre entre elles. Tout cela est nécessaire pour que la lettre soit serrée également dans toute la longueur, autrement la lettre, ayant du jeu dans une partie du justifieur, tourne et se courbe.

Les lettres étant serrées dans le justifieur, forment un tout parfaitement solide, on prend un rabot (fig. 4049),

outil composé principalement de deux patins en cuivre qui peuvent se serrer près de la lettre par le mouvement des vis à large tête qui glissent dans une rainure, et les fixent à une pièce plate en fer. Cette pièce est courbée du devant, et on peut avec deux vis y fixer un fer. Le rabot, guidé par l'épaisseur de la lettre fera donc suivre à ce fer une ligne droite, et par conséquent, quand il aura été adapté pour enlever la rompure, il suffira de pousser le rabot dans toute la longueur, et ce rabot une fois monté servira pour toutes les lettres de la même force de corps.

4021. 4020.



4019.

On fait encore au coupoir une autre opération qui consiste à enlever la partie supérieure du corps de la lettre qui n'est pas occupée par l'œil pour dégager celui-ci. A cet effet, on monte sur les rabots des fers, dont le tranchant est oblique, et qui sont placés, l'un à droite et l'autre à gauche, et on enlève l'excédant en faisant mordre ce rabot à la quantité convenable. Mais il faut pour cela retourner la lettre, ce que l'on fait en la replaçant sur le composteur, en appliquant celui-ci sur le justifieur, le talon en haut, et donnant un mouvement de renversement; puis retournant le composteur de droite à gauche et replaçant par le mouvement inverse dans le composteur la lettre, dont l'œil se trouve alors en haut.

Enfin, les imprimeurs demandent souvent qu'on ajoute des crans à celui du moule, afin de distinguer des fontes de même force de corps qui se trouvent dans leur imprimerie. On les pratique aux endroits convenables au moyen de fers portant des saillies latérales, qui correspondent aux crans voulus et qu'on monte sur rabots.

Voilà tout le travail qui devrait être fait au coupoir, mais quelquefois la hauteur d'un moule s'est dérangée, quelques matrices se trouvent mal justifiées; on peut alors remettre la hauteur au coupoir en prenant les soins convenables.

Si la différence de hauteur est peu de chose, on se contente de frotter le pied de la lettre avec une lime qu'on tient horizontale, après qu'on a enlevé la rompure; mais si la différence est très notable, alors, après avoir enlevé la rompure, on desserre la vis de corps, puis on renforce avec soin les lettres en pressant fortement sur le pied, on serre les vis en s'assurant que les lettres ne se lèvent pas au milieu; puis avec un rabot portant un fer plat, monté à la hauteur convenable, on enlève l'excédant de hauteur. Il est évident que pour que cette opération soit possible, il faut avoir un justifieur parfaitement bien calibré pour la hauteur, et dont la surface supérieure soit exactement plane.

§ 7. DE L'APPRÊT.

L'apprêt est la dernière façon à donner aux caractères; il a pour but principal de réparer les petites inégalités qui peuvent exister sur la force de corps des diverses sortes d'un même caractère fondu sur plusieurs moules, et de corriger les variations qu'éprouve chaque moule par l'effet de la dilatation et de l'usure.

L'apprêteur a, sur un râtelier placé à sa gauche, les rangées de composteurs qui viennent de sortir des mains du coupeur. Il prend successivement chaque composteur, en transporte les lettres sur un composteur d'apprêt fig. 4022, qui est plus fort et plus droit qu'un compos-



4022.

teur ordinaire, et cela en les appliquant l'un sur l'autre et les retournant; puis au moyen d'un couteau plat de trois à quatre pouces de long, il râtisse la surface, de manière à enlever le morfil produit par la froterie; il reporte ensuite les lettres sur un second composteur d'apprêt, et fait la même opération sur l'autre face.

Il prend alors deux ou trois lettres sur le composteur, et les met entre les m sur une justification pour vérifier si l'approche est bonne (si elle est mauvaise, il ne peut que jeter la sorte), et si la sorte est bien en ligne. Il vérifie en même temps la force de corps par un paragonnage, s'il est nécessaire (voir plus loin *Typomètre*), et si le peu d'apprêt qu'il a donné est suffisant. S'il y a un peu de force, il apprête de nouveau (du côté opposé au cran, afin de ne pas changer la ligne) et de la quantité convenable; car un bon apprêteur sait ce qu'il enlève par la manière dont il appuie le couteau d'apprêt; puis il remet la force de corps entre les m. Quand il est arrivé, il continue alors toute la sorte, en ne vérifiant plus que de temps en temps et donnant le même apprêt à chaque composteur.

Nous avons admis, dans ce que nous avons dit, que la sorte que l'on apprêtait était en ligne avec les m; mais il arrive quelquefois qu'elle monte ou qu'elle descend sur cette ligne; c'est à quoi l'apprêteur peut remédier dans quelques limites fort restreintes. En effet, quand on compose les lignes, les lettres viennent s'appliquer les unes sur les autres par le côté de la lettre où est le cran (puisqu'on compose le cran dessous). Or, si on enlève un peu de métal de ce côté en tête ou en pied, on fera monter ou descendre la ligne. Il faut en ôter en même temps à l'extrémité inverse sur l'autre face. Les faces qu'on aura fait de la sorte à l'apprêt seront un peu obliques sur le pied de la lettre, ne seront plus parfaitement d'équerre; mais cependant la lettre ne se redressera pas sur son pied, à cause du serrage de la ligne. Il va sans dire que ceci ne peut se faire que pour des variations extrêmement minimes de la ligne, et ne peut s'employer dès que la variation est notable.

Le composteur apprêté, l'apprêteur qui a dû déjà vérifier l'approche, la hauteur, la ligne, doit encore visiter le composteur et rejeter :

4° Les mauvaises d'œil qui auraient échappé à l'ouvrier, qui doit déjà avoir fait cette visite;

2° Les épaisses, qui ont été fondues quand le moule était mal fermé;

3° Les fortes de corps que l'apprêteur reconnaît en passant son couteau, qui les attaque avant toutes les autres; elles résultent tant de ce que le moule a été mal fermé que d'un grain sur les blancs ou les longues pièces; d'où la nécessité de brosser le moule de temps en temps pour le nettoyer;

4° Les hors de ligne, qui se font quand on ne presse pas l'archet sur le talon de la matrice, ou que celui-ci n'a pas assez de ressort.

Les lettres ayant ces défauts étant ôtées, tout est fini, et le caractère est en état d'être livré à l'imprimeur. On en forme, à cet effet, des pages de dimensions égales qu'on serre avec une ficelle, et qu'on enveloppe de papier.

§ 8. DES POINTS TYPOGRAPHIQUES.

Avant Fournier jeune les forces de corps ne procédaient pas régulièrement; chaque imprimerie avait les siennes, et quand un imprimeur voulait un caractère nouveau, on le fondait sur la force de corps de quelque caractère analogue existant déjà dans son imprimerie, ou bien le fondeur suivait la force de corps habituelle de sa maison. On conçoit combien la routine avait ainsi accumulé de forces de corps différentes sans aucune relation entre elles. Or, il y avait à cela, outre plusieurs graves inconvénients, tels que celui de la confusion des caractères qui ne différaient que par des quantités très faibles, le grand désavantage de ne jamais arriver à un parangonnage exact.

Fournier, partant du plus petit corps habituellement en usage, appelé nonpareille, et pour lequel l'usage avait établi une dimension sensiblement fixe, en prit la sixième partie qu'il appela point typographique, et il assujettit tous les corps des caractères courants à se succéder par intervalles d'un point. Les corps sont ainsi classés régulièrement, et séparés par intervalles assez rapprochés pour que les différences de grandeur des caractères, de mêmes proportions, gravés sur deux forces de corps consécutives, soient très peu sensibles.

Fournier comprit fort bien toute l'importance des points typographiques, cette introduction d'une commune mesure dans les divers éléments du matériel d'une imprimerie.

Après avoir rappelé les efforts qui avaient été faits inutilement pour fixer les dimensions des caractères d'imprimerie, il ajoute dans son excellent *Manuel typographique* :

« Voilà ce qui m'a engagé à débrouiller ce chaos, en mettant dans cette partie un ordre qui n'y avait jamais régné : je crois avoir eu le bonheur d'y réussir avec une justesse et une précision qui ne laissent rien à désirer par l'invention des *points typographiques*. Ce n'est autre chose que la division des corps de caractères par degrés égaux que j'appelle *points*. Par ce moyen on connaît au juste les degrés de distance et les rapports des corps. On pourra les combiner ensemble de la même manière qu'on combine ensemble les signes numériques, et comme deux et deux font quatre, ajoutez deux il viendra six, doublez ce tout, vous aurez douze, etc. De même une nonpareille qui porte six points, avec une autre nonpareille, feront ensemble le cicéro qui en a douze; ajoutez encore une nonpareille vous aurez dix-huit points ou le gros-romain; doublez ce tout qui fera trente-six points, ce sera le trismégiste qui porte ce nombre, et ainsi des autres, comme on le verra par la table des proportions. »

« Pour faire la combinaison des corps, il suffit de savoir le nombre de *points typographiques* dont ils sont composés. Il faut pour cela que ces points ou grandeurs données soient invariables, de manière qu'ils puissent servir de guides dans l'imprimerie, comme le *ped de roi*, les *pouces* et les *lignes* en servent dans la géométrie. »

Pour obtenir ce résultat, Fournier introduisit dans la fonderie l'instrument le plus précieux pour la perfection de la fabrication, c'est l'instrument de répétition qu'il nomma *prototyp*. Cet outil est formé d'une équerre adaptée sur une surface plate. Un des côtés est de la hauteur du caractère qui est de dix lignes $\frac{1}{2}$. La longueur du grand côté est de deux cent quarante points typographiques, et devait être prise sur un étalon déposé à la chambre syndicale.

Supposons qu'il s'agisse d'établir un moule pour fonder de la nonpareille, on ne vérifiera pas seulement la force de corps en plaçant la lettre d'essai entre deux *m* sur un marbre, mais en plaçant quarante de ces lettres

à plat sur le prototype pour reformer les deux cent quarante points, et la différence répétée quarante fois indiquera comment le moule est défectueux. On arrivera donc ainsi à établir divers moules exactement de la même force de corps, qui sera en même temps la force de corps régulière.

Il en sera de même de chaque force de corps qui entre un certain nombre de fois dans deux cent quarante points, plus une fraction, en y ajoutant quelquefois une ou plusieurs espaces fines.

Cet instrument de répétition si ingénieux, appliqué aux diverses opérations de la fonderie, à la vérification des moules, à l'apprêt, est évidemment le meilleur moyen d'assurer la perfection du travail à un degré nécessaire pour le travail de la composition qui est une répétition perpétuelle et pour lequel, par suite, la précision de dimensions mesurée sur une lettre isolée est insuffisante.

Du typomètre. Les forces de corps de Fournier avaient un inconvénient : c'est qu'elles n'étaient pas réductibles aisément en mesures ordinaires; que la longueur du prototype ne pouvait s'établir avec les mesures connues; c'est ce qui a décidé MM. Didot à changer les dimensions du point; ils ont appelé six ou nonpareille la force de corps de six points typographiques, et ils ont donné au point typographique la longueur de deux points du pied de roi, de sorte que le six a précisément une ligne. Les avantages de ce changement ne compensaient peut-être pas la confusion qu'il a fait renaitre pour les forces de corps, mais qui a disparu par l'adoption universelle aujourd'hui des points Didot.

Le prototype s'est transformé en typomètre, qui lui est entièrement semblable, sauf la longueur qui est de deux cent quatre-vingt-huit points typographiques nouveaux

Pour remplir le typomètre il faut :

Nonpareille ou corps	6	. . .	48 lettres.
Mignonne ou corps	7	. . .	44 et 4 p.
Petit-texte	7 $\frac{1}{2}$	. . .	38 et 3 p.
Gaillarde	8	. . .	36
Petit-romain	9	. . .	32
Philosophie	10	. . .	28 et 8 p.
Cicéro	11	. . .	26 et 2 p.
Saint-Augustin	12	. . .	24
Gros-texte	14	. . .	20 et 8 p.
Gros-romain	16	. . .	18
Petit-parangon	18	. . .	16
Gros-parangon	20	. . .	14 et 8 p.
Palestine	22	. . .	13 et 2 p.
Petit-canon	26	. . .	11 et 2 p.
Trismégiste	32	. . .	9
Gros-canon	40	. . .	7 et 8 p.
Double-canon	52	. . .	5 et 28 p.
Triple-canon	66	. . .	4 et 24 p.

L'habitude des noms insignifiants rapportés ci-dessus commence à se passer. On se contente de désigner les caractères par le nombre de points contenus dans leur corps, comme M. Firmin Didot en a donné l'exemple.

On a essayé, dans ces derniers temps, de revenir aux points Fournier, en les mettant en rapport avec les nouvelles mesures. La base annoncée est que 100 points Fournier font juste 35 millim., ou que le point est égal à 0^m,35 environ. Serait-il prudent et avantageux, quand la plupart des imprimeries sont parvenues, souvent au prix de grands sacrifices, à monter tout leur matériel sur points Didot, de modifier toutes les forces de corps? Que vaut le point Didot en millimètres? L'annuaire du bureau des longitudes donne, pour la ligne du pied de roi, 2^m,256, dont le sixième est 0^m,376. Un tel bouleversement doit-il être tenté pour que le point soit plutôt 0,35 que 0,376? Cette première division décimale n'est en rien supérieure à la seconde. Ce serait sur d'autres bases que devrait être établie une division

millimétrique exacte qui, au reste, bouleverserait tous les matériels existants, et cela avec bien peu d'utilité.

§ 9. DES LETTRES DE DEUX POINTS, DES FANTASIES, DES CARACTÈRES D'AFFICHES.

Les titres des ouvrages, les annonces de journaux, exigeant des capitales de plus grandes dimensions que les grandes capitales des caractères qui servent à l'impression des textes, et dont la fonte offre beaucoup de difficultés, on facilite celle-ci, soit par l'emploi de la ponce dont nous parlerons ci-après, soit par le clichage. Ce procédé consiste à frapper vivement la matrice sur une petite quantité de métal fondu déposée sur une pierre plate. Le métal, projeté violemment au fond de la matrice, s'y moule avec une netteté extrême. Retirant ce cliché et en limant toutes les bavures, on le replace dans la matrice, et celle-ci étant placée sur un moule, on verse la matière pour former le corps, et la chaleur de celle-ci fondant une partie du cliché fait des deux pièces un tout parfait.

Caractères d'affiches. A partir des lettres de deux points de gros-canon, on a encore fait des lettres qui sont spécialement destinées aux affiches, ce sont les doubles de fonte, triples, quadruples de fonte, et enfin les caractères d'affiches proprement dits qu'on désigne par le nombre de points de leurs corps, et qu'on a poussé dans ces derniers temps à des proportions exagérées où elles deviennent du domaine de la gravure sur bois (voyez GRAVURE).

Pour rendre les grosses lettres moins pesantes, on les évide en dessous, ce qui les fait appeler, d'après leurs formes, lettres à ponts.

Le moule doit donc être fait de telle sorte que les jets pénètrent à l'intérieur de la tige par des parties circulaires, et la rompure se trouve au milieu de cet évidement. La matrice est pressée par une vis, et le moule est posé sur un support quand on fond, car le moule est trop long pour qu'on puisse songer à le tenir à la main. On ne peut donc plus pousser, et par conséquent les fins viennent difficilement. On y remédie en ponçant la matrice, c'est-à-dire en répandant à sa surface intérieure une petite couche de pierre-ponce, pulvérisée, très fine, et dont on fait un petit tampon en la renfermant dans un linge. Cette poussière empêche le refroidissement immédiat de la matière et permet à celle-ci de se mouler convenablement.

§ 10. DES ESSAIS DE CONQUÊTE DE LA TYFOGRAPHIE SUR LA TAILLE-DOUCE.

L'imprimerie a sur tous les moyens de reproduction deux très grands avantages qui doivent faire chercher à étendre autant que possible son domaine. Le plus important consiste dans son principe même, qui est celui de la composition et de la décomposition des diverses lettres, ce qui les fait servir à représenter une infinité de mots différents, tandis que les lettres d'une gravure sur cuivre ne peuvent servir que pour représenter ce pourquoi elles ont été spécialement gravées. C'est étendre à de nouveaux produits les grands avantages de la substitution de l'impression en caractères mobiles à l'impression tabellaire.

Le second consiste dans l'extrême économie du tirage des gravures en relief, qui, quand il s'agit de grands nombres, permet, surtout avec l'aide de la presse mécanique, d'obtenir les produits à un prix excessivement modique.

À des caractères d'écritures. On a souvent essayé de représenter les caractères d'écriture au moyen de l'imprimerie, ce qui était plus important encore avant l'invention de la lithographie qu'aujourd'hui, puisque pour avoir quelques exemplaires d'une circulaire on était obligé de la graver sur cuivre, travail dispendieux et qui ne pouvait plus servir à rien après l'impression.

On a donc gravé des caractères imités des formes de l'écriture que l'on compose comme à l'ordinaire. On représente ainsi très bien les caractères qu'on appelle *ronde, bâtarde*, dont les lettres commencent par des parties pleines. La jonction des lettres se faisant d'un délié à un trait fort est parfaite, et le trait noir de chaque lettre empêche l'œil de sentir que le fin de la lettre précédente n'arrive que très près; on obtient ainsi l'effet de la continuité de l'écriture.

Mais cet effet de continuité ne peut plus avoir lieu pour l'écriture courante, dite anglaise, dans laquelle le passage des pleins aux déliés se fait par transitions insensibles; aussi en composant lettre à lettre les jonctions se faisant à la rencontre de deux déliés, ne peuvent être jamais assez parfaites pour que l'œil ne les voie pas. C'est pour obvier à cet inconvénient que M. Firmin Didot a imaginé les anglaises, un des plus beaux travaux de leur auteur, typographe si justement célèbre. Nous allons exposer l'ingénieux système de combinaison qu'il a adopté, mais nous devons faire observer que la gravure des anglaises est un véritable chef-d'œuvre qui a fixé pour ainsi dire le type le plus parfait de l'écriture.

Si on considère les diverses lettres de l'écriture, on reconnaît qu'il n'y a que huit lettres qui se joignent aux lettres précédentes par un délié continu; ce sont *m, n, r, s, v, x, y, z*; pour toutes les autres le délié vient se perdre dans une partie pleine. Or, si nous faisons abstraction de ces lettres, il est évident que l'on obtiendra l'effet de continuité en faisant que chaque lettre soit terminée par le délié tout entier, puisque alors, comme nous l'avons dit plus haut, la lettre suivante venant présenter une partie pleine à son extrémité, la continuité de l'écriture est complètement obtenue pour l'œil.

C'est ce que l'on a fait pour l'anglaise, mais il restait encore à faire les liaisons des diverses lettres avec celles dont nous avons parlé plus haut. On pouvait y arriver en faisant des lettres doubles composées des autres lettres suivies de celles-ci et de leurs combinaisons entre elles; mais on serait arrivé à un nombre de signes trop considérable. Pour en diminuer le nombre, M. Didot a imaginé les passe-partout; ce sont les signes composés de la première partie d'une de ces lettres, commune à plusieurs suivant une autre lettre; comme, par exemple, *es*. Ce signe servira à faire *em, en, er*, en ayant le reste de ces lettres comme signe particulier qui viendra se joindre fin avec plein.

C'est en étudiant les divers cas qui peuvent se présenter que M. Didot arrive à satisfaire complètement au problème proposé avec un petit nombre de passe-partout et de lettres doubles. Un exemple fera bien comprendre ce mode de composition. Ainsi :

Admirablement

se compose,

Admirablement

La liaison a toujours lieu ainsi, de délié sur plein, au moyen de quelques signes particuliers dont l'emploi n'offre aucune difficulté à un compositeur de quelque habileté.

Les anglaises se fondent avec un moule différent du moule ordinaire. On conçoit que si on les fondait sur celui-ci le délié d'une lettre ne pourrait venir s'allonger le long du jambage de la lettre suivante sans créner pour venir se placer sur celle-ci, ce qui serait d'un ajustement difficile et exposerait ces parties à se casser trop aisément. On se sert d'un moule penché, c'est-à-dire d'un moule dont les blancs ont sur les longues pièces une inclinaison égale à celle de l'écriture sur la

ligne horizontale ; de la sorte les jambages droits des lettres seront parallèles aux surfaces de froterrie. Ceux-ci sont au vif, et le délié vient se terminer presque parallèlement à la froterrie, l'assemblage imite tout à fait celui de l'écriture, en évitant beaucoup de crénerie. L'usure est peu considérable dans la casse, parce que les extrémités des traits sont obliques sur la froterrie et protégées par la tige de la lettre. Pour qu'on puisse serrer la forme il faut toujours qu'elle forme une surface rectangulaire sans vides, aussi place-t-on au commencement et à la fin de chaque ligne des quadratins triangulaires qui servent aussi à faire tenir la lettre dans le compositeur.

Ce système, d'abord employé, avait un grand défaut, c'est qu'à cause de toutes ces surfaces obliques il était difficile de serrer la forme sans qu'il y eût quelque glissement qui vint déranger les lignes. On y a remédié en faisant un cran dans le blanc du moule, qui fait que la froterrie est composée de deux losanges parallèles, réunis l'une en arrière de l'autre, de telle sorte que les lettres successives s'accrochent entre elles successivement et qu'aucun glissement ne saurait avoir lieu.

2° De l'impression de la musique par les procédés typographiques. La musique est habituellement imprimée au moyen d'une espèce particulière de gravure en taille-douce (voyez GRAVURE DE MUSIQUE).

Ce travail, ordinairement exécuté par des femmes qui acquièrent beaucoup d'habileté, est peu coûteux ; il paraît donc de peu d'intérêt de s'occuper des essais qui ont été souvent répétés, de faire entrer l'impression de la musique dans le domaine de la typographie. Mais il faut remarquer :

1° Que la musique obtenue par les procédés typographiques doit surpasser en beauté et en régularité, quant à l'espacement et à la pente des signes fondus, celle obtenue par le procédé ordinaire, à cause des variations qui doivent toujours avoir lieu dans le placement des poinçons ;

2° Que le procédé ordinaire devient tout à fait insuffisant, quand on désire joindre quelques exemples aux ouvrages qui traitent de la musique, et que ce serait un avantage réel que de pouvoir remplacer par de la lettre typographique le texte des romances, toujours fort disgracieux quand la gravure en est obtenue par le frappe par lettres séparées ;

3° Que le prix du tirage de la gravure en taille-douce est très élevé en raison de sa difficulté et de tous les soins qu'il exige. Il coûte environ 4 fr. 50 c. le cent, soit 45 fr. le mille, tandis que le tirage de la typographie, surtout avec les presses mécaniques, ne coûte pas plus de 5 fr. le mille. Cette supériorité assure la préférence aux procédés typographiques, dans le cas de très grands tirages.

Ce qui fait la grande difficulté de l'impression de la musique par les procédés typographiques, c'est la nécessité d'obtenir des portées qui paraissent continues.

On peut classer les procédés, au moyen desquels on a cherché à lever cette difficulté, en deux séries :

1° Procédés qui ne comportent qu'une seule opération. Notes et portées toujours gravées ensemble ;

2° Procédés qui comportent deux opérations, l'une pour les notes, l'autre pour les portées.

1° Le procédé le plus simple, celui qui résulte de la nature même de la typographie, consiste à composer la musique comme on a longtemps composé le plain-chant, sans employer de notes doubles. Chaque note est gravée avec les portées qui répondent à l'intervalle qu'elle occupe dans la composition, et leur réunion reforme les portées par parties successives. La multiplicité des signes qui seraient nécessaires pour la composition de la musique rendrait ce procédé peu commode ; mais il serait surtout défectueux par l'effet

désagréable des blancs toujours apparents aux jonctions des diverses notes ; tellement que le procédé a même été abandonné pour la composition du plain-chant et remplacé par celui dont nous allons parler.

Procédé Fournier. Fournier, cherchant à améliorer ce procédé, imagina un autre système qui eut, pendant quelque temps, beaucoup de succès. Breitkopf, qui imagina un procédé analogue, à peu près à la même époque, entreprit de grands travaux, et ses descendants l'appliquent encore aujourd'hui, après y avoir apporté des perfectionnements de détail. Pour diminuer le nombre de jonctions, Fournier fondait la musique sur cinq corps, tous égaux à une, deux, trois, quatre, cinq fois le plus petit, qui était égal à l'épaisseur d'une portée. Chaque signe étant gravé seulement avec les portées qu'il rencontre, et fondu sur les corps correspondant à ce nombre de portées, on voit qu'un parangonnage sera nécessaire le plus souvent pour terminer la composition de chaque signe. Le nombre des interruptions dans les jonctions diminuera, parce que toutes les fois que ce parangonnage devra avoir lieu sur des signes consécutifs, on remplacera les filets élémentaires par des filets de grande longueur correspondant à plusieurs notes ; toutefois, le nombre en sera toujours trop considérable pour que ce procédé puisse lutter avec la musique gravée.

Un autre avantage de ce système est de pouvoir faire bon nombre de signes composés, comme par exemple des croches réunies, par la composition des notes qui seules représentent les noires, et d'une barre transversale qui se place comme nous venons de le dire, pour les filets. La musique de Fournier n'en comporte pas moins plus de cent soixante signes différents (sans être aussi complète que celle qu'il faudrait employer aujourd'hui). Ce procédé n'est praticable que pour une musique simple.

2° La grande difficulté à résoudre étant de remplacer par une seule opération les deux gravures successives des portées et de la musique, on a cherché aussi et avec plus de succès, à obtenir la musique par deux opérations.

Double impression. On a souvent cherché à imprimer successivement les notes sans portées, puis les portées ; ce fut même le premier procédé que Fournier tenta de réaliser. Mais si la composition devient alors d'une grande simplicité, la difficulté de retomber juste sur toutes les lignes à la fois, a fait renoncer à ce système tous ceux qui l'ont essayé.

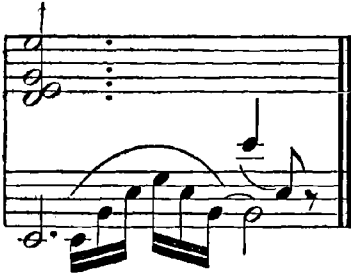
Procédé Duverger. M. Duverger, imprimeur à Paris, est parvenu à tourner la difficulté qui s'attachait à l'impression de la musique par un procédé extrêmement ingénieux et qu'il exploite avec succès.

La composition se fait comme dans le procédé précédent, au moyen de notes sans portées. La composition faite est portée au cliché, qui en prend une matrice en plâtre. C'est dans cette matrice qu'on trace les portées au moyen d'un instrument qui permet de descendre une griffe exactement à la profondeur de l'œil des notes, et de la faire mouvoir en ligne droite ; de telle sorte qu'elle rencontre exactement par le milieu les notes sur portées. Cela fait, on coule le métal dans cette matrice, et on obtient ainsi en relief la planche de musique. Nous en donnons ci-contre une épreuve.

Avantages de ce procédé. Il est aisé de voir combien ce procédé offre d'avantages. — En fournissant le cliché, il permet de ne tirer que le nombre d'exemplaires dont on a besoin. — Le texte, joint à la musique obtenue par la typographie, est d'une netteté parfaite. — Les lignes de musique montées sur bois, comme M. Duverger les fournit à ses confrères, viennent se mêler facilement dans toutes les compositions. — Enfin le grand avantage du relief permet, par l'économie qu'il offre le tirage,

FONDERIE EN CARACTÈRES.

d'obtenir les ouvrages populaires de musique à des prix extrêmement modérés.



Le procédé *Duerverger* permet encore de résoudre une difficulté de l'impression de la musique, dont aucun autre système n'offre une solution quelque peu satisfaisante. On sait que les notes sont souvent réunies par un signe appelé coulée, qui vient rencontrer des portées sous toutes les inclinaisons, en variant de grandeur pour embrasser le nombre de notes voulu. Ces signes, qui ne peuvent entrer dans les compositions, se placent en général hors des portées dans les autres systèmes, ce qui n'est pas toujours admissible. Le procédé *Duerverger* résout seul cette difficulté ; voici comment :

De petites coulées, faites avec de petits morceaux de cuivre, sont simplement collées sur la composition avant le clichage, et sont moulées dans le plâtre. En les enlevant, la matrice portera donc en creux ces coulées, qui, après la fonte, feront partie de la planche de musique. C'est de la même manière que se font les barres qui indiquent les croches, doubles croches, etc.

Inconvénients du procédé. Ils ne consistent que dans le prix élevé de la planche, qui limite beaucoup le nombre de cas dans lesquels il serait avantageux de typographier la musique.

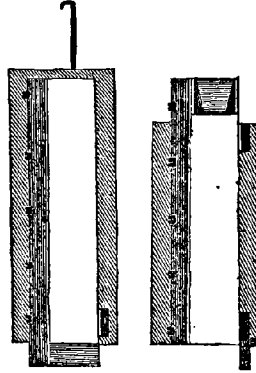
§ 44. OBJETS ACCESSOIRES DE LA COMPOSITION.

Interlignes. Les interlignes sont des bandes de métal de la hauteur des espaces, qui servent à séparer les lignes. Ces bandes permettent d'obtenir avec un même caractère des effets différents, puisque, augmentant les blancs de la page, l'impression devient plus claire et plus agréable à l'œil ; elles consolident aussi la composition, et empêchent les chevauchages ou empiètements d'une ligne sur l'autre, qui peuvent provenir, soit des imperfections de la fonte du caractère, soit du mauvais serrage de la forme.

De l'emploi que les interlignes ont à remplir, il résulte : qu'elles doivent être parfaitement égales d'épaisseur dans toute leur longueur, identiques entre elles, parfaitement plates et exemptes de courbures qui feraient naître une élasticité qui rendrait le serrage régulier de la forme très difficile. La nécessité de remplir ces conditions aurait fait chercher à obtenir les interlignes par les procédés de fonderie, quand on n'y aurait pas été conduit par la simplicité et l'économie. Si l'on veut réfléchir, en effet, aux moyens mécaniques qu'il serait possible d'employer pour préparer des lames de métal, on verra qu'ils sont bien plus compliqués que ceux de la fonderie ; outre que l'action mécanique du laminoir ou autre outil analogue engendre forcément l'élasticité que nous avons signalée comme un défaut. Aussi n'a-t-on jamais fait par ces procédés que quelques interlignes en cuivre d'un demi-point. Il va sans dire que des interlignes faites par des procédés mécaniques ne pourraient être faites avec le métal à caractères, qui a trop peu de résistances pour être travaillé au banc à tirer, et s'écrase trop facilement pour passer sous le laminoir. Donnons quelques détails

FONDERIE EN CARACTÈRES.

sur le moule au moyen duquel on fond les interlignes. *Du moule à interlignes.* Le moule à interlignes (fig. 4023) est composé de deux pièces de 0^m 45 de long



4023.

environ, c'est toute la longueur sur laquelle on peut fondre les interlignes de peu d'épaisseur. Chacune de ces pièces est formée d'une bande de fer dressée avec soin, le long de laquelle s'applique une joue en équerre, de sorte que les deux pièces étant appliquées l'une sur l'autre, elles laissent entre elles un espace rectangulaire, dans lequel viendra se former l'interligne. Deux équerres placées sur chaque pièce sur le côté opposé à la joue, et dans chacune desquelles s'engage la joue de l'autre pièce, empêchent les pièces de tourner l'une sur l'autre. À l'extrémité supérieure de la pièce du dessous est appliqué le jet entaillé dans une partie qui peut glisser et dépasser la longue pièce de l'épaisseur de l'interligne à fondre. À l'extrémité inférieure de la pièce du dessus est un talon fixé de la même manière, et qui excède aussi la surface de l'épaisseur de l'interligne. Ce talon arrêtera la matière qui, entrant par le jet, devra venir remplir le vide. On voit que le mouvement du jet et du talon permettra de fondre avec le même moule toutes les épaisseurs dont on aura besoin. Quant aux longueurs, on les obtient, soit en rognant les bandes fondues au moyen de l'outil dont nous parlerons ci-après, soit en les fondant directement de longueur au moyen du moule, ce qui doit toujours se faire pour les lingots trop épais pour pouvoir être coupés facilement. Pour cela, on adapte, au moyen d'une vis, sur le côté de la pièce du dessous, qui ne porte pas de joue, un petit chariot sur lequel vient s'appuyer l'extrémité de la joue de la pièce du dessus. En repoussant ou éloignant ce chariot, on arrive à donner à l'interligne la longueur exacte qu'elle doit avoir ; mais alors, après avoir enlevé le jet, il faut limer le bout du côté du jet pour enlever l'excédant de la rompure. Ce moule, employé avec grand soin, peut servir à fabriquer d'assez bons produits ; néanmoins il laisse beaucoup à désirer, et en travail courant on peut dire qu'il ne fournit qu'une fabrication imparfaite, comme les imprimeurs en ont pu faire souvent l'expérience. Cela dépend de deux défauts principaux :

1^o La joue d'une pièce ne peut s'appliquer bien exactement sur l'autre pièce, puisque le moule doit poser librement par ses extrémités pour que les interlignes soient identiques. Celles-ci viennent à la fonte avec deux barbes en équerre qui se forment par ce défaut d'ajustement, et ces barbes faisant tenir l'interligne, on la fausse en la sortant du moule, et aussi en

la rattissant pour enlever ces barbes, aussi ne sont-elles jamais bien plates.

2° Le moule s'échauffant peu, quand on fond des interlignes fines, l'ouvrier est forcé, surtout quand il faut des longueurs un peu grandes (et encore ne dépasse-t-on guère 0^m,42 à 0^m,43), d'enduire son moule avec un peu d'ocre ou de noir de fumée pour diminuer le refroidissement, ce qui fait naître de petites variations dans les épaisseurs.

Interlignes fondues par pression. Un nouveau moyen de fonder les interlignes, bien supérieur à l'ancien, s'est fait jour dans ces dernières années, c'est l'application d'un nouveau procédé de fonderie (voir FONDRIE MÉCANIQUE). La supériorité de cette nouvelle fabrication fut pleinement établie dès le premier jour, et le temps n'a fait que confirmer cette opinion.

Dans ce procédé, le jet se trouve sur la longueur de l'interligne au lieu d'être à l'extrémité, ce qui n'offre aucun inconvénient; la matière n'a donc plus que peu de chemin à parcourir, et il devient facile d'obtenir de grandes longueurs. Le métal est chassé avec une grande force au moyen d'un refouloir; il n'existe plus de soufflures ni de trous qui se forment quand le refroidissement empêche le métal d'arriver en certaines places en quantité suffisante.

L'interligne vient se former entre deux pièces; celle du dessus est entièrement plate, et celle du dessous se compose d'une pièce plate entourée en fer à cheval d'un rebord de l'épaisseur de l'interligne. Ces deux pièces sont unies ensemble par un serrage d'une force considérable, ce qui évite les variations qui naissent toujours de la manière dont l'ouvrier tient fermé le moule à main. La partie antérieure de la pièce du dessus porte une petite saillie dans toute la longueur, qui, empêchant l'interligne de sortir, permet de la séparer du jet par le mouvement d'un chariot sur lequel reposent les pièces entre lesquelles la matière a été refoulée; puis, soulevant la pièce du dessus, après avoir ouvert le serrage qui l'appliquait sur la pièce du dessous, l'interligne se trouve fondue et rompue, ne peut être que parfaitement plate, et il n'y a plus qu'à l'enlever du moule sur lequel rien ne la retient. Ce que nous venons de dire suffit pour comprendre que ce système offre tous les avantages qu'on peut désirer. Absence totale de soufflures et de parties creuses, identité dans les produits, toute variation étant impossible; facilité de fonder de grandes longueurs; les interlignes sont fondus par ce procédé sur 0^m,30 de longueur.

Si l'on joint à cet avantage que la perfection de ces produits en a assuré la vente, et que chaque sorte d'interlignes devant être fondus par quantités considérables, permet d'apporter à la mise en train la plus grande précision, au moyen du calibre, instrument de répétition dont nous parlerons ci-après, on devra considérer ce procédé comme un véritable progrès.

Des épaisseurs. Pour les épaisseurs des interlignes, comme pour tout le matériel de l'imprimerie, le point, l'unité typographique doit être la mesure de l'épaisseur.

On compte cinq interlignes :

1 p., 4 p. 1/2, 2 p., 2 p. 1/2, 3 p.

Les interlignes d'épaisseurs supérieures se font en multipliant celles-ci, ce qui est toujours le plus avantageux, ou sont comptées comme lingots.

Cette progression par demi-points offre toutes les nuances désirables; mais on ne fond guère que des quatre sortes : 4 p., 4 p. 1/2, 2 p., 3 p. L'interligne 2 p. 1/2 se fait souvent en réunissant les deux premières, dont l'usage est bien plus fréquent.

Du calibre. Le calibre est un instrument qui permet de vérifier avec une grande précision l'épaisseur des interlignes, filets, etc. Il consiste en deux équerres

larges de 0^m,02, glissant l'une sur l'autre en conservant leurs faces parallèles et serrées au moyen d'un écrou. Si on fixe les deux pièces dans un écartement donné, par exemple, à 30 points de distance, au moyen de 3 m de dix qu'on placera dans ce calibre, il faudra que 40 interlignes de 3 points ou 30 interlignes d'un point entrent dans ce calibre avec la même résistance dans toutes leurs parties. C'est un instrument de répétition au moyen duquel on corrige des défauts très faibles, et les imperfections qui peuvent subsister ne sont qu'une quantité trop faible pour être nuisible. Comme pour tous les produits de fonderie, ce n'est que par la répétition qu'on peut obtenir une perfection suffisante, la composition étant elle-même une répétition perpétuelle qui multiplie les plus petits défauts.

Du rogne-interligne. L'outil qui sert à mettre les interlignes de longueur est un outil indispensable dans toutes les imprimeries, et qui s'y rencontre pour ainsi dire toujours. Il se compose d'un couteau descendant dans un plan vertical, placé à l'extrémité d'une bande de fer horizontale. Cette bande est munie, dans le sens de sa longueur, d'une partie formant un dos, contre lequel l'interligne vient s'appuyer. Un chariot fixé à plat au moyen d'une vis à tête plate, pour laquelle plusieurs trous, correspondant à des positions différentes, sont percés dans la partie horizontale, vient s'appuyer par son grand côté contre le dos et peut glisser horizontalement. Si on place une interligne appuyée à ce chariot et à la partie verticale de l'équerre et bien appliquée à plat, puis qu'on abaisse le couteau, en le serrant vers le chariot, on aura une interligne qui sera exactement de la longueur qui sépare le chariot du couteau; et, l'instrument une fois monté à la longueur convenable, on coupera de cette longueur le nombre d'interlignes dont on aura besoin en répétant l'opération.

Cet outil est nécessaire dans une imprimerie, puisque souvent on a besoin de remettre des interlignes qui deviennent inutiles sur une justification plus courte.

2° *Des filets.* Les filets sont des lames de métal de la hauteur des caractères, dont l'œil est produit par une opération mécanique. Cet œil, par la nature même du procédé de fabrication, est toujours une ligne droite, ou une combinaison de lignes droites de diverses largeurs. L'épaisseur des filets est ordinairement d'une nonpareille ou 6 points, pour ceux qui ont besoin d'un œil un peu fort, et sur demi-nonpareille ou 3 points pour les autres.

On a fait longtemps les filets en cuivre, mais ceux qu'on employait autrefois étaient mal fabriqués et n'avaient pas la justesse désirable, surtout pour la composition des tableaux où l'on en emploie beaucoup, et qui demande beaucoup de précision. Aujourd'hui on les fabrique beaucoup mieux, mais on les emploie cependant rarement à cause du bon marché auquel on peut établir ceux obtenus par la fonte.

Le moule à filets doit être le plus long possible, car comme on découpe dans les lames la longueur dont on a besoin, plus elles sont longues, moins il y a de déchet. On ne peut pourtant guère excéder un mètre de long, parce qu'il serait difficile de faire arriver la matière dans toute la longueur quand on fond les filets sur demi-nonpareille. Le moule à filets se compose de deux pièces assemblées à charnière par l'extrémité inférieure, qui pose à terre dans l'opération de la fonte.

La pièce du dessous est composée :

1° D'une pièce en fer, bien dressée, d'une épaisseur un peu plus grande que la hauteur des filets ;

2° De deux bandes de fer d'épaisseur égale, qui posent sur deux saillies qui s'étendent dans toute la longueur de la première pièce et bien parallèlement à celle-ci à la partie inférieure. Ces deux bandes se fixent au moyen de vis à tête, traversant des trous oblongs qui permettent à ces pièces de monter.

Ces deux bandes étant bien dressées en même temps que la pièce principale, on voit que si on place entre elles et les mailles inférieures de petites cales de l'épaisseur exacte du filet qu'on veut fonder, elles débordent précisément de cette quantité la partie sur laquelle doit se former le filet.

La pièce du dessus est une pièce en fer, plate, de la largeur des trois parties de celle du dessous. Elle viendra donc s'appliquer sur les deux bandes de la pièce du dessous, et le vide sera précisément tel, qu'étant rempli par la matière le filet ait les dimensions convenables. Il n'est pas besoin de dire que chaque pièce est garnie d'un bois, et qu'un jet est adapté à la partie supérieure.

Le moule est fermé par le milieu au moyen d'une griffe à vis; cette griffe vient s'accrocher sur deux tenons en saillie sur la pièce du dessous; en faisant tourner la vis dont l'écrou se trouve au milieu de la griffe, on serre les deux pièces.

Voici en quoi consiste le moule à filets, mais on ne pourrait fonder sans une préparation préalable des filets un peu minces. Le fer refroidissant rapidement le métal, la partie qui parcourt successivement ces surfaces froides est figée bien avant d'être arrivée à l'extrémité du moule; et même, pour les filets plus épais, la surface étant rapidement refroidie, l'air forme des soufflures à l'intérieur qui le mettent souvent hors de service.

On emploie un moyen très simple pour parer à ces divers inconvénients : on colle, au moyen de colle de pâte, une bande de papier bien égale sur chacune des deux pièces; de cette manière le métal n'étant plus refroidi si rapidement, arrive aisément à l'extrémité du moule. La colle a souvent de la peine à prendre quelque adhérence avec le fer. On se trouve bien de frotter celui-ci avec une gousse d'ail; la surface est attaquée et devient gluante. La colle prend alors très bien.

L'inconvénient de ce procédé est que le papier se charbonnant assez promptement près du jet, le filet se trouve avoir plus d'épaisseur dans cette partie, et bientôt le papier se déchirant, il devient impossible de continuer. Il serait assez utile de chercher quelque dissolution qui rendit le papier moins combustible. On a employé l'alun avec quelque succès.

Du banc à tirer et du filetage des filets. Le filet sortant du moule n'est pas assez rigoureusement d'épaisseur; les inégalités qui résultent de la combustion du papier et de l'épaisseur de la colle, rendent nécessaire de le passer au banc à tirer, entre deux couteaux qui se rapprochent, pour obtenir rigoureusement l'épaisseur convenable.

L'opération qui consiste à faire l'œil du filet se fait au coupoir. On serre dans un justifieur le filet, puis au moyen d'un fer monté dans un robinet mécanique (qui est un rabot ordinaire, à la seule différence que le fer peut monter ou descendre au moyen d'une vis verticale), on enlève peu à peu du métal. Le rabot étant guidé par l'épaisseur constante du filet, sur lequel on a serré les patins, il est évident que, en chaque point, le filet présentera la même épaisseur de fer du rabot, et que toutes les contre-épreuves formeront des lignes droites. Ainsi si le fer (qui est en acier trempé) est simplement un fer fourché avec une petite partie plate au fond, le filet sera simple, et l'épaisseur de l'œil sera celle de cette partie plate. En variant les fers on fera les divers filets, maigres, de cadre, azurés, etc.

Pour que le filet ait la hauteur exacte des caractères, on le retourne dans le justifieur, on le taqué pour former l'œil à arriver au fond, puis on serre fortement. On enlève l'excédant de hauteur avec le rabot mécanique et on termine, avec un rabot à fer fixe, dont les patins sont bien droits, et qui a été monté avec soin, pour obtenir une hauteur bien régulière.

Outils servant à couper et biseauter les filets. C'est à l'aide du couteau et de la lime que l'on coupe habituellement les filets et qu'on biseaute les extrémités qui doivent s'assembler pour former les cadres. On construit aussi à cet effet un outil dit *biseautier*, analogue au rogne-interligne, qui se compose d'un couteau tournant sur la surface inclinée d'une pièce en cuivre portant une rainure dans laquelle se place le filet. Celui-ci étant attaqué par le couteau dans le sens de la hauteur, et d'une quantité indéterminée, trop grande quelquefois pour que le couteau puisse l'enlever, les résultats de cet outil sont très imparfaits. Il n'en est pas de même d'un outil construit en Angleterre par M. Jehl, ancien directeur des ateliers de la *Fonderie générale*. Il se compose d'un fer vertical porté dans un chariot glissant à coulisses. Ce fer ne pouvant saillir que d'une faible quantité (réglable par une vis qui en change l'inclinaison), la quantité de matière enlevée est toujours convenable. Le filet présenté droit est coupé d'équerre; présenté à 45° par l'effet d'un guide oblique, il est biseauté à cette inclinaison et toujours mis à la longueur voulue, si l'outil porte un chariot à vis que nous y avons joint avec succès.

3° *Des garnitures.* Les garnitures servent à remplir les intervalles qui séparent les pages dans une forme et permettent de les serrer dans un châssis en laissant entre elles les séparations convenables, qui représentent les marges sur le papier.

On se servait autrefois, et aujourd'hui même on se sert encore, dans quelques imprimeries, de bois pour établir les garnitures. Ces bois étant rarement assez égaux en épaisseur pour que les intervalles fussent identiques, on ne pouvait obtenir un registre parfait; étant rarement d'équerre, les caractères suivant la direction des bois, penchant en pied ou en tête, ne pouvaient être parfaitement redressés. De plus, après le lavage de la forme, les bois d'abord gonflés se séchaient et se resserraient, ce qui leur donnait des courbures diverses, contraires à leur destination, et d'où résultaient de fréquentes décompositions de formes, surtout pendant les grandes chaleurs. Enfin, l'emploi des bois était encore assez coûteux, bien que le prix d'achat ne fût pas élevé, à cause de leur fréquent renouvellement, vu qu'une fois coupés pour un ouvrage, ils peuvent rarement être employés pour un autre.

C'est à M. Molé que revient l'honneur d'avoir remplacé ces bois par des garnitures en métal. Le problème à résoudre consistait à obtenir des plans parallèles destinés à soutenir la lettre et à réunir ces plans par des compartiments disposés de la manière la plus convenable pour résister à la pression résultant du serrage de la forme avec le minimum de poids. Le lingot plein, offrant inutilement une résistance bien supérieure à la pression qu'il doit supporter, était un moyen quelque peu barbare; la garniture à jour forme au contraire un moyen parfait d'atteindre le but, puisqu'on peut proportionner les épaisseurs de métal de manière à obtenir une résistance suffisante et non un excès inutile.

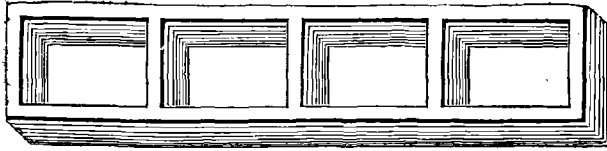
La forme la plus parfaite à donner aux garnitures, pour obtenir la résistance convenable avec le moindre poids, sera évidemment la disposition dans laquelle le métal résistera partout directement, et non par une action indirecte qui, multipliant l'effort par un bras de levier, forcerait à employer de grandes épaisseurs de métal pour résister à cette action.

Nous nous contenterons de donner le système le plus parfait de garnitures à jour qui existe aujourd'hui et qui est dû à un habile fondeur, M. Lion.

Les fig. 4024 et 4025 représentent la forme de cette garniture fondue au moyen d'un moule fort ingénieux qu'il serait trop long de décrire ici. Dans ce système, les séparations sont verticales, et se prolongent jus-

qu'à la partie supérieure de la garniture, où elles ont une épaisseur convenable.

doit imprimer; mais un semblable travail serait bien souvent inutile, parce qu'une fonte appliquée un jour à un travail d'une certaine nature devra faire le lendemain un travail tout différent. La police ne peut donc être qu'une moyenne, qui ne varie qu'avec les grandes révolutions de l'orthographe, comme quand l'a a remplacé l'o dans un grand nombre de mots.



4024.

Dans ce système, on obtient le maximum de résistance relative au poids du métal employé. En effet, la résistance qu'opposent les séparations est toujours directe. L'épaisseur des côtés de la garniture et des cloisons, à la partie inférieure, est peu différente de celle qui existe à la partie supérieure, parce que dans ce moule le noyau se retire de la garniture, pendant que celle-ci reste dans le moule, au moyen de l'action d'une vis et de guides qui forcent le noyau à sortir en ligne droite; si bien qu'il ne faut plus que peu de dépouille pour qu'il sorte facilement. Il en résulte encore cet avantage que les garnitures, maintenues dans le moule à ce moment, puis s'en détachant avec une grande facilité, ne peuvent jamais être faussées.



4025.

Nous terminerons par l'observation de Fournier, qu'il n'est pas surprenant que les grandes capitales nécessitent une police différente de celle des minuscules, puisque étant plus communément employées à commencer les mots qu'à les former, certaines consonnes ont un emploi égal à celui des voyelles.

Nous ne pouvons donner ici les polices convenables pour les langues étrangères qui se trouvent dans les principales fonderies; c'est ce que l'on a fait dans la police que nous donnons pour les français, qui est celle adoptée par la fonderie générale, et qui n'est guère que la police Didot ramenée à 100,000 lettres, en y faisant quelques corrections indiquées par l'expérience.

Police française pour 100,000 lettres.

§ 41. DE LA POLICE DES CARACTÈRES.

La police des caractères est la liste des sortes nécessaires à la composition, avec l'indication de leur proportion respective pour un nombre de lettres déterminé, et par suite pour un poids donné, autrement dit, pour une fonte. Cette proportion s'établit habituellement sur 100,000 lettres, et forme un tableau dont on répète les nombres autant de fois qu'il est nécessaire. Une fonte se demande habituellement par poids, quelquefois par feuille, et dans ce cas, on estime la feuille de 80 à 100 kilogr., soit 40 à 50 kilogr. par forme, en comptant dans le poids des feuilles les sortes qui restent nécessairement dans la casse, et qui ne pourraient être levées à cause de l'épuisement d'une d'elles. Cette seconde manière de demander une fonte se ramène donc facilement à la première.

Une fonte étant demandée en poids, le fondeur doit en déduire le nombre de lettres qu'il doit fondre, sans qu'il soit possible d'arriver au poids déterminé d'une manière absolue, à cause des variations des divers poids du même nombre de lettres de caractères d'un même corps, suivant la grosseur de l'œil, l'approche, etc., qu'il est impossible d'évaluer d'une manière absolue. L'imprimeur doit donc laisser au fondeur une latitude du dixième environ sur le poids, soit en plus, soit en moins.

La détermination d'une police exacte serait un travail d'une extrême importance, s'il était possible; mais malheureusement il n'en est rien, et quelque soin que le fondeur puisse apporter à l'établir, il est bien rare qu'une fonte puisse être complètement utilisée, sans qu'on ait besoin d'y ajouter de nombreux assortiments qui sont souvent une source de reproches pour le fondeur. Cela résulte des variations très considérables dans l'emploi des diverses sortes, suivant la nature du travail auquel on applique une fonte. Ainsi, suivant qu'elle servira à l'impression d'un ouvrage de jurisprudence ou de médecine, certaines sortes surabondantes dans un cas seront insuffisantes dans l'autre. Il en sera de même si elle doit servir à imprimer un journal ou un lauréat. Fournier recommande de faire dans chaque cas la police, en comptant toutes les lettres comprises dans un passage de l'ouvrage que l'on

a	5,000	é	4,600	A	400	A	250	1	450
b	4,100			B	250	B	150	2	350
c	2,500	à	500	C	350	C	200	3	300
d	3,000	è	500	D	330	D	200	4	300
e	9,300	i	400	E	500	E	400	5	350
f	4,200	ù	200	F	200	F	125	6	250
g	4,000			G	200	G	125	7	250
h	4,000	â	450	H	200	H	125	8	250
i	5,000	ê	400	I	500	I	250	9	250
j	500	î	400	J	250	J	400	0	450
k	200	ô	400	K	75	K	50		
l	4,000	û	450	L	400	L	200		3,200
m	2,400			M	400	M	300		
n	4,500	ë	450	N	350	N	200		
o	4,700	ï	400	O	250	O	250		
p	4,800	ii	400	P	300	P	450		
q	4,300			Q	200	Q	100		
r	4,600		4,450	R	400	R	200		
s	5,500			S	400	S	250		
t	5,000			T	350	T	250		
u	4,500		4,600	U	300	U	250		
v	4,200		2,000	V	250	V	450		
x	500		4,000	X	450	X	400		
y	400		4,000	Y	400	Y	75		
z	400		400	Z	400	Z	50		
	70,500				350				
		!		Æ	75	æ	50	Bas de casse.	70,500
æ	400	?		OE	75	œ	50	Doubles. . .	4,650
œ	200	α		W	75	w	50	Accents. . .	4,450
w	200	*		Ç	75	ç	50	Punctuations.	7,500
ç	450	()		É	200	é	450	Gr. capitales.	8,000
ù	400	[]		Ê	200	ê	450	Pet. capitales.	5,000
î	200	-		Ë	100	ë	400	Chiffres. . .	3,200
ff	200	\$			50				400,000
fi	400			Ë	75	ë	50		
ff	400				7,500				
	4,650				8,000		5,000		

Pour donner idée de la variété des produits qui se rencontrent dans une fonderie en caractères, nous avons composé la page suivante à l'aide de quelques caractères empruntés à la Fonderie générale, établissement formé de la réunion des principales maisons de la capitale, groupées autour de la fonderie Firmin Didot, si justement célèbre.

FONDERIE GÉNÉRALE DES CARACTÈRES FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

Ch. Laboulaye & Co.

Successors de FIRMIN DIDOT, TARBÉ, ÉVERAT, LION, etc.

Caractères Romains.

6 n. 10.

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ ipsius habitu prope divino, per

7 n. 8.

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ ipsius habitu prope

8 n. 3.

Ego multos homines excellenti animo atque virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ ipsius

9 n. 8.

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ ip-

10 n. 2.

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ ip-

11 n. 16

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine doctrina, naturæ

12 n. 3.

Ego multos homines excellenti animo ac virtute fuisse, et sine

FANTAISIES.

Capillaire du Neuf.

D. N'étes-vous pas allé fréquemment au tir au pistolet, R. J'avais

Bretonnes du Dix.

Histoire de l'Ecole d'Alexandrie, par M. Jules SIMON.

ANTIQUES ALLONGÉES DU NEUF.

ÉGYPTIENNES ALLONGÉES DU DOUZE.

FANTAISIES DIVERSES.



Caractères Étrangers.

Allemand du sept

Hanau Mannheim Memmingen Freiberg Augsburg Freiburg

Allemand du neuf.

Mannheim Hanau Memmingen Freiberg Augsburg

Allemand du douze.

Hamburg Hanau Meissenheim Augsburg

GREC DU SEPT.

Τῶ πίσυνοι, σπονδόντος ἐπαρχόμενοι πολέμοιο, Ἀτρεΐδαι

GREC DU NEUF.

Θουκυδίδης Ἀθηναῖος ξυνέγραψε τὸν πόλεμον τῶν

GREC DU DOUZE.

Θουκυδίδης Ἀθηναῖος ξυνέγραψε τὸν

SYRIAQUE

בדאשיה ברה אלהים את השמים

SYRIAQUE

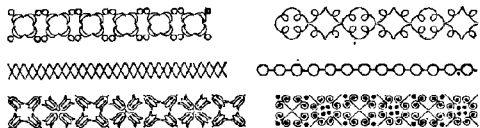
علم الصعاري والصعاري

Arabe

علم الصعاري والصعاري

علم الصعاري والصعاري

Vignettes diverses.



FLEURONS.



FONDERIE MÉCANIQUE. Le moule ordinaire, qui est, à bien peu près, le même que celui employé à l'origine de l'imprimerie, peut, comme l'a montré une longue expérience, donner avec des soins convenables une fabrication parfaite. Les améliorations qu'on pourrait y introduire encore ne doivent donc pas changer les principes fondamentaux du moule; elles ne doivent tendre qu'à rendre son usure moins prompte, moins nuisible à la qualité des lettres, et à rendre le jeu des pièces plus régulier. Nous avons vu l'important progrès réalisé dans cette voie par l'intervention du moule américain. Aussi n'est-ce pas pour obtenir une fabrication plus parfaite qu'on a cherché à entrer dans une voie toute différente, mais pour fabriquer plus économiquement. Les produits ainsi fabriqués ont été, en effet, livrés à des prix inférieures à ceux de la fonderie ordinaire, mais n'ont pas cependant, jusqu'à ce jour, pris une part considérable de la fabrication à cause de leur imperfection.

Les seuls systèmes exploités commercialement jusqu'à ce jour, reposent sur un principe nouveau fort ingénieux, qu'on doit à M. Henri Didot, et qui permet d'obtenir avec bien plus d'énergie, dans un système fixe, l'effet que l'ouvrier fondeur produit par la secousse qu'il donne au moule.

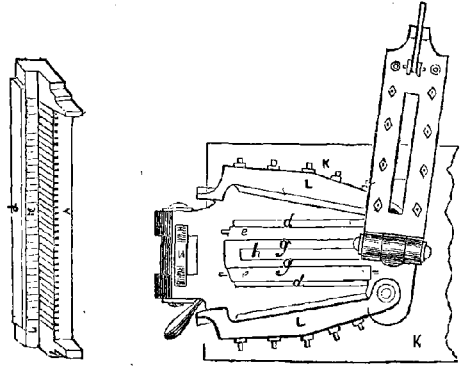
M. Henri Didot transporte l'opération du clichage (voyez POLYTYPE) sur une masse de métal placée à côté de la partie où se forment les lettres; la masse liquide choquée violemment tend à s'échapper en tous sens, mais elle ne trouve d'issue que dans des vides nombreux où viennent se former les lettres.

Nous avons vu qu'un des grands avantages du moule à main était que, par sa composition en deux pièces symétriques, il suffisait de l'ouvrir pour que par la plus faible pression la lettre tombât sans pouvoir être faussée. Mais si on veut former un grand nombre de lettres à la fois, il est impossible de pouvoir ouvrir les pièces qui enveloppent les lettres, de manière à laisser sortir celles-ci librement. Il faut donc retirer par traction les lettres formées (inconvenient assez grand); tout ce qu'il est possible de faire, c'est de rendre mobile la pièce qui s'applique sur l'espèce de peigne entre les dents duquel les lettres viennent se former, ce qui permet de les retirer.

Dans l'invention de M. Didot on a rendu cette adhérence un minimum, en faisant que les lettres touchent cette bande de recouvrement par la frotterie; dans le système Hurlan, c'est par la force de corps.

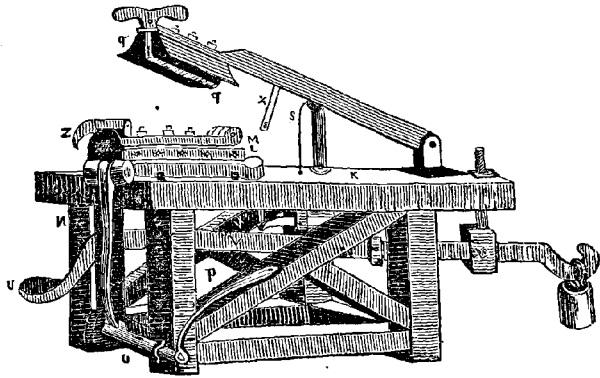
Invention H. Didot. Fonderie polyamatype. La pièce principale du moule est une longue pièce de fer parfaitement plate, dans laquelle sont faites, au moyen d'une espèce de machine à raboter d'une grande précision, des entailles ayant toutes la même largeur, qui est égale à la force de corps des caractères que l'on veut fonder, dimension donnée par la largeur du fer. Ces entailles doivent être parfaitement parallèles et leur profondeur doit être égale à l'épaisseur que doit avoir la lettre, dont la matrice est fixée à l'extrémité, dans une pièce appliquée d'équerre, où se trouvent pratiquées des rainures plus larges qui reçoivent les matrices (voyez fig. 4026). Une plaque de recouvrement s'applique avant le clichage et applique sur le peigne, au moyen de vis, les deux pièces qui recouvrent sur deux bandes placées en face l'une de l'autre (fig. 4027); au milieu se trouve un espace dans lequel on verse la matière sur laquelle on fait tomber un poids

qui chasse fortement la lettre de droite à gauche, et remplit les intervalles des deux moules (voyez figure 4028).



4026.

4027.



4028

Une première infériorité des caractères fondus par ce procédé résulte de ce que l'air n'ayant plus d'issues, occasionne des soufflures nombreuses à l'intérieur des lettres, ce qui fait qu'ils peuvent manquer de solidité et s'affaïsser inégalement par l'effort de la presse. Mais ce n'est pas seulement à l'action de l'air qu'il faut attribuer l'infériorité qu'ont les caractères fabriqués sur ces moules sur ceux de la fabrication ordinaire. La matière ne coule plus liquide de la cuillère dans le moule, elle se trouve agitée violemment et amenée presque instantanément, par le refroidissement des parois du moule (toujours moins échauffé, et plus difficile à échauffer que le moule ordinaire), à un état pâteux; elle ne passe pas naturellement de l'état liquide à l'état solide, elle semble passer par l'état intermédiaire, qui détruit l'adhérence des molécules et désagrège en quelque sorte la matière; aussi les caractères, quoique fondus avec un bon métal, ont-ils peu de consistance, et le grain de leur cassure est très gros.

Après la fonte le peigne est retiré parallèlement au sens des lettres, puis on enlève le tout.

Comme dans ce procédé on fait un grand nombre de lettres en même temps, il faut qu'en faisant jouer le moule un certain nombre de fois, la fonte se trouve faite suivant la police. Il faut donc qu'il y ait toujours plusieurs matrices d'e, d'a, d's, etc., pour une de k, par exemple. Or, quelque soin que l'on prenne, il y a tou-

jours quelque différence dans la justification des diverses matrices d'une même sorte, différence toujours sensible quand, par le mélange, deux lettres semblables, des r par exemple, se suivent.

Il est évident, d'après la description que nous avons donnée de ces moules, que les lettres ne peuvent pas en sortir avec des talus débordant la tige de la lettre. Aussi doit-on graver les poinçons absolument à pic, de telle sorte qu'ils représentent la lettre frottée et apprêtée.

Système où les lettres touchent la bande de recouvrement par la force du corps Ce système n'a été inventé que plusieurs années après celui dont nous venons de parler, et, il faut le dire, bien évidemment en profitant des idées de M. H. Didot.

Dans la bande d'acier dans laquelle doivent se former les lettres, on pratique des entailles bien parallèles entre elles, dont la profondeur doit être égale à la force de corps, et dont la largeur, variable pour chacune, est égale à la largeur de la lettre qui doit y être fondue. On voit par le nombre de conditions à remplir, quelles difficultés on doit éprouver à dresser cette pièce, qui doit être renouvelée pour chaque caractère, et cependant il est impossible d'obtenir le moindre résultat passable si, par exemple, quelques entailles sont quelque peu obliques; car en retirant les lettres dans le sens de leur longueur, celles-ci seront nécessairement courbées sur la froterrie. A l'extrémité de chaque entaille est encastée la matrice. Le placement des matrices, qui est une des difficultés de ce système, est résolu ici d'une manière ingénieuse, mais qui offre de grandes difficultés d'exécution. C'est une suite des travaux de M. Herhan, lors de l'invention de son système de stéréotypie. Etant parvenu à fabriquer des matrices en cuivre, justifiées, et précisément de même dimension en tous sens que la lettre même, il plaça cette matrice dans la rainure faite pour la lettre, en la repoussant plus ou moins pour donner la hauteur, et il suffit du moindre refoulement du cuivre en arrière de l'œil pour lui donner une résistance suffisante.

Cette bande, recouverte d'une pièce de recouvrement serrée fortement contre elle au moyen d'une vis adaptée à l'extrémité d'un levier horizontal, au moyen duquel on fait monter la vis sur un plan incliné qui fait partie de la pièce de recouvrement, est placée sur un chariot qui s'avance au moyen d'une vis agissant sur un écrou adapté à la surface inférieure, vis que fait mouvoir une manivelle. Ce train est guidé convenablement sur une plate-forme qui s'étend sous tout le moule.

La partie antérieure du moule se compose d'une large pièce sur laquelle glisse un piston plat, mis en mouvement par une crémaillère placée sur son prolongement postérieur. Cette crémaillère engrène avec un pignon vertical, sur l'axe duquel est monté un balancier. Une pièce de recouvrement s'ouvrant à charnière vient couvrir le piston quand il s'approche de la bande ou les lettres doivent se former, et intercepte toute communication avec l'extérieur. Si donc avant d'abaisser cette bande de recouvrement, on a versé du métal à caractères dans l'intervalle laissé libre entre le piston et la bande (après avoir garni la surface métallique d'un papier pour éviter le refroidissement immédiat), et qu'on donne une forte percussion au moyen du balancier, après l'avoir abaissée (elle est maintenue dans cette position par un serrage à plan incliné), le piston chassera fortement la matière et la forcera à remplir les vides et à former les lettres.

Cela fait on enlève la bande qui recouvre les lettres, et on la retire en faisant mouvoir en arrière le chariot qui la porte. Les lettres tenant après le jet forment un peigne, qu'on retire ensuite du godet après avoir enlevé la bande de recouvrement de celui-ci et fait reculer le piston.

Ce système de fonte par pression, dû à un savant of-

ficier du génie, M. Choumara, est très remarquable. L'air n'étant plus forcé de traverser le peigne, les lettres sont plus pleines; aussi a-t-on réussi à fondre ainsi des interlignes très parfaites, pour lesquelles la difficulté de la fabrication des bandes n'existe plus.

En employant du papier d'amiante pour préserver la surface métallique, nous sommes parvenus à fondre avec ce moule des lettres en cuivre, de petites médailles parfaitement exemptes de soufflures. Ce même procédé pourrait peut-être être employé pour fondre des balles bien pleines, tant par l'absence de l'air que par suite du refoulement qu'éprouve la matière qui a rempli le vide.

Ce procédé a atteint le but pour lequel il a été établi, c'est-à-dire d'éviter les soufflures inhérentes au procédé H. Didot, non seulement par l'effet des dispositions du refouloir, mais aussi parce que l'on peut creuser dans la pièce du dessus un large évent que vient remplir l'air, puis la matière attachée alors à chaque lettre, ce qui fait naître une saillie placée sur le corps et par suite ne gênant pas la composition. On peut alors la faire disparaître au coupoir avec une grande facilité.

Malgré cela, ce système n'a jamais pu donner que des produits défectueux. Il est facile d'en montrer les causes.

Les lettres tenant dans leurs entailles par leurs deux grandes faces, l'effort nécessaire pour les retirer est considérable. Les lettres tendront par suite à se courber en sortant des entailles, ce qui arrive aux lettres fines surtout; et cela non pas d'une manière constante, mais en proportion de l'huile qu'on aura mis pour graisser les entailles.

Les deux procédés de fonderie mécanique dont nous venons de donner idée sont tous deux, mais surtout le dernier, dans une voie fautive, qui est la négation du principe sur lequel repose la précision qu'on se propose d'obtenir en fonderie; c'est-à-dire au lieu d'opérer avec un seul moule invariable quand à la force du corps, de manière à obtenir des produits toujours identiques quant à cette dimension, d'employer pour chaque fonte 200 entailles au moins, c'est-à-dire 200 moules différents, qui ne peuvent jamais avoir une égalité parfaite.

Il est même un obstacle qui empêche qu'on obtienne le degré de précision que des moyens mécaniques perfectionnés paraîtraient devoir fournir. Cet obstacle réside dans la trempe des bandes.

En effet, celles-ci s'usent par l'usage, et beaucoup plus rapidement qu'on ne pourrait croire, par la nécessité de nettoyages répétés plusieurs fois à chaque opération, pour éviter qu'aucun grain de matière ne reste entre la bande rainée et la pièce de recouvrement. Le passage de la main peut seul éviter cet inconvénient; mais le frottement détruit bientôt les arêtes et affaiblit la bande. Il en résulte des barbes qui, dans le système H. Didot, rendent l'apprêt défectueux après quelques fontes, et, dans le système Herhan, affaiblissent la force de corps.

Pour diminuer cet inconvénient, il a fallu faire les bandes en acier ou en étoffe d'acier, et les tremper. Mais alors les irrégularités du travail mécanique sont tellement accrues par les déformations de tout genre qui résultent toujours de la trempe de pièces d'acier d'un aussi fort volume, que la précision devient tout à fait insuffisante. Nous croyons donc pouvoir affirmer (ce que prouve l'expérience de 20 années), que ce n'est pas dans cette voie que se trouve la solution du problème de la fonderie mécanique des caractères.

Fonte par pression. Le procédé que nous venons d'analyser est un des derniers progrès qu'ait accompli la fonderie en caractères, et s'il n'est pas applicable avec avantage à la fonte des petits caractères, il n'a pas moins été fort utilement employé pour la fonte des vi-

FONDERIE EN CARACTÈRES.

gnettes et ornements typographiques. En effet, lorsqu'une lettre atteint des proportions un peu grandes, le moule devient très lourd; il est impossible de le manier à la main et d'agir comme on le fait pour la fonte d'une petite lettre.

Dans la plupart des fonderies, on ne dispose alors que de deux procédés, tous deux insuffisants : 4° on ponce la matrice, c'est-à-dire qu'on frappe la surface de la matrice avec un petit tampon en linges renfermant de la pierre-ponce réduite en poussière extrêmement fine. Une petite partie de cette poussière s'attache aux parois de la matrice (préalablement frottée avec une brosse grasse). Le métal se trouve coulé dans un moule qui participe de la non conductibilité pour la chaleur d'un moule en sable. Il n'est pas besoin d'observer qu'un semblable procédé offre l'inconvénient de donner des surfaces piquées, qui ne peuvent plus avoir le brillant métallique d'un moulage obtenu sur une partie parfaitement plane. Aussi ce procédé, qui employé par de bons ouvriers donne des résultats précieux pour la fonte des grosses lettres, est-il tout à fait insuffisant pour la fonte des vignettes et ornements de gravures délicates.

Le second procédé employé par le fondeur consiste dans le clichage. Voici en quoi il consiste : l'ouvrier verse sur un marbre une goutte de matière sur laquelle il projette la matrice par un mouvement brusque, il retire avec un couteau, à l'aide des barbes qui dépassent l'œil, le cliché, qui donne avec une netteté parfaite les détails de la gravure; il lime les contours de ce cliché, de manière qu'aucune partie ne déborde le corps de la vignette supposée complète. Cela fait, il renforce le cliché dans l'œil de la matrice et place celle-ci dans le moule pour fondre le corps de la vignette. En employant le métal à une température convenable, le versant s'il est nécessaire à plusieurs reprises, on parvient à fondre la partie du cliché opposée à l'œil sans atteindre ce dernier; on a donc ainsi en un seul morceau une vignette fondue selon toutes les conditions nécessaires pour la composition, et en même temps une netteté parfaite dans la reproduction. Outre que ce procédé est coûteux, il offre deux écueils : l'un, que la soudure du cliché soit imparfaite, et que l'œil se détache au tirage; l'autre, que le cliché ait été mal enfoncé dans la matière, et que par suite il ne soit plus d'aplomb avec le corps.

De ce que nous venons de dire résulte clairement qu'il y avait un progrès réel à accomplir, en créant des procédés assez puissants pour fondre convenablement et d'un seul coup les lettres et vignettes de fortes dimensions. Ce progrès a été réalisé par la fonderie française, en utilisant l'ingénieux procédé de fondre par pression, dont nous avons parlé plus haut. Si l'on réfléchit qu'un moule mécanique capable de satisfaire aux conditions dont nous parlons, se compose en outre du système servant à chasser la matière : 1° d'une bande portant l'entaille dans laquelle le corps se formera; 2° d'une pièce du dessus qui viendra fermer cette entaille; et enfin, 3°, d'un chariot porte-matrice avançant à vis, on comprendra facilement que l'on peut par ce procédé obtenir les formes les plus compliquées, telles que équerres pour porter des coins, pièces à passe-partout portant des vides rectangulaires, rectilignes ou circulaires. Parmi de curieuses applications, nous citerons la fonte des balles pour fusils à tiges, portant les rainures multiples nécessaires pour guider leur direction, genre de moulage qu'on ne pourrait obtenir par le simple moulage du plomb. Nous citerons encore des vignettes dont le corps est de forme pyramidale, avec lesquelles nous sommes parvenus à fabriquer d'une multitude de pièces un rouleau gravé en relief, et d'une solidité parfaite lorsqu'on serre un simple écrou.

Ce genre de rouleau, qui peut permettre des applica-

FONDERIE EN CARACTÈRES.

tions précieuses dans l'industrie des toiles peintes, n'est pas appelé à faire dans la typographie une révolution radicale, comme l'ont supposé bien des inventeurs, qui ont cru obtenir un résultat merveilleux par la facilité qu'offre ce système d'obtenir une presse mécanique à action continue, en rapport avec la fabrication mécanique du papier continu; mais on doit y renoncer, à notre avis, à cause de la complication qui en résulte pour la composition, qui devient sinon impossible, au moins extrêmement difficile. Le problème d'obtenir une forme cylindrique consistait évidemment à effectuer un serrage suivant la génératrice rectiligne, un autre suivant la génératrice circulaire, avec enchevêtrement des pièces contiguës par la venue à la fonte d'une saillie d'un côté et d'un creux correspondant de l'autre.

Pompe. En Allemagne, on emploie pour la fonte des gros caractères une pompe formée par une capacité cylindrique placée au milieu du vase qui renferme le métal fondu. Du fond de la partie inférieure de ce corps de pompe part un tuyau qui débouche à l'extérieur par un ajutage de forme variable. Dans ce corps de pompe se meut un piston percé en son centre d'un trou, qui par une ouverture transversale laisse arriver le métal jusqu'à la partie inférieure quand il est soulevé, et qui le comprime sans qu'il puisse s'échapper autrement que par le tube dont nous avons parlé, quand on le fait descendre brusquement à l'aide d'un levier transversal avec lequel il est assemblé.

Ce système, comme celui qui fut essayé il y a quelques années par M. Tarbé, d'utiliser simplement la pression du métal contenu dans un réservoir, lorsque l'on ouvrait un orifice pratiqué à la partie inférieure, offre ce grand inconvénient que la matière projetée en filets fluides avec une grande vitesse, vient ricocher sur le fond et tapisser les parois du moule. L'air se trouve donc emprisonné et le métal arrêté par une enveloppe déjà refroidie. Aussi les lettres ainsi fondues ne sont-elles en quelque sorte que des squelettes de lettres complètement croulées à l'intérieur.

Fonderie mécanique (système américain). Lorsque l'on emploie une pompe assez forte pour un caractère de petite dimension, que le métal est très fluide, on peut obtenir des caractères qui n'ont qu'à un faible degré les inconvénients dont nous venons de parler. Si l'on joint à cette observation ce que nous avons dit plus haut de la simplicité du moule américain, on se rendra compte comment c'est en Amérique qu'on a perfectionné et rendu possible un système de fonderie mécanique inventé vers 1844 par Didot Saint-Léger, et qui, importé d'Angleterre par M. F. Didot, n'a eu alors aucun succès. Le métal, placé dans un cylindre, y était chassé par un piston dans un moule composé de pièces compliquées s'éloignant et s'approchant successivement.

Malgré les inconvénients qui résultent de l'emploi de la pompe, si l'on admet avec nous que la précision de la fonderie ne peut se rencontrer en dehors de la fabrication au moyen du petit moule, qui fournit toujours des produits identiques quant à la force du corps, on arrivera à ce résultat que la fonderie mécanique n'est possible que dans la voie que nous indiquons ici. Sans doute la nécessité d'avoir une pompe fonctionnant au milieu du métal fondu ne permettra jamais d'employer des alliages très résistants, et par suite peu fusibles, pour fabriquer des caractères qui seront toujours un peu creux dans leur intérieur. Mais dans bien des cas, l'économie dans la fabrication et l'abaissement du prix de revient pourront compenser ces inconvénients, surtout lorsqu'on aura apporté un procédé tous les perfectionnements dont il est susceptible.

Caractères aphotiques. Nous terminerons cet article en disant quelques mots d'un procédé tenté sans suc-

FONDERIE EN CARACTÈRES.

cès en France dans ces dernières années. On a voulu fabriquer des caractères par procédés entièrement mécaniques et abandonner complètement la voie de la fonderie. A cet effet, on étirait des bandes métalliques ayant exactement les dimensions que devaient avoir les lettres, travail déjà extrêmement difficile pour obtenir des produits d'une précision comparable à ceux de la fonderie. Après avoir découpé les bandes de métal en petites longueurs presque égales à la hauteur des caractères, on les introduisait successivement dans une machine analogue à celle qui sert à fabriquer les pointes de Paris avec du fil de fer. La petite pièce métallique, maintenue entre deux joues en acier, était écrasée vers la partie supérieure par deux petites pièces d'acier mues par des excentriques. Le métal ainsi refoulé venait se mouler dans une matrice en fer fortement maintenue à la partie supérieure, et la lettre était terminée, après toutefois qu'on avait enlevé les barbes qui se projetaient entre les joues d'acier et la matrice. Sans insister sur ce curieux essai, qui ne pouvait réussir, malgré l'habileté des inventeurs qui ont résolu le problème difficile d'obtenir mécaniquement un moulage d'une grande pureté sans altérer les dimensions des tiges qui devaient former le corps des lettres, nous dirons que la solution complète du problème les eût peut-être menés à faire, suivant leur espoir, des caractères en cuivre deux ou trois fois plus résistants que ceux qu'on peut obtenir par les procédés de la fonderie, mais que certainement ils eussent été bien imparfaits et auraient coûté au moins dix fois plus cher.

CH. LABOULATÉ.

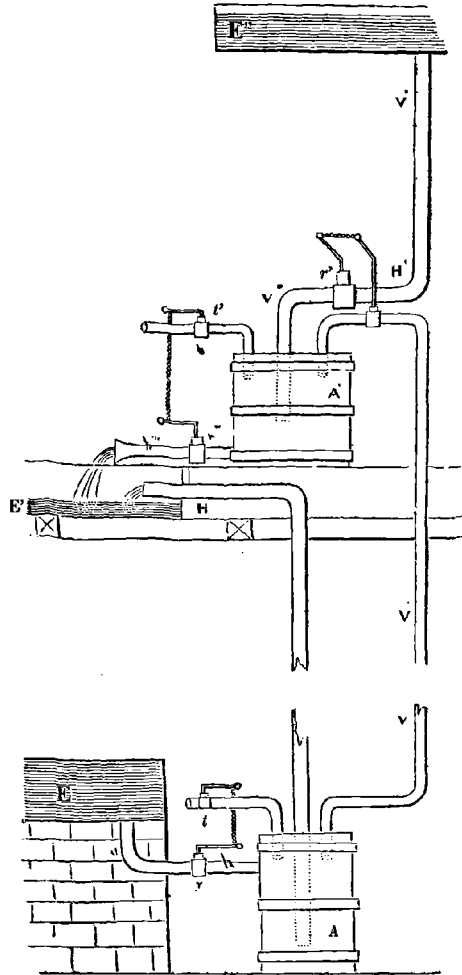
FONTAINE FILTRANTE. Voyez FILTRATION.

FONTAINE DE HÉRON. La *Fontaine de Héron* se compose de trois vases, un vase supérieur, un vase moyen, un vase inférieur; et de trois tubes, le premier descendant du fond du vase supérieur au fond du vase inférieur, le second s'élevant du sommet du vase inférieur au-dessus du vase moyen, et le troisième s'élevant du fond du vase moyen jusqu'à deux ou trois décimètres au-dessus du vase supérieur; c'est celui-ci qui forme le jet de la fontaine de Héron. On met de l'eau dans le vase moyen, au moyen d'un bouchon que l'on ferme ensuite; on met pareillement de l'eau dans le vase supérieur, on ouvre un robinet placé sur le premier tube, et le liquide s'élance en un point qui est d'autant plus élevé au-dessus du niveau du vase moyen, que le niveau du vase supérieur est lui-même plus élevé au-dessus du niveau du vase inférieur.

C'est avec un appareil construit sur ces principes qu'on fait l'épuisement des eaux des galeries d'une mine de sulfure de plomb, à Schemnitz, en Hongrie. (Fig. 4029) E'' est un réservoir d'eau alimenté par une source; E, un bassin contenant l'eau qu'on doit élever; A' et A, sont deux récipients placés, le premier au niveau du sol, le second au dessous du niveau des eaux inférieures. Le premier communique avec le réservoir E'', par le tuyau V'' V''', et avec l'air par les tubes t' et h'''; le second récipient A, d'une capacité deux fois plus petite que le premier, communique avec le bassin E par le tube h avec l'air extérieur par les tubes t et H, et avec le récipient A' par le tuyau V V'. Pour mettre cette machine en jeu, on ouvre en même temps les robinets r et t, le récipient A s'emplit d'eau par h, tandis que l'air s'échappe par t; lorsque le récipient est rempli d'eau, on ferme les robinets r et t, on ouvre ceux indiqués par les lettres r' et H', et l'on ferme les robinets r'' et t'; le récipient A s'emplit d'eau par V'' V''', l'air qu'il contient vappe l'eau du récipient A', et l'oblige à s'élever par H, jusqu'en E'. Le récipient A' étant vide d'eau, on ouvre en même temps les robinets r, t, r'', t', et l'on ferme les robinets r' et H'; le récipient A' se vide d'eau par h''', et s'emplit d'air par t'; en même temps le récipient A s'emplit d'eau par h; fermant ensuite les ro-

FONTAINE DE HÉRON.

binets r, t, r'', t', et ouvrant les robinets r', H', l'eau du récipient A s'élève de nouveau par H jusqu'en E'.



4029.

FONTE (*angl. cast-iron, all. roheisen*). Voyez FER et FONDERIE DE FER.

FORAGE. Voyez ARMES A FEU, BOUCHES A FEU.

FORCE. Voyez MÉCANIQUE GÉOMÉTRIQUE.

FORCE D'UN CHEVAL-VAPEUR. Dans la mesure des forces en général on prend pour unité la force qui est capable d'élever, en 4 seconde, un poids de 4 kilogr. à une hauteur verticale de 4 mètre; cette unité porte le nom de *dynamie* ou *kilogrammètre*. Pour évaluer la force des machines à vapeur, on prend une unité plus grande, appelée *cheval-vapeur*, qui correspond à 75 dynamies, c'est-à-dire à 75 kilogr. élevés, par seconde, à 4 mètre de hauteur verticale, et qui équivaut à très peu près à l'estimation introduite en Angleterre par le célèbre Watt. Le cheval-vapeur ainsi défini exprime un travail à peu près double de celui que peut fournir un cheval de force ordinaire dans le même temps.

FORET. Plusieurs des considérations qui se rapportent aux forêts ont été exposées à l'article BOIS. Nous ne parlerons ici que de l'estimation du prix des bois

FORÊT.

sur pied. Le tableau suivant, donné par M. Deporthuis, apprend ce que l'expérience a fait connaître sur le produit d'un arpent de bois destiné au chauffage.

Tableau du produit d'un arpent de bois selon l'âge de la coupe et la nature du terrain.

AGE de la coupe.	SOL		
	mauvais.	médiocre.	excellent.
ans.	stères.	stères.	stères.
40	9 1/2	16 1/2	21 1/2
45	12	27 1/2	43
20	18	46 1/2	71
25	25	63	100
30	34	80	129
35	33 1/2	100	167
40	33 1/2	148	200
50	28 1/2	148	267
60	24	180	334
70	14	198	382
80	9 1/2	220	430
90	4 1/2	229	456
400	"	243	487

L'arpent de 100 perches carrées de 22 pieds vaut 51 ares.

Le tableau ci-dessus suppose que le bois est bien garni; s'il en est autrement il faut en réduire les nombres dans un rapport dépendant de l'étendue des vides ou clairières dont il faut d'abord déterminer la proportion.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse d'acheter 5 hectares 95 ares de bois de 25 ans, dans un sol de qualité moyenne et que les clairières soient de 1/7^e. Les 5 hectares 95 ares ne vaudront réellement, déduction faite du septième, que 5 hectares 40 ares ou 40 arpents, ce qui, à raison de 63 stères de bois par arpent (voir le tableau), donne 630 stères pour l'équivalent de la coupe; si le prix du stère, dans le lieu de l'exploitation, est porté à 40 francs, l'enclière ne devra pas dépasser 6,300 francs.

Jusqu'à 30 ans le bois porte le nom de *taillis*, au-delà il prend successivement ceux de *semi-futaie*, *haute futaie* et *vieille futaie*.

L'estimation de la valeur d'une futaie est principalement basée sur la quantité de pièces de charpente qu'on peut en tirer. On range les arbres par classes, qu'on nombre et qu'on estime à part : la somme donne le prix total. Pour estimer le prix d'un arbre on en mesure la circonférence à 2 mètres de terre, au moyen d'un ruban, et on en déduit le quart pour tenir compte des déchets dus à la présence de l'écorce et de l'aubier; à cet effet, les divisions du ruban sont espacées de telle sorte que 4 mètres n'y sont comptés que pour 3; on prend ordinairement le cinquième du contour ainsi obtenu pour représenter l'équarrissage de la solive que l'on peut en retirer. On mesure ensuite la hauteur de la *pile*, c'est-à-dire de la portion d'arbre susceptible d'être convertie en bois de charpente, en tenant à la main et à la hauteur de l'œil un triangle rectangle isocèle (sorte d'équerre dont un côté est vertical et l'autre horizontal), et s'éloignant de l'arbre à une distance telle que le sommet de la pile se trouve sur l'alignement de l'hypoténuse : la distance à laquelle on se trouve alors de l'arbre augmentée de 1^m,50 donne approximativement la hauteur de la pile. On a ainsi les 3 dimensions de la solive, et il est facile d'en déterminer le cube et par suite le prix; il faut encore tenir compte des branches capables de produire du bois de corde ou des lagots, ce

FORGE.

qui varie avec l'âge, l'essence, etc., et que l'expérience apprend à connaître.

FORET (*angl.* borer, *all.* bohrrer). On donne ce nom à divers outils de dimensions variables qui servent à percer les métaux, la pierre, le bois. La partie travaillante ou la mèche est en acier, et se fait ordinairement pour les forets de faible dimension, avec des trouçons de fleurets ou de vieilles limes.

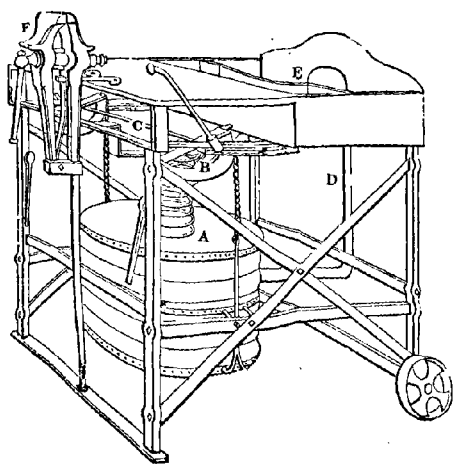
Les forets destinés à percer un premier trou, par un mouvement de rotation alternatif, tel que celui qu'on imprime avec un archet, ont leurs bouts aplatis et taillés en grain d'orge, avec deux biseaux qu'on fait sur la meule après la trempe. La pointe doit correspondre exactement au centre, sans quoi le trou qu'on perce n'est point rond. Lorsque le foret a pour objet d'agrandir un trou, on fait précéder son tranchant d'un goujon du calibre du premier trou; il prend alors le nom de *foret* ou *mèche à goujon*. Il faut plusieurs assortiments des uns et des autres dans un atelier. Le bout opposé à celui qui perce est façonné en pivot, en carré, etc., suivant le mode de communication du mouvement.

Les tranchants des forets qui percent en tournant toujours dans le même sens, sont également à pointes angulaires plus ou moins obtuses, mais ils sont à biseau simple. On se sert ordinairement d'huile pour forer le fer et l'acier. La fonte, le fer, le cuivre, le bronze, la pierre, etc., se percent à sec; il faut seulement avoir soin de ne pas trop précipiter le mouvement, afin de ne pas détremper l'outil. Cette vitesse peut aller à 35 à 40 tours par minute pour des trous d'un diamètre de 25 millimètres et au-dessous, et doit diminuer au fur et à mesure que le diamètre augmente.

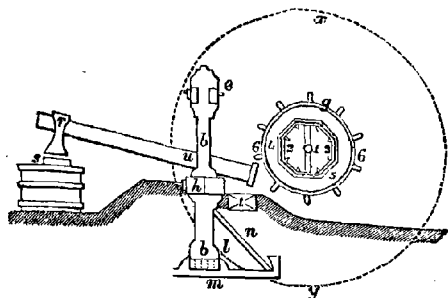
FORGE. On distingue deux espèces de forges, savoir : les *grosses forges* (*forges à l'allemande*, *forges à l'anglaise* : voyez ACIER et FER), où l'on fabrique le fer et l'acier et où on les étire en barres de tout échantillon au moyen de martinets et de laminoirs; et les *forges maréchales* (*angl.* smith's forge, *all.* schmiede-feuer), où l'on façonne à bras d'hommes les innombrables pièces de fer et d'acier que consomment les diverses branches de l'économie industrielle.

La disposition des forges maréchales varie suivant l'usage auquel elles sont destinées, ainsi on distingue les forges de serruriers, de mécaniciens, de cloutiers, de maréchaux, les forges portatives, etc.; mais toutes se ressemblent, en ce qu'elles sont principalement formées d'un soufflet, d'une tuyère placée horizontalement, d'un foyer, d'une hotte et d'une cheminée. On les chauffe au charbon de bois ou le plus souvent à la houille et particulièrement avec cette variété grasse et collante qui a reçu le nom de *houille maréchale*. On emploie ordinairement le menu dont on forme au-dessus du feu une voûte, qui se soutient par suite de la propriété collante de la houille, et qui sert à concentrer la chaleur. Avant la chauffe, on détache de la voûte les parties les plus calcinées, pour former le fond du feu sur lequel on place le fer au-dessus de la tuyère; de telle sorte que le vent traverse du coke enflammé, puis se réfléchit sur la voûte embrasée, avant de venir en contact avec le fer sur lequel il n'exerce plus alors qu'une action à peine oxydante.

La fig. 4030 représente une forge portative très simple avec ses principaux accessoires : A, soufflet cylindrique en cuir, qui se manœuvre au moyen du levier B, qui fait mouvoir l'axe C, portant deux secteurs sur lesquels s'enroulent des chaînes qui viennent s'attacher au fond inférieur du soufflet; D, porte-vent qui vient aboutir à la tuyère en E; le foyer est recouvert avec des briques réfractaires minces; F, étau. Cette forge est surtout employée sur les vaisseaux; elle a 0^m,75 de hauteur sur 0^m,60 de large et 0^m,80 de long, et pèse environ 400 kilogrammes.

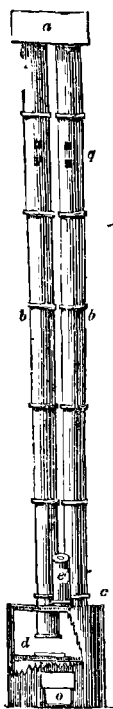


1030.

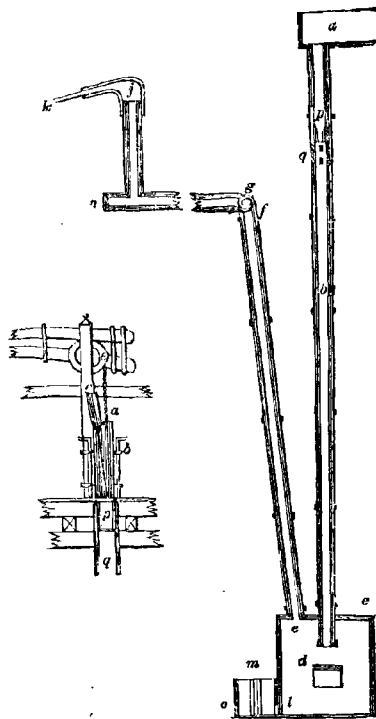


1031.

1032.



1033.



1034.

FORGES CATALANES ET CORSES. Dans ces forges on extrait du fer malléable de ses minerais dans une seule opération. Cette méthode, par la simplicité de ses appareils et de son roulement, peut offrir quelques avantages dans des contrées montagneuses, où les communications sont difficiles, où les fortunes sont médiocres et où les forêts sont disséminées sur une grande étendue. Le fer qu'elle donne est plus pur que celui que l'on obtient par les autres méthodes, non seulement parce que les matières premières de la fabrication se distinguent par leur bonne qualité, mais encore parce que la réduction précède la fusion et s'opère à une température peu élevée à laquelle les matières étrangères qui peuvent se trouver dans les minerais sont irréductibles. D'ailleurs, les scories de l'opération renfermant une grande quantité d'oxyde de fer, la réduction, si elle pouvait faire de plus grands progrès que ceux que l'on observe, s'exercerait de préférence sur l'oxyde de fer, qui est plus facile à réduire que les autres éléments des scories. Cela explique pourquoi les fers produits par la méthode directe sont très estimés pour la fabrication des pièces de résistance, pour la cimentation, etc.; cette méthode fournit en outre des aciers naturels qui sont une seconde source de bénéfices pour les maîtres de forges. Enfin, la dépense en combustible est généralement un peu inférieure au chiffre total des consommations dans les différents traitements habituellement usités au charbon de bois. Mais, d'un autre côté, cette méthode exige l'emploi de minerais qui ne se trouvent que dans peu de localités, le travail est difficile et la main d'œuvre infiniment plus considérable que dans tous les autres procédés de fabrication du fer. Aussi est-elle exclusivement concentrée dans les Py-

renées et en Corse, pays où les conditions établies ci-dessus se trouvent remplies.

L'ensemble d'une forge catalane comprend un feu ou foyer pour l'élaboration du minerai, une machine soufflante d'une construction particulière dite *trompe*, fournissant au maximum 8^m,9 d'air par minute sous une pression de 0^m,08 de mercure, et un marteau à queue, du poids de 650^k, mû par une roue hydraulique. Le foyer se trouve entre la machine soufflante et le marteau, et tous les trois sont placés à peu près sur la même ligne droite.

La fig. 1031 est l'élevation du marteau employé dans les foyers pyrénéens : 1, axe de rotation de la roue hydraulique motrice *xy*, sur lequel est monté le collier 2 3, de l'arbre des cames 4 5 6 ; *h*, *l*, *m*, *n*, fondations supportant les jambes *b* du marteau qui sont réunies à la partie supérieure par les traverses *e* ; *u*, manche, et *r*, tête du marteau ; *s*, enclume ; *t*, tas destiné à limiter la levée du marteau et formé par l'extrémité d'une solive en bois élastique.

La machine soufflante ou *trompe* est représentée dans les fig. 1032, 1033 et 1034. Elle se compose de deux arbres verticaux *b*, *b*, forés, qui plongent inférieurement dans une caisse *c*, de forme variable, et qui aboutissent par le haut à un réservoir *a*, où afflue un courant d'eau. Les arbres de forme carrée ou cylindrique sont munis supérieurement d'entonnoirs évasés *p*, qui descendent dans leur intérieur et que l'on peut fermer ou bien ouvrir plus ou moins à l'aide de tampons en bois. Ces entonnoirs forment, un peu au-dessous de l'extrémité supérieure des arbres, un étranglement ou *étranguillon* *p*, autour duquel l'arbre est percé de plusieurs trous *q*, appelés *aspirateurs*. La colonne d'eau

qui traverse l'étranglement et qui entraîne l'air fourni par les aspirateurs, vient heurter, dans la caisse inférieure, un fort madrier *a*, appelé le *tablier*, sur lequel elle se brise, en laissant dégager l'air qui adhère à ses filets. L'air accumulé dans la caisse suit un tuyau vertical *efgh*, appelé l'*homme*, puis un tuyau flexible de peau de mouton *j*, pour se rendre à la buse *k*, qui consiste en un tube de fer portant le nom de *canon de bourrec*. L'eau alimentaire s'échappe de la caisse *c*, par l'ouverture *l*, s'élève dans la caisse *n*, jusqu'à un niveau déterminé par la hauteur de la cloison *m*, et passant ensuite par dessus celle-ci s'écoule par l'orifice *o*.

Au lieu de régler la quantité d'eau débitée par la trompe au moyen de tampons en bois qui ferment plus ou moins l'étranglement *p*, on adapte quelquefois au canal *a* une vanne mobile *b* (fig. 4034), percée dans sa hauteur d'un trou *cc*, qui remplit l'office d'un aspirateur.

La chute totale d'une trompe est de 6 à 7 mètres, et cet appareil, lorsqu'il est bien construit, emploie moyennement 42/400^{es} de mètre cube d'eau par seconde et par feu.

Le personnel d'un feu catalan se compose de 8 ouvriers formant 2 brigades qui se relaient par postes de 6 heures environ, jour et nuit, en se résumant toutefois pendant un temps assez court, à la fin de chaque opération, pour retirer la loupe du feu. Chaque brigade se compose d'un maître affineur ou marteleur dit *foyer* ou *maître*, et de son aide ou *pique-mine*, et d'un fondeur ou *escala*, avec son aide ou *miailou*. Outre ces ouvriers, il y a, par usine, un *garde-forge* qui livre aux fondeurs le minerai et le charbon, et un *commis* chargé de la comptabilité et de la haute surveillance.

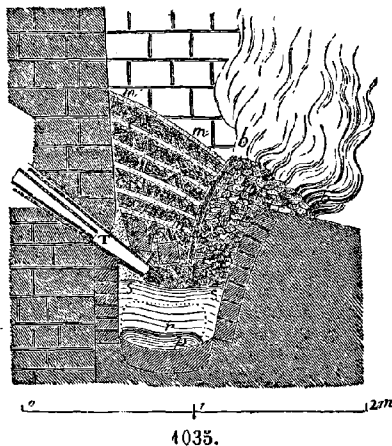
Les minerais que l'on traite dans les forges catalanes doivent être en roche, purs, riches et fusibles; il faut qu'ils contiennent au moins 40 à 50 p. 100 de fer métallique et que par leur nature ils puissent donner lieu à la formation facile d'un silicate neutre. Voici, du reste, d'après M. François, la composition moyenne des minerais employés dans l'Ariège :

Peroxyde de fer	62,474
Peroxyde de manganèse	6,213
Chaux	2,790
Alumine	1,014
Magnésie	0,545
Silice	14,715
Eau	12,112
Perte	0,437

400,000

Le minerai à traiter en une opération est partagé en deux parties : l'une, composée de morceaux débarrassés au moyen d'un crible, de la poussière et des menus fragments, est placée en *mm* (fig. 4035), et séparée du combustible chargé en *cc*, par plusieurs couches soigneusement battues *aa*, de fraais humecté et de charbon menu; l'autre, réduite en poussière et portant le nom de *greillade*, formant au moins le tiers et quelquefois la moitié de la masse totale, et fortement humectée d'eau, est chargée successivement, et par petites portions, pendant toute la durée de la réduction du minerai *m*; ces petites couches *m'm'* de minerai, stratifiées avec le charbon de bois *c*, descendent en même temps que ce charbon s'affaisse par la combustion qui a constamment lieu devant la tuyère. Les massiaux de fer brut *ff*, sont placés au-dessus de la tuyère *T*, dans l'espace disponible compris entre le minerai *m* et la warme *v*. La chaleur, dégagée par la combustion, est employée en partie à échauffer par contact et par rayonnement les massiaux *ff*, et en partie entraînée par les gaz que cette combustion produit. L'air projeté de haut en bas circule dans les charbons incandescents tout le temps nécessaire pour perdre sa vitesse initiale; par

suite de cette disposition, l'oxygène atmosphérique est déjà converti en oxyde de carbone, lorsque les gaz sont chassés au travers du minerai *mm* par le courant que ne cesse de projeter la tuyère. L'oxyde de carbone



sort du foyer en traversant le minerai *mm*, et non le charbon *cc*, par plusieurs raisons; les interstices qui existent entre les charbons laissent au gaz un passage moins facile que ceux du minerai *mm*, préalablement débarrassé de tous les menus fragments; la hauteur de la masse de ce charbon *cc* est ordinairement plus grande que celle du minerai *mm*; les massiaux placés au-dessus de la tuyère gênent la sortie des gaz dans cette direction; enfin, les couches de minerai pulvérisé et humecté *m'm'*, qu'on stratifie continuellement avec le charbon, tendent encore à empêcher la circulation des gaz dans cette partie du foyer. Par ces divers motifs, le minerai *mm* offre le point de moindre résistance, et donne seul issue aux gaz, que l'on peut effectivement embraser en *bb*, par l'approche d'un corps enflammé à la surface du tas de minerai, dès qu'on commence à donner le vent; la disposition du foyer pyrénéen est donc telle, que le minerai y est soumis, depuis le commencement de l'opération, à l'influence simultanée de tout l'oxyde de carbone qui se forme dans le foyer, et de toute la chaleur qui n'est point employée dans le fond du foyer à échauffer les massiaux et à élaborer le minerai menu. L'élaboration du minerai gros et menu en *m* et en *m'*, et la conversion de toutes les matières fixes en une loupe de fer malléable *r*, et en scories *ss*, comprennent d'ailleurs une foule de phénomènes que nous allons examiner succinctement.

La sole du foyer est ordinairement une pierre de granite: trois de ses parois sont formées de barres de fer superposées; la *rustine* ou *haire* est seule en maçonnerie réfractaire; la tuyère est en cuivre rouge. Les dimensions de ces diverses parties étant données par la figure 4035, nous passerons immédiatement à la description d'une opération.

Après avoir retiré la loupe ou *massé* du feu, et rejeté dans le creuset le charbon réuni sur l'aire, l'ouvrier jette par-dessus du charbon frais qu'il égalise et presse au moyen d'une pelle. Arrivé un peu au-dessus du niveau de l'extrémité de la tuyère, on partage le creuset, à l'aide d'une planche placée à peu près parallèlement à la warme et aux 2/3 environ du creuset à partir de cette face, en deux parties que l'on remplit, l'une de minerai, l'autre de charbon tassé et recouvert d'une couche

de fraïsil humide et également tassé, comme l'indique la figure 4035.

On donne alors pendant le vent au maximum de tension (0^m,084), afin de dégager la tuyère et d'aviver le feu, et après 40 minutes environ, on abaisse le vent à une pression de 0^m,036, que l'on maintient pendant toute la durée de cette période. L'escola ajoute du charbon et par-dessus de la greillade à peu près toutes les 8 minutes, en arrosant cette dernière, après la charge, avec une certaine quantité d'eau. La durée moyenne de cette période est de 73 minutes.

Dans la seconde période, dont la durée moyenne est de 69 minutes, on porte la tension du vent à 0^m,045 de mercure, et l'on fait deux percées de scories, l'une à la fin de cette période, l'autre 20 minutes avant.

Dans la troisième période, dont la durée moyenne est de 42 minutes, on porte la pression du vent à 0^m,063, et l'on fait deux percées pour faire écouler les scories. L'escola donne deux fois la mine dans cette période, au commencement et à la fin. Donner la mine, c'est faire descendre le minerai à l'aide d'un ringard que l'on introduit entre celui-ci et le contrevent. Lorsque l'escola donne la mine pour la première fois, il pousse son ringard droit au fond, sans qu'aucun des points de la partie plongée de l'outil cesse d'être en contact avec le contrevent, et cela dans le plan vertical qui passe par l'axe de la tuyère; il répète la même opération dans l'angle du creuset formé par le contrevent et le laitierol. Il ne la donne pas encore dans l'angle formé par le contrevent et la rustine. Lorsqu'il donne la mine pour la seconde fois, il enfonce son ringard à l'extrémité du contrevent; puis, l'extrémité inférieure de l'outil restant fixe, il lui imprime un mouvement de va et vient parallèle au contrevent avec lequel il reste constamment en contact.

Dans la quatrième période, dont la durée est de 45 minutes, on porte la tension du vent à 0^m,072; on rejette sur le feu, avec la greillade, les scories lourdes des coulées précédentes; on perce quatre fois pour donner écoulement aux scories; on donne trois fois la mine, principalement dans l'angle formé par le contrevent et la rustine. L'étréage du fer provenant de la loupe précédente s'achève vers le milieu de cette période, et l'on y épuise aussi la greillade.

Dans la cinquième et dernière période, dont la durée moyenne est de 433 minutes, et où la tension du vent a été portée à 0^m,081, le charbon est presque partout enflammé à la surface du creuset, et tout le mur de minerai a disparu sous le charbon. On perce environ douze fois pour faire écouler les scories, et, après chaque percée, on donne la mine; mais le ringard s'enfonce de moins en moins, parce que la loupe ou massé qui occupe le fond du creuset grossit de plus en plus. Le pied du mur de minerai est fortement aciéreux. En donnant la mine, on fait glisser la partie aciéreuse sur le massé, pour qu'elle s'y soude et s'affine sous la tuyère. La chaleur étant très forte, le valet jette 4 litre 1/2 d'eau sur le feu, chaque fois que le maître donne la mine. Environ 30 minutes avant la fin de cette période, on fait le dernier chargement de charbon; il n'y a plus alors de minerai dans le creuset. Alors, au lieu de donner la mine, après le perçement du chio, l'escola rassemble les morceaux de fer épars dans le creuset pour les souder au massé, et il cherche à arrondir et à dégager celui-ci avec son ringard. Arrivé à ce point, et lorsque le charbon s'est affaissé jusqu'aux approches de la surface supérieure du massé, on arrête le vent, et l'on se hâte d'enlever à la pelle les charbons embrasés qui recouvrent le massé: celui-ci adhère ordinairement au fond du creuset. Pour l'en détacher, on introduit par le trou du chio un fort ringard que l'on enfonce à coups de masse entre la loupe et la pierre du fond, et dont on se sert pour soulever le massé; tous les

ouvriers se réunissent alors pour le saisir à l'aide de crochets, et le faire rouler sur le sol de l'atelier.

Le cinglage de la loupe et son étréage se faisant de la même manière que dans les feux d'affinerie (voyez FER), nous ne reviendrons pas ici sur ces détails.

Avant de terminer, nous dirons quelques mots sur les diverses réactions qui se passent dans le feu et qui ont été observées directement par M. François.

Dans la partie supérieure du feu, le minerai perd son eau, les carbonates sont partiellement décomposés, et l'oxyde de fer passe successivement à l'état d'oxyde magnétique et d'oxyde des battitures. Plus bas, on remarque, autour des noyaux de minerai, l'apparition de pellicules de fer métallique, et, dans le voisinage de ces pellicules, la formation de matières scoriacées et boursouffées. Une réduction plus active, la scorification et la liquation des terres et un commencement de carburation, marquent la troisième région du feu à partir du sommet du mur du minerai. La liquation s'opère toujours à l'état de silicate neutre, que l'on remarque partout où s'exerce la réduction. Enfin, la liquation continue à s'opérer dans les proportions définies du silicate neutre, si l'allure est modérée, dans la portion du mur du minerai la plus rapprochée de la tuyère suivant la verticale; de plus, la réduction s'achève et la carburation s'exerce avec une grande activité, si l'allure est lente et soutenue.

Pendant la période de l'étréage, la greillade et le charbon n'atteignent dans le feu qu'une hauteur de 0^m,50 au-dessus du nez de la tuyère; dans la période qui suit, au contraire, le foyer est entièrement rempli, et la greillade doit descendre d'une hauteur d'environ 4^m,00 pour arriver sous le vent; aussi, la réduction se fait moins complètement dans la première période que dans la seconde, et les premières coulées de scories sont assez basiques pour pouvoir être rejetées dans le fourneau, si l'allure et le charbon le permettent. En général, on obtient des scories d'autant plus riches et par suite un fer d'autant plus doux que la rapidité avec laquelle on fait fondre la greillade est plus grande. Lorsque la greillade arrive sous le vent, elle y donne naissance à un noyau métallique d'une forme concave, dit *principe du massé*, parce qu'il sert en effet à aseoir le massé, et que l'ouvrier nourrit pendant l'étréage et le travail en donnant de la mine.

La durée ordinaire d'un feu ou d'une opération est de 5 heures 3/4. On peut admettre que, dans une campagne entière et dans une forge bien conduite, on consomme par feu 485^{kg} de minerai renfermant 210^{kg} de fer métallique et 405^{kg} de charbon, et que l'on obtient 148^{kg} de fer en barres.

On obtient dans les forges catalanes trois espèces de fer: le *fer ordinaire*, le *fer fort* et l'*acier naturel* ou *fer cédât*. Le fer ordinaire est dur, nerveux, plus ou moins aciéreux, difficile à travailler à la lime et au marteau. Le fer fort est un acier ferreux qui a une couleur blanche dans sa cassure. Le fer cédât est noir ou violet et constitue la qualité supérieure d'acier naturel. Le fer fort se trouve généralement à l'extrémité du massé; plutôt à la surface qu'au centre, et plutôt sur les bords qu'au milieu, et surtout du côté du laitierol ou chio.

Pour obtenir de l'acier, il faut observer les règles suivantes: 1° employer moins de greillade pour obtenir des scories moins riches en oxydes de fer; 2° pousser plus fréquemment la mine vers la tuyère et avec moins de force, afin que le massé, qui n'est plus protégé par les scories, échappe à l'action du vent; 3° donner plus de charbon ou moins de mine; 4° multiplier les percées du chio; 5° prolonger le travail, renverser le contrevent en arrière et rendre la tuyère plus rasante; 6° donner moins de vent vers la fin de l'opération que pour la production du fer doux; 8° employer des char-

FORGES CATALANES ET CORSES.

bons lourds; 9° employer des minerais ou des fondants maugnésifères.

L'acier des forges catalanes s'emploie, sans affinage préalable, à la confection des faux, des socs de charrue, etc.

D'après M. François, le prix de revient des 400^k de fer forgé à l'usine de Videssos (Ariège), pour l'année 1840, pendant laquelle on a fait 4000 feux, a été comme suit, de 40',63 :

340 ^k de minerai, à 2' les 400 ^k	6',20
302 ^k de charbon à 8',20 les 400 ^k	24',76
Main-d'œuvre.	5',95
Garde-forge et commis, 4500 ^f par an.	0',93
Entretien de l'usine, 4200 ^f	0',80
Intérêt à 5 p. 400 de la valeur de l'usine (25000 ^f).	0',83
Intérêt à 6 p. 400 du fonds de roulement (29000 ^f).	4',16

Prix de revient des 400^k de fer forgé. 40',63

Nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui désireraient plus de détails sur les forges catalanes à l'excellent ouvrage que vient de publier sur ce sujet M. François (*Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées, etc.*).

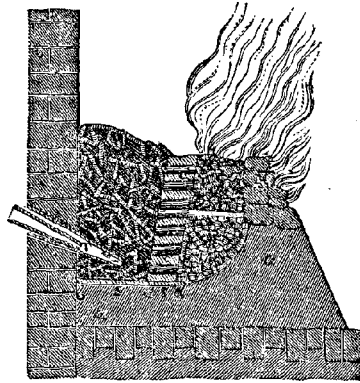
FOYERS CORSES. La fabrication du fer par la méthode corse diffère de la fabrication pyrénéenne en ce que la simplicité apparente des moyens y est poussée moins loin, et notamment en ce que la réduction du minerai se fait dans un foyer distinct de celui où ont lieu la formation des loupes et le corroyage du fer brut. Dans la première opération, on emploie, pour diriger l'oxyde de carbone sur le minerai à réduire, un moyen aussi simple qu'ingénieux, dont les fig. 4036 et 4037 offrent les principaux détails.

Le foyer n'offre d'autre construction fixe que la warme *vv*, qui supporte la tuyère, et le laitierol *tt*, qui ne joue aucun rôle dans la première opération. Ce foyer est reconstruit à neuf chaque fois de la manière suivante : sur un fond de brasque battue, *aaa*, on élève au devant de la tuyère une enceinte composée de gros charbons bien droits, *CC*, longs de 0^m,46 et disposés horizontalement. La base de cette sorte de mur d'enceinte est limitée intérieurement par deux droites parallèles *bb*, perpendiculaires à la warme, distantes de 0^m,48, et situées à égale distance du plan passant par l'axe de la tuyère; ces deux droites s'appuient contre la warme par l'une de leurs extrémités, et sont raccordées à l'autre extrémité par un demi-cercle *bdb*, dont le point *d*, situé dans le plan de l'axe de la tuyère, est à 0^m,40 de la warme. La limite extérieure du mur d'enceinte est une figure *b'd'b'*, entièrement semblable à celle que nous venons de décrire, et est distante de 0^m,46 de tous les points correspondants de la limite extérieure; l'espace compris est occupé par des charbons disposés horizontalement, et toujours normalement aux deux limites. Sur l'assise inférieure, établie comme il vient d'être dit, on place d'autres charbons de même longueur, offrant une certaine retraite à mesure qu'ils s'élèvent, de telle sorte que l'enceinte ait en tout 0^m,75 de hauteur, et offre à son orifice supérieur des dimensions de 0^m,48 et 0^m,55. Le minerai à réduire, concassé en fragments, est placé en *m*, entre le mur de charbon et de gros fragments *M* de minerai, qui doivent servir à une opération subséquente, et qui reçoivent ainsi une sorte de préparation. Le combustible chargé en *c* s'élève ordinairement au-dessus du niveau du minerai. On lance moyennement dans l'enceinte 5^k d'air par minute, avec une pression de 0^m,04 à 0^m,05.

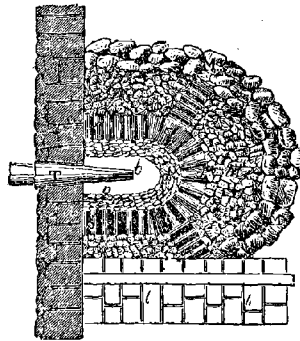
Ici, comme dans le cas des foyers pyrénéens, la masse du minerai à réduire offre aux gaz réductifs formés dans l'enceinte, une moindre résistance que le charbon

FORGES CATALANES ET CORSES.

accumulé au-dessus de la tuyère. On charge à la fois 530^k de minerai et l'opération dure quatre heures.



4037.



4036.

On retire le minerai réduit, mélangé de brasque, et on l'affine par petites parties dans le même foyer, au moyen de scories riches, après avoir détruit le mur de charbon *CC*. Chaque affinage dure environ quatre heures, et produit de 30 à 35^k de fer doux d'excellente qualité. Malheureusement, dans ce procédé, la main-d'œuvre, et surtout la consommation en combustible (qui s'élève à plus de 700 de charbon pour 400 de fer produit), sont si considérables, que cette méthode disparaît de plus en plus.

Statistique. En résumé, en 1843, il y avait en France 427 foyers catalans et 8 foyers corses, en tout 435 foyers, dont 407 en activité ont produit 108,451^qm de fer forgé, ayant une valeur de 4,906,597 francs. P. DEBETTE.

FORMIATES. Nom donné aux sels formés par l'acide formique; ils sont tous solubles, et précipitent de leurs dissolutions l'argent et le mercure à l'état métallique.

ACIDE FORMIQUE. Cet acide existe naturellement dans le corps des fourmis; ce qui lui a valu le nom qu'il porte, et dont on l'extrayait autrefois par distillation; actuellement on le prépare directement en exerçant une action oxydante sur un grand nombre de matières organiques, et ne poussant pas la réaction jusqu'au bout; on prend ordinairement, à cet effet, une grande corne tubulée, dans laquelle on met 4 parties de sucre

FORMIATES.

dissoute dans 2 p. d'eau ; on y ajoute 3 p. de peroxyde de manganèse, et puis on verse par la tubulure 3 p. d'acide sulfurique à 66°, que l'on étend préalablement de trois fois son poids d'eau ; il faut que le tout ne remplisse que 1/15° à 1/20° de la cornue. Vers 50 à 60°, l'action devient très tumultueuse et il se dégage beaucoup d'acide carbonique, puis en continuant à chauffer il distille de l'acide formique étendu ; on reçoit ordinairement cet acide dans un lait de chaux. On obtient ainsi du formiate de chaux que l'on fait cristalliser par évaporation, et que l'on traite par de l'acide sulfurique à 66° pour obtenir de l'acide formique concentré ; on l'obtient encore plus concentré, et ne renfermant qu'un équivalent d'eau, en décomposant à chaud par l'hydrogène sulfuré gazeux le formiate de plomb anhydre. Dans cet état, il renferme environ 19 3/4 p. 100 d'eau, et sa composition est exprimée par la formule $C^2H^2O^3 + H^2O$. C'est un corps très réducteur qui précipite de leurs dissolutions, à l'état métallique, l'argent et le mercure ; il n'a reçu du reste, jusqu'à présent, aucun emploi dans les arts.

FOULON (terre à). Voyez ARGILE.

FOULON (moutins à). Voyez LAINE.

FOURS A CHAUX. Voyez CHAUX.

FOURS A PLATRE. Voyez PLATRE.

FOURNEAUX (*angl.* oven, *all.* ofen). Voyez MÉTALLURGIE, et à l'article de chaque industrie en particulier, ainsi qu'aux articles ARGENT, CHAUDIÈRE A VAPEUR, CHEMINÉE, CUIVRE, FER, ÉTAIN, MERCURE, PAIN, ZINC, etc.

FOURNEAUX DE CUISINE (*angl.* conking stove, *all.* küchenofen). Dans l'enfance des sociétés, les aliments étaient exposés à l'action directe du feu, c'est-à-dire rôtis et grillés sur des charbons ardents, par l'action de la flamme, ou cuits dans des fours sur des cendres chaudes, ou enfin entourés de cailloux préalablement chauffés, comme le font encore aujourd'hui la plupart des nations de l'Océan pacifique, et les peuplades sauvages de l'Amérique.

Homère, si fidèle dans les détails industriels qu'il nous a transmis, si utile à étudier pour l'histoire des arts, ne parle que de viandes rôties, aussi bien devant les murs de Troie, que dans les riches palais de Nestor, de Ménélas, d'Aicénoüs et d'Ulysse. Les chairs sont toujours rôties ou grillées sur le feu direct, au moyen de broches ou de lardoires à cinq pointes, analogues à celles dont on se sert aujourd'hui pour griller le pain. Une seule fois, sous la tente d'Achille, il est question de viandes cuites dans une chaudière d'airain ; mais il est évident que c'est dans le vase même d'airain, et dans la graisse, et non pas dans l'eau bouillante que les chairs étaient cuites : car Homère, qui n'oublie jamais un détail technique, ne dit pas que l'on ait rempli d'eau la chaudière ou Achille jette divers animaux, et dans les vers suivants il ne parle que de chairs rôties.

On doit en conclure, comme l'a déjà dit Brillat-Savarin, que les chairs étaient cuites dans une chaudière d'airain, sans eau, et avec leur graisse ; procédé qui donne des viandes d'un goût excellent, et est employé encore aujourd'hui, notamment dans la Franche-Comté, en employant des vases en bronze, et dans la Lorraine, l'Alsace, et presque toute l'Allemagne, avec des marmites de fonte ou de fer battu.

Quelques vers que Lycophron met dans la bouche de Cassandre, et dans lesquels il décrit une chaudière bouillant du fond par l'action du feu, et où une vieille sorcière fait bouillir les chairs des morts, comme on le fait dans l'art de la cuisine ; et la fable du vieux Pélias, que ses filles coupent par morceaux, et font bouillir dans une chaudière pour le rajeunir, s'expliquent très bien par le même procédé ; et ne prouvent rien contre l'assertion que, dans les ouvrages anciens, il n'est nulle part question de viande bouillie, ni de bouillon.

FOURNEAUX DE CUISINE,

Chez les Romains, en même temps que déjà les foyers de cuisine étaient installés dans l'intérieur des maisons, et que de nombreux perfectionnements et un grand luxe de variété avaient été introduits dans la préparation des mets, le fond du procédé était déjà amélioré. Les vases de bronze et de terre, les broches, les fours en briques étaient employés sous des formes diverses.

La simplicité des procédés des anciens se retrouve encore de nos jours ailleurs que chez les peuplades sauvages. Les Kalmoucks font leur cuisine dans des marmites de fer, et font bouillir dans l'eau la viande de mouton, de bœuf, de cheval et de chèvre, qu'ils mangent sans pain, en buvant le bouillon salé pour lequel ils paraissent avoir un goût prononcé ; et les marchands normands du Tyrol, comme les bûcherons de la Bavière, n'ont pour toute batterie de cuisine, sur leurs chariots, qu'une poêle en fer, employée à la préparation de la soupe, aussi bien que des viandes.

Les fourneaux de cuisine sont restés les mêmes pendant des siècles, un foyer rempli de bois embrasé, d'abord en plein air, puis placé dans les habitations, mais sans cheminées, chez les Romains, au moins jusqu'à l'époque de leur décadence ; puis avec des cheminées et de vastes hottes comme on les voit dans les plus vieux châteaux de l'Europe ; et devant le feu ou au-dessus, la viande bouillie ou les ragoûts placés dans des vases. La viande rôtie et le gibier sur les broches, les grillades sur la braise, le pain, les gâteaux ou autres mets cuits dans les fours. Puis vint, avec la multiplication des mets, la découverte du charbon de bois. Mais, tandis que l'art de la cuisine du riche créait et multipliait ses méthodes, rien n'était fait pour la préparation en grand, pour l'amélioration et l'économie de la nourriture destinée aux pauvres, et aux nombreuses réunions d'hommes.

La science du chauffage domestique et industriel était encore ignorée.

C'est dans le nord de l'Europe que sont nés les procédés de cuisson des aliments en grand : là il faut des appareils qui servent à la fois à la cuisson et au chauffage. Là l'emploi de la tourbe, et surtout de la houille, ont fait chercher des dispositions plus heureuses ; et surtout par suite des désagréments de leur fumée, ils ont donné naissance aux foyers fermés, sans lesquels il n'y a pas de bon fourneau de cuisine, pas de bon appareil de chauffage.

L'homme qui a porté les lumières de la science dans cette industrie, jusque-là livrée à des maçons ignorants, c'est Rumford.

Avec le besoin d'être utile, l'esprit d'application qui donne un but pratique à toute découverte savante, et l'originalité d'imagination qui multiplie les procédés, Rumford avait l'instinct du manufacturier qui juge d'avance les résultats et l'activité patiente qui exécute et améliore. Rang, fortune, talents, fonctions et réputation, tout fut par lui employé sans relâche dans un but unique, créer pour les pauvres, et pour l'amélioration du sort des masses, des institutions populaires conçues avant la révolution française, organisées au sein de l'Allemagne despotique, et devant lesquelles reculeraient plus d'un philanthrope de nos jours.

En même temps qu'il instituait en Bavière de vastes établissements pour recevoir les pauvres, et y établissait le premier un travail utile et justement rétribué pour tous les âges, il analysait scientifiquement les principes mêmes de l'alimentation, et découvrait aussi de nouveaux procédés, auxquels il ajoutait une série également nouvelle d'instruments de préparation, tant pour les hospices et les casernes que pour les petits ménages. Ce fut la pensée dominante de sa vie : il y prodigua son temps et ses conseils, sa surveillance, son activité, son exemple, et provoqua pour tous ses petits appareils la libre concurrence du constructeur.

FOURNEAUX DE CUISINE.

Les procédés complets importés par lui-même en France servent encore, dans nos bureaux de charité, à préparer des soupes économiques, auxquelles il ne manque pour devenir une excellente nourriture qu'un élément azoté puissamment nutritif, et qu'un savant du même ordre, d'Arcet, y a voulu porter sous la forme de la gélatine.

C'est surtout en Angleterre que, guidé par de rigoureuses expériences, Rumford a appliqué la houille dont il avait su apprécier les avantages.

La réduction des foyers à de très petites capacités; l'établissement sur un seul foyer de plusieurs marmites de dimensions modérées et de chaudières à eau, sous lesquelles il utilisait la chaleur perdue de la fumée; la découverte de procédés complets pour rôtir la viande dans des fours en tôle, sans goût désagréable, par l'introduction d'un léger courant d'air; des idées heureuses et larges sur les principes de cuisine, et surtout la préparation des soupes; telles sont les bases de son système de construction culinaire, qui a résolu le double problème d'une économie très grande de combustible et d'un emploi simple et facile.

Ses Mémoires, placés au premier rang des ouvrages industriels destinés à être le plus longtemps utiles, sont une mine féconde d'idées, d'expériences et de résultats, où, depuis cinquante ans, tous les constructeurs d'appareils économiques ont fouillé sans l'épuiser, pour s'assimiler les éléments qui leur sont nécessaires.

Pas un appareil de cuisine, jusqu'à ce jour, qui n'en soit sorti; et, dans nos plus grands établissements, les meilleurs fourneaux sont encore disposés d'après ses méthodes, complétées par quelques remarquables perfectionnements.

Rumford donnait un foyer séparé à chaque série de marmites, à chaque four à rôtir, quelquefois à chaque marmite. Il admettait encore les réchauds au charbon de bois. Aujourd'hui on a concentré dans un petit espace et réuni sur un seul fourneau et en un seul foyer, la préparation des soupes de légumes, la cuisson des viandes, la confection des rôtis et des grillades, celle de la petite cuisine, et le chauffage des plats de service.

Quelques mots rendront claires les dispositions fondamentales communes à tous les grands appareils de cuisine les mieux combinés.

On a d'abord remplacé complètement, par des plaques de fonte ou de fer empruntées à l'Allemagne, dont elles ont gardé le nom, placées au dehors du foyer, et rougies par l'action directe du feu, l'usage des réchauds et du charbon de bois, à peu près exclusif encore dans nos cuisines; pratique aussi onéreuse à la bourse que funeste à la santé. Les cuisinières y périssent, ou s'enivrent, et deviennent folles.

Le service des plaques allemandes, chauffées au bois ou à la houille, est économique et en même temps facile. On y prépare les grillades, les omelettes, les fritures, les ragouts de viande, les légumes et les sauces; vingt mets différents sont conduits de front sans travail et sans variations sur des plaques, qui offrent toutes les températures dont on a besoin, depuis le rouge vif jusqu'à la douce température d'un four, sur les parties les plus éloignées de la plaque, et aujourd'hui on les voit adoptés avec plein succès, chez nos plus fameux restaurateurs.

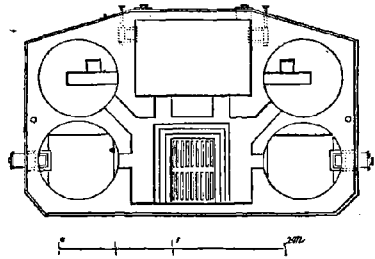
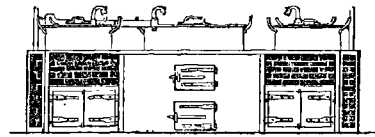
A la suite des foyers ainsi recouverts de plaques allemandes, on établit tantôt circulairement autour du foyer, tantôt à droite et à gauche, d'abord la marmite à potage, puis celles aux légumes, aux ragouts, puis le four à rôtir de Rumford, puis enfin la chaudière qui fournit constamment l'eau chaude nécessaire à la cuisson des aliments, au lavage de la vaisselle et au service entier de la cuisine. Des robinets versent dans chaque marmite l'eau venant d'un réservoir supérieur.

FOURNEAUX DE CUISINE.

A l'hôpital Saint-Louis de Paris, le système est double. Les foyers, placés aux extrémités d'un fer à cheval, envoient leur flamme et leur fumée chauffer deux séries complètes d'appareils, comme nous venons de les décrire, et se réunissent sous une seule chaudière à eau, et dans une seule cheminée placée au centre du demi-cercle, disposition due aussi à Rumford.

D'autres appareils plus modernes, comme ceux de la Charité, de l'Hôtel-Dieu, ont un seul foyer, et toutes les marmites, chaudières et fours sont rassemblés à l'entour, de manière à occuper dans la cuisine un moindre espace, et à fonctionner plus activement.

Les fig. 4038 et 4039 représentent les fourneaux de la Charité. Les deux parties circulaires antérieures portent



4038.

tent les marmites pour divers usages; elles sont chauffées par les produits de la combustion, qui ont déjà entouré deux fours en fonte. Les deux parties postérieures reçoivent des plaques à l'allemande. Enfin une grande chaudière (sous laquelle est un troisième four) renfermé de l'eau chaude pour les besoins de la cuisine.

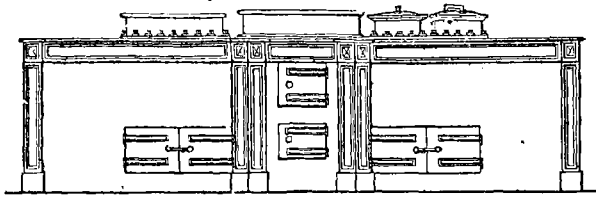
Les fig. 4040, 4041 et 4042 représentent les fourneaux à bain-marie (tels qu'ils sont établis à l'institution des Jeunes Aveugles, à Paris), à la construction desquels nous nous sommes surtout attaché, et qui nous ont donné des résultats très avantageux.

Les figures démontrent comment un seul foyer permet de chauffer toutes les marmites, ainsi que les étuves placées dans les parties latérales du fourneau. Au reste, pour ces divers appareils, les dispositions sont à peu près semblables, sauf les proportions plus ou moins bonnes, plus ou moins grandes des appareils, des passages et des détails d'ajustement.

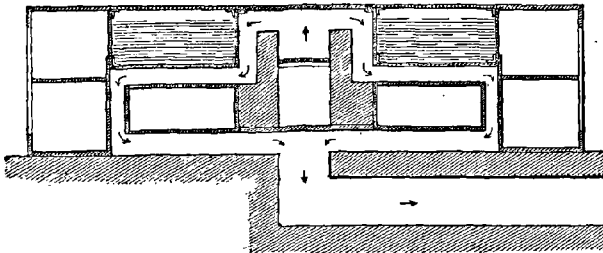
L'emploi d'enveloppes de fonte percées pour les portes et au milieu desquelles l'on bâtit solidement le fourneau, est une excellente addition qui a donné à ces fourneaux une apparence extérieure de propreté, et en réalité une solidité et une durée qu'ils n'avaient pas. Les ajustements aussi en sont beaucoup plus faciles que ceux de briques avec ceintures en fer. Tous les brevets pris chaque jour pour des fourneaux de cuisine, et qui servent d'enseignement à un nombre infini de constructeurs, n'ont d'autre système, d'autre origine, ni d'autres dispositions que celles qui précèdent, et ne présentent rien d'original.

Quant aux perfectionnements des petits appareils destinés aux cuisines particulières, il a été depuis quarante ans l'objet des travaux de quelques hommes de haute portée, Harel, Lemaire et d'Arcet, et il faut la

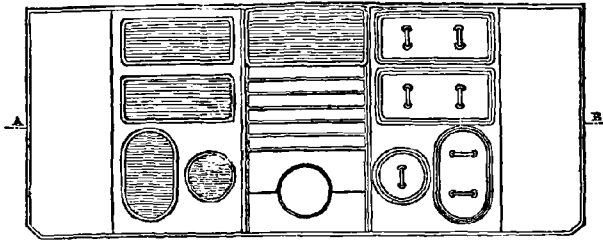
FOURNEAUX DE CUISINE.



4042.



4044.



4040.

dire, ils ont trouvé chez les particuliers plus de bonne volonté que dans les administrations publiques : et cependant, c'est à ces dernières que devrait toujours appartenir l'initiative de l'exécution des inventions dues au progrès individuel. Que les chefs d'un établissement particulier hésitent à admettre un procédé nouveau, qui peut compromettre leur existence industrielle; pour ma part, je trouve souvent qu'ils sont alors prudents et sages. Mais une administration doit oser entreprendre ce qui doit être utile à tous, et sans danger pour son service; sous ce rapport l'administration des hôpitaux de Paris est appelée à remplir de graves devoirs, et est responsable de ce qu'elle fait envers les pauvres si nombreux dans notre société; mais en même temps riche de puissantes ressources, de conseils et de talents; placée au centre de toutes les administrations municipales de la France, qui pousse un même besoin de perfectionnement, et appelée chaque jour à leur donner des leçons et des exemples, l'administration des hôpitaux de Paris est peut-être trop prudente, trop méfiante envers ce qu'elle ne connaît pas encore : elle fait beaucoup chaque jour, mais sans oser ce qu'elle pourrait oser, et sans ouvrir assez hardiment des voies nouvelles à tous ceux qui la voudraient suivre.

M. Harel a le premier entrepris d'opérer une révolution dans les petits appareils de cuisine.

Il a entrepris la tâche bien difficile d'introduire dans tous les petits ménages des appareils commodes, portatifs et économiques. La sagacité et la finesse de son es-

FOURNEAUX DE CUISINE.

prit, qu'il a su plier pendant de longues années à cette œuvre, lui avaient d'avance montré le succès dans le bon marché de ces appareils et la perfection de leur exécution. Sa persévérance lui a donné le succès avec tous ses avantages.

Aux dispositions premières de Rumford, il a ajouté tout ce que la science et l'expérience lui ont enseigné, et sous toutes les formes, toutes les dimensions, pour toutes les fortunes, surtout les plus modestes, auxquelles il s'adressait de préférence. Il a varié ses marmites à pot au feu placées sur de petits foyers fermés, avec carneaux de fumée, où l'affluence de l'air et la combustion lente du charbon de bois sont réglées à volonté, de manière à n'obtenir que ce qu'exige la conduite d'un pot au feu abandonné à lui-même. De petits fours portatifs à rôtir servent à la préparation de la pâtisserie. D'autres grands fourneaux et des poêles portent aussi le caractère distinctif des travaux de M. Harel : haute intelligence et invention dans les combinaisons, étude profonde des besoins du public et bon marché des produits, surveillance rigoureuse de l'exécution, c'est ainsi qu'il a obtenu pendant longtemps une supériorité incontestée sur tous les appareils du même genre. Nous n'en connaissons pas encore de meilleurs dans ce système.

Citons comme un perfectionnement important, à cause de son utilité, celui apporté par M. Harel aux fourneaux ordinaires qui répandent dans les cuisines presque tous les produits de la combustion. Pour éviter cet inconvénient, M. Harel ferme les portes des cendriers et fait communiquer chaque fourneau par un orifice latéral avec une cheminée en tôle. Par cette disposition, l'air arrive sur le combustible par la partie supérieure du fourneau, et les produits de la combustion s'échappent par l'orifice latéral.

La cuisine salubre de d'Arcet porte le caractère de tous les ouvrages de ce savant : génie d'application des hautes sciences et emploi toujours puissant de la ventilation. Elle a fait pour l'ensemble de la cuisine ce que M. Harel avait fait pour son principal instrument, elle y a réuni tous les perfectionnements possibles dans la combinaison et le choix prévoyant des appareils les plus simples dans une ventilation régulière et énergique qui en assure la salubrité et la propreté. C'est un modèle complet offert à toutes les classes, et qui pour cela rendra de grands services aux architectes. Son principe consiste à réunir sur un seul fourneau une marmite à pot au feu de Harel, des réchauds bien disposés avec cendrier et porte à coulisse, un four à pâtisserie avec un foyer spécial recouvert d'une plaque de fonte chauffée doucement, enfin un foyer ordinaire à bois pour ne rien changer aux habitudes des cuisinières; le tout est couvert d'une seule hotte, communiquant à une large cheminée, où la chaleur du four à rôtir et du pot au feu, déterminent un appel constant, qui emporte au dehors toute odeur de charbon ou de graisse. La fermeture de la hotte par un des rideaux favorise encore puissamment cet appel.

Qui n'a pas connu et employé le caléfacteur du savant et bon Lemare, à la tête carrée, à l'imagination puis-

sante, d'où jaillissait instantanément la conception et l'exécution; génie laborieux et inépuisable, qui, pendant qu'il créait le caléfacteur, les fours aérothermes, les couvoirs à circulation, ses cafetières et ses chocolatières, et tant d'autres appareils si utiles et si ingénieux, créait en même temps ses grammaires française et latine, monument admirable de méthode, de science et de richesse de faits; âme droite et naïve que l'on ne pouvait connaître sans l'estimer et l'aimer, esprit toujours vert et original, qui remplissait encore les derniers moments d'une longue vie, avec ses trois pensées chéries, le bonheur et la liberté de sa patrie, la grammaire et les appareils de chauffage.

C'est un phénomène curieux que d'avoir vu deux hommes de même droiture et fermeté d'âme, de même élévation généreuse de pensée, avec un genre d'esprit tout différent, comme Harel et Lemare, consacrer tous deux une partie de leur vie à se créer une industrie productive avec les petits appareils de chauffage.

Le caléfacteur est un instrument complet et le meilleur de tous les appareils portatifs connus. Il est la première et la meilleure application du principe du foyer intérieur que Lemare a étudié et appliqué à tant d'usages.

Une expérience faite par M. Thénard a prouvé que le caléfacteur utilisait 0,80 de la valeur réelle du combustible; c'est donc sous ce rapport un appareil d'une grande perfection.

Pour la cuisson des viandes et des légumes dans les petits ménages, surtout pour la confection du bouillon, ce principe est d'un emploi très heureux. Ici la combustion doit être lente, et son établissement avec la combustion du charbon de bois, au centre même du liquide à chauffer, permet de réduire la dépense de ce combustible à sa limite inférieure.

Le bouillon ainsi fabriqué est d'un goût excellent et les légumes sont très bien cuits, les ragoûts qui n'exigent pas une chaleur vive s'y font parfaitement, mais les rôtis ne peuvent pas s'y faire; il paraît du reste fort difficile d'arriver à faire des rôtis sur le feu lent nécessaire au pot au feu; car les efforts ingénieux de M. Sorel pour

des appareils relatifs à l'emploi de la chaleur dans l'économie domestique, en donnant le dessin de l'appareil à bain-marie employé à la Maison de Force de Gand pour la fabrication du bouillon.

C'est surtout dans ce cas que l'emploi du bain-marie est avantageux; car chacun sait que le bouillon fait à feu nu et dans de grandes marmites, comme on le fait encore dans beaucoup d'hôpitaux, perd toute qualité et toute saveur par une ébullition trop vive et trop inégale. Avec la même quantité de viande et de légumes, des marmites moins grandes, et des appareils combinés pour obtenir une ébullition très lente et très régulière, on obtient du bouillon et du bouilli bien

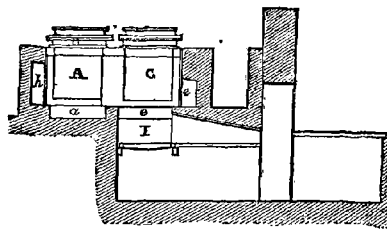
sans doute il sort des habitudes des cuisinières, habitudes que M. Harel a su toujours avec raison respecter en les plantant lentement à ses perfectionnements; c'est que réellement il demande dans son emploi et pour son nettoyage des soins minutieux.

Construits aussi presque toujours en fer-blanc, ces appareils n'ont pas eu une grande durée; la rouille les a détruits, et on ne les a pas renouvelés.

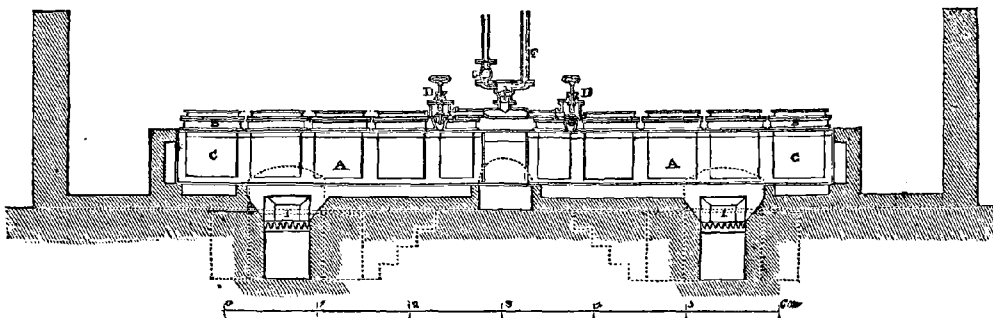
Appliqué en grand, le principe du caléfacteur présente les défauts des foyers intérieurs, refroidissement trop grand de la combustion et de la fumée et ralentissement du tirage, difficultés de construction et de nettoyage.

Le petit appareil régulateur de M. Sorel, dont nous parlerons plus loin à l'article INCUBATION ARTIFICIELLE, permet d'obtenir une plus grande régularité du feu.

Nous terminerons ce que nous avons à dire au sujet



4043.



4044.

unir le rôtissage de la viande à la confection des bouillons au bain-marie, dans des appareils assez analogues aux caléfacteurs, n'ont donné que des rôtis desséchés et mous, parce qu'ils ne sont pas saisis et activement poussés, comme le veut le principe fondamental de cette opération.

Comme M. Harel, Lemare donnait des soins extrêmes à la construction de ses appareils: tous, jusqu'au plus petit, étaient construits sur des mandrins étalonnés.

Si le caléfacteur, malgré ses qualités réelles et pratiques, et bien qu'il ait été répandu partout, n'est pas définitivement adopté par la cuisine bourgeoise comme l'ont été les fourneaux de M. Harel c'est que

supérieur en qualité, et de plus une importante économie de combustible.

Les figures 1043 et 1044 montrent la disposition de cet appareil tel que nous l'avons monté à la prison de Gand, où il fonctionne avantageusement depuis plusieurs années. On voit sur la première la disposition des moyens d'alimentation convenables pour remplacer la petite quantité d'eau qui se vaporise. La vapeur qui se forme, et qui s'échappe en petite quantité, détermine une faible pression qu'on règle par une soupape, et qui est suffisante pour que la température du bain-marie dépasse assez 400°, pour que l'ébullition ait lieu facilement dans les marmites.

GROUVELE.

FRAISE. On donne plus particulièrement ce nom à un outil, en forme de cône renversé, qui sert à évaser l'orifice d'un trou dans lequel doit entrer une vis, de manière à ce que la tête de celle-ci ne fasse pas saillie, ou à tout autre outil du même genre; mais on a nouvellement appliqué cette dénomination à une classe d'outils tout à fait différents: ce sont habituellement de petites roues dentées, en acier, destinées à couper les métaux et même le bois, à refendre les roues d'engrenages, etc., ce sont alors de véritables *scies circulaires*.

FREIN. Le frein dynamométrique de M. Prony est un appareil qui permet d'évaluer par une seule opération le travail transmis par un arbre d'une machine. Cette invention a été un pas immense pour les progrès de la mécanique pratique, en permettant d'évaluer directement le travail transmis par les récepteurs, et par suite, de comparer pratiquement les dispositions di-

résultat indépendant du frottement, et dont toutes les quantités sont fournies par l'expérience.

En pratique, l'emploi du frein n'est pas sans difficulté. Les oscillations perpétuelles auxquelles il donne lieu rendent l'observation du moment d'équilibre un peu difficile. On y parvient cependant assez bien avec quelque habitude en ayant soin:

1^o De limiter, par une corde ou des arrêts fixes, le mouvement de l'extrémité du bras de levier;

2^o De faire varier le frottement, tant en serrant les boulons, qu'en versant soit de l'eau, soit du sable entre les surfaces flottantes, afin d'atteindre la position d'équilibre;

Et 3^o de faire varier les poids, ou, ce qui est plus commode, la distance du poids à l'arbre, comme dans une romaine.

FROID ARTIFICIEL. Voyez CONGÉLATION.

FROMAGE (*angl. cheese, all. käse*). La substance caséuse du lait, le *caséum* ou fromage, considérée sous le point de vue chimique, est un principe immédiat dont les propriétés les plus caractéristiques sont d'être d'un blanc mat dans son état frais, de devenir demi-transparent et légèrement jaunâtre, par la dessiccation, de n'avoir ni odeur ni saveur bien tranchée, de se dissoudre dans les alcalis et d'en être précipité par les acides. Nous ne nous en occuperons ici que sous le point de vue industriel.

Les fromages dont l'usage est le plus répandu sont ceux de Gruyère, de Parmesan, de Hollande, de Roquefort et de Brie.

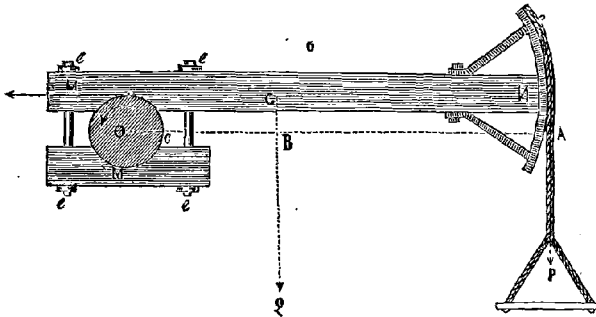
La fabrication du fromage de Gruyère se fait, d'après

M. Bonvié, de la manière suivante: on traite les vaches vers les 3 ou 4 heures du soir; on porte le lait dans des baquets en bois placés, les uns à côté des autres, dans la laiterie, sur des tablettes dont elle est garnie dans tout son pourtour. On a soin, en remplissant les baquets, de verser doucement le lait, afin de produire le moins de mousse possible, et on enlève celle-ci pendant que le lait est encore chaud, parce qu'on a remarqué qu'elle nuisait à l'ascension de la crème. Le lendemain, on traite de nouveau les vaches vers les 6 heures du matin, et le lait qui en résulte est immédiatement filtré à travers un entonnoir garni d'un bouchon de paille vers son orifice inférieur, et tombe de là dans une chaudière. Lorsque tout le lait a été réuni dans ce vase, on va à la laiterie chercher celui de la veille. Avant de l'enlever, on l'examine pour voir s'il est gras, et, dans ce cas, on l'écume. Si l'on

trouve, au contraire, que le lait n'est point assez gras, on laisse une partie des baquets sans les écumer; la quantité ou l'épaisseur de la crème montée à la surface indique la qualité du lait.

Le mélange étant fini et la chaudière remplie, on la place sur un bon feu clair, et on laisse chauffer jusqu'à ce que tout le liquide ait atteint un degré de chaleur égal à celui du lait lorsqu'il sort de la mamelle, c'est-à-dire 25° environ; on retire alors la chaudière de dessus le feu, et l'on met toute la masse *en présure* pour le caillage.

La présure dont se sert M. Bonvié se prépare comme il suit: on prend une certaine quantité de petit lait qui reste après que la matière caséuse a été retirée de la chaudière, on y ajoute un peu d'eau, et on le fait bouillir; d'autre part, on a du petit lait aigre, conservé à cet effet dans un petit tonneau où il fermente; on en prend



1045.

verses de ceux-ci, pour s'arrêter aux plus convenables. Il consiste, comme le représente la fig. 1045, dans une barre de bois portant à une extrémité un plateau destiné à recevoir des poids, et à l'autre un collier formé de 2 coussinets serrés sur l'arbre par des boulons. En chargeant le plateau, et d'un autre côté en serrant graduellement les boulons, on arrive à l'équilibre dynamique, c'est-à-dire à un point tel que les poids faisant équilibre au frottement sur l'axe, l'arbre ayant à ce moment la vitesse du régime, faisant n tours par seconde, le travail du frottement sera égal au travail développé par le moteur. (En serrant les boulons on parvient toujours à augmenter assez le frottement pour produire cet effet.) Or, le frottement est égal au poids P placé sur le plateau multiplié par le bras de levier p , donc le travail transmis par l'arbre sera égal à $P p \times 2 \pi r n$ (r rayon de l'axe, $2 \pi r n$, chemin parcouru),

une quantité égale à celle de l'eau ajoutée précédemment, et on laisse sur le feu ; le petit lait se sépare alors d'une certaine quantité de matière caséuse qu'il avait conservée et qu'on enlève à l'écumoir ; on soutient encore le feu quelque temps, puis on ajoute une caillette de veau, dans laquelle on a introduit une petite poignée de sel, et on laisse refroidir : cette liqueur forme la présure ; on en prépare environ 6 litres à la fois et on la renouvelle au besoin.

Dans une chaudière remplie de la quantité de lait nécessaire pour faire un fromage de 30 kilogr., on délaie 2 litres de présure préparée comme il vient d'être dit, on mêle le tout bien exactement, et on le laisse ainsi se prendre en masse, ce qui dure de 1/2 à 3/4 d'heure, selon la température du lieu où l'on opère. Quelquefois on ne chauffe pas le lait avant de le faire coaguler, mais alors il faut employer une présure plus forte. Dans tous les cas, lorsqu'on juge que le lait est suffisamment caillé, on le coupe en plusieurs sens, à l'aide d'une grande lame de bois, et de manière à le réduire en grumeaux de la grosseur d'une fève. Lorsqu'ils sont à peu près tous parvenus au même volume, on commence à travailler la masse entière en la remuant constamment avec un bâton armé de petites broches qui le traversent de distance en distance : ce travail dure environ 40 minutes. On remet ensuite la chaudière sur un feu très doux, que l'on soutient jusqu'à ce que toute la masse ait acquis une température d'environ 40°, en continuant constamment à remuer avec le bâton agitateur. On juge que la pâte est assez cuite, lorsque les grumeaux qui nagent dans le petit lait ont pris une consistance un peu ferme, qu'ils font ressort sous les doigts, et qu'ils ont acquis un coup d'œil jaunâtre.

Quand on a travaillé ainsi la masse pendant le temps nécessaire et à la température convenable, on retire la chaudière de dessus le feu, sans pour cela cesser d'agiter, ce qui dure encore environ 3/4 d'heure, jusqu'à ce que la masse se soit agglomérée et ait acquis une sorte d'élasticité, ce que l'on reconnaît en la pressant entre les doigts ; l'ouvrier passe alors dans la chaudière, et dans la masse même, une étamine en toile claire, avec laquelle il l'enlève, et la porte dans un moule placé sur le plateau d'une presse. Quand il juge que le fromage est entièrement égoutté, il serre la presse, et la laisse en cet état pendant 24 heures. Après ce temps, le fromage est confectionné, et a acquis la forme qu'il doit conserver ; on le retire, et on le porte à la cave sur des tablettes qui y sont disposées à cet effet ; puis on procède à la salaison.

Le fromage étant placé sur les tablettes, on le saupoudre de sel pulvérisé, au moyen d'un tamis, sur chacune de ses faces. On répète cette opération tous les jours pendant quatre à cinq mois ; et chaque fois, avant de répandre du nouveau sel, on a soin d'essuyer celui de la veille et de l'enlever, ainsi que de nettoyer les tablettes sur lesquelles reposent les fromages.

Dans la plupart des fromageries, on retire encore du petit lait une certaine quantité de matière caséuse, en le soumettant à une sorte de clarification, qui consiste à le faire bouillir, à y ajouter alors une faible quantité de petit lait aigri, puis à calmer l'ébullition, en versant dans la chaudière, et à diverses reprises, du petit lait froid. La matière caséuse restante se sépare, et vient nager à la surface, d'où on l'enlève avec une écumoire. Elle sert d'aliment aux bestiaux, ou à la fabrication de fromages de qualité inférieure consommés dans le pays.

Le *fromage de Parmesan* se prépare identiquement de la même manière que celui de Gruyère ; seulement, par suite d'un degré de cuisson plus avancé, la pâte du fromage de Parmesan est sèche et grenue, tandis que celle du Gruyère est unie, compacte et serrée.

Le *fromage de Hollande* se prépare d'une manière

essentiellement différente. On fait cailler le lait à froid, et lorsqu'il est encore pourvu de toute sa crème. Lorsqu'on a obtenu le caillé par le procédé ordinaire, et qu'on l'a bien malaxé et réuni en une seule masse, on le met dans une espèce de passoire, où on le comprime fortement ; si s'en égoutté encore beaucoup de petit lait et une certaine quantité de crème, qui, malgré tout le soin qu'on a pu prendre de bien mélanger la pâte, n'y est pas uniformément répandue, et y est distribuée par veines. On continue toujours à pétrir le caillé ; et, lorsqu'on le juge suffisamment égoutté, on le met dans des cylindres creux, dont le fond est concave et percé de quatre trous. Aussitôt que cette espèce de moule en est remplie, on place sur le caillé bien tassé un couvercle d'un diamètre un peu plus petit que le cylindre, afin qu'il puisse y entrer, et on pose tout cet appareil sur une table munie d'une rigole tout autour ; on met sur le couvercle du moule une planche portée sur trois montants et chargée de pierres. Lorsque le pain a acquis une certaine consistance, on le tire de la forme, on le retourne, et on lui fait subir une nouvelle pression. Enfin, lorsque la masse est devenue plus homogène, et qu'il ne s'en écoule plus ni petit lait ni crème, on retire le pain, et on l'enveloppe dans une toile claire, qu'on enroule tout autour de la surface cylindrique. Le pain ainsi enveloppé est porté sous une forte presse, où on le comprime graduellement jusqu'à ce que la pâte ne présente plus d'interstices et soit bien homogène, ce qui exige environ 8 à 40 heures d'une pression soutenue. Après ce temps, on retire le fromage de la toile, et on l'immerge dans une eau légèrement salée ; quelques heures après, on le retire de l'eau salée pour le déposer dans une forme plus petite que la première, et percée seulement d'un trou au milieu d'un fond concave. On recouvre la surface supérieure d'une couche de sel blanc bien pur, qui se dissout peu à peu par l'humidité du fromage et pénètre en partie dans son intérieur.

Lorsqu'on juge que la salaison est achevée, on met de nouveau le fromage tremper dans l'eau, non seulement pour enlever l'excès de sel qui est à la surface, mais encore une croûte blanchâtre et butyreuse qui s'y est formée. Après 5 à 6 heures d'immersion, on le retire de l'eau ; on le lave avec du petit lait ; et en le râclant, on parvient à le dépouiller entièrement de la croûte qui le recouvre. Enfin, lorsque les fromages sont ainsi nettoyés, on les dépose dans un magasin frais, sur des tablettes bien propres, où on a soin de les retourner souvent ; là, ils acquièrent une couleur d'un beau jaune, et c'est alors qu'on les livre au commerce.

D'après Chaptal, le *fromage de Roquefort* se fabrique avec du lait de chèvre, et surtout avec du lait de brebis, de la manière suivante : on réunit le lait des deux traites du matin et du soir, et on y délaie, comme à l'ordinaire, la quantité de présure voulue. La coagulation s'opère en moins de 2 heures ; et aussitôt après, on brasse fortement le caillé, on le pétrit, et on l'exprime avec force ; il en résulte une pâte qu'on laisse reposer ; puis, on incline le vase pour faire écouler le petit lait qui surnage. On place ensuite la masse de caillé, qui s'est reprise de nouveau, dans une éclisse perforée à son fond ; on l'y pétrit une seconde fois, et on la recouvre d'une planche que l'on surcharge de poids ; on retourne de temps en temps les fromages et dans différents sens, afin que la masse s'égoutte aussi également que possible. Lorsque les fromages paraissent avoir rendu tout leur petit lait, ce qui a ordinairement lieu au bout de 12 heures de pression, on les porte au séchoir après en avoir essuyé la surface avec un linge ; là, on les place sur des tablettes les uns à côté des autres, on les remue et on les retourne de temps en temps, et on les essuie soigneusement pour

qu'ils se dessèchent sans s'échauffer. Assez ordinairement on entoure les fromages d'une grosse toile, afin d'éviter qu'ils puissent se gercer en séchant. Cette opération dure rarement plus de quinze jours dans la belle saison.

Aussitôt que les fromages sont suffisamment desséchés, on les porte dans des caves d'une température très fraîche et constante, creusées dans le roc, où, après les avoir placés sur des tablettes, on commence par les imprégner sur une de leurs surfaces de sel broyé; vingt quatre heures après, on les retourne et on les sale sur l'autre face. Au bout de deux jours on les frotte tout autour avec un morceau de grosse toile, puis le lendemain on les râcle fortement au couteau. La salaison achevée, on empile les fromages au nombre de dix à douze, et on les maintient ainsi pendant quinze jours environ. Dans cette période, le fromage acquiert de la fermeté et de la consistance, et il commence à se couvrir d'une espèce de moisissure blanche fort épaisse et d'une sorte d'efflorescence granulaire. On enlève de nouveau toutes ces productions à l'aide d'un couteau, et on replace les fromages sur les tablettes. On réitère ainsi cette même manœuvre tous les quinze jours, et même plus souvent, pendant l'espace de deux mois. La croûte qui se forme dans chaque intervalle est successivement blanche, verdâtre et rougeâtre; c'est à cette dernière nuance qu'on reconnaît que les fromages ont suffisamment séjourné dans les caves, et qu'ils sont en état d'être livrés aux consommateurs.

Le *fromage de Brie*, dont la consommation ne s'étend qu'à une assez faible distance des lieux de fabrication, par cela seul qu'il ne peut se conserver, n'en est pas moins d'une excellente qualité, lorsqu'il a été bien préparé et qu'il est pris au point convenable de sa fermentation. Sa fabrication n'offre d'ailleurs rien de particulier, et nous l'indiquerons en deux mots : le lait entier, une fois caillé par la méthode ordinaire, est mis à égoutter dans un lieu frais sur une claie d'osier. On le laisse ainsi égoutter plusieurs jours, jusqu'à ce qu'il ne s'en écoule plus de petit lait. Au bout de ce temps, on le sale et on l'expose au grand air, alors que la température est de 15 à 20°. Tous les deux jours au plus tard on le retourne, et à chaque fois on sale de nouveau la partie supérieure. Lorsqu'on a atteint le degré que l'habitude a fait reconnaître pour le plus convenable, on le porte à la cave et on le place sur un lit de foin; enfin, on le retourne de temps à autre, jusqu'à ce qu'il s'amollisse et devienne gras.

Cette espèce de fromage doit être consommée aussitôt qu'il commence à s'affaïsser et à couler comme de la crème, parce qu'à ce point, où il est exquis, il est très voisin de l'état de putréfaction.

FROMENT (*angl.* wheat, *all.* weizen). Le froment tient le premier rang parmi les céréales. Son grain est celui qui renferme le plus de farine, la plus agréable, la plus nourrissante et la plus propre à la panification (voyez FARINE et PAIN). On peut ranger toutes les variétés de froments en deux classes : les froments à grains tendres et à chaume creux, qui sont les plus anciens et les plus communs, et les froments à grains durs et à chaume solide, qui ont été importés d'Afrique, et dont la culture se répand de jour en jour, surtout dans nos départements méridionaux.

FROTTEMENT (*angl.* friction, *all.* reibung). Voyez RÉSISTANCES PASSIVES.

FULMINATES (*angl.* fulminates, *all.* knallsaure salze). Parmi les fulminates, sels formés par l'acide fulminique, les principaux sont les deux suivants :

FULMINATE DE MERCURE (*angl.* fulminate of mercury, *all.* knallquecksilber). Ce sel, qui se compose de 0,24 d'acide fulminique et de 0,76 d'oxyde de mercure, et qui est aussi connu sous le nom de *poudre fulminante de Howard*, est actuellement exclusivement employé

pour la fabrication des capsules et amorces fulminantes.

Le procédé de préparation le plus convenable, tant sous le rapport de la qualité du produit que, sous celui de l'économie industrielle et de la sûreté de l'opérateur, est le suivant :

On dissout à une douce chaleur 400 parties en poids de mercure dans 4000 parties d'acide nitrique ayant une densité de 1,40, et on verse cette dissolution, préalablement portée à 55° C, dans 830 p. d'alcool ayant une densité de 0,83. Si l'on mesure le mercure, l'acide nitrique et l'alcool au volume, ce qui est plus commode, il faudra, pour 4 parties du premier, prendre 7 p. 1/2 du second et 40 p. du dernier de ces corps.

La dissolution du mercure dans l'acide nitrique se fait dans une cornue en verre tubulée, dont le col plonge dans un ballon à deux tubulures, placé dans un vase où arrive constamment de l'eau fraîche, et dans lequel se condensent une grande partie des vapeurs acides qui se dégagent de la cornue; la liqueur ainsi condensée est plus tard reversée dans la cornue. Quand tout le mercure est dissous, et que la dissolution a atteint la température de 55°, on la verse lentement à l'aide d'un entonnoir en verre dans l'alcool renfermé dans un matras en verre, dont le volume soit au moins six fois plus considérable que celui de la liqueur qu'il doit contenir. Au bout de quelques minutes, il commence à se former, sur le fond du matras, un léger dégagement de gaz, dont la quantité augmente peu à peu, jusqu'à produire un bouillonnement très vif et à donner au liquide une apparence mousseuse. Il se dégage alors, par le col du matras, une vapeur épaisse et blanchâtre qui est extrêmement inflammable, et qui, par conséquent, doit être conduite au dehors et rejetée dans l'atmosphère, en ayant bien soin qu'elle ne rencontre aucun corps enflammé. Cette vapeur est en grande partie composée d'éther nitreux, qui entraîne avec lui, probablement d'une manière mécanique, une certaine quantité de mercure. Les essais faits pour condenser ce dernier, en faisant passer cette vapeur à travers une dissolution de sous-carbonate de soude, rendant la formation du fulminate beaucoup plus difficile et altérant sa qualité, par suite du léger excès de pression qui en résulte, on a été obligé d'y renoncer.

Quand le bouillonnement et le dégagement des vapeurs blanchâtres ont cessé, on jette le contenu du matras sur un filtre en double papier sans colle, et on lave le précipité de fulminate à l'eau pure et froide, jusqu'à ce que les eaux de lavage n'exercent plus aucune réaction acide sur le papier du tournesol. On enlève alors le filtre de l'entonnoir et on l'étend sur une plaque de cuivre laminé ou de faïence chauffée en dessous à 400° par un courant de vapeur. On partage ensuite le précipité desséché en portions de 5 à 6 grammes, que l'on renferme chacune dans un papier, et que l'on introduit après dans une caisse ou un grand bocal en verre fermé avec un bouchon.

Lorsque le fulminate a été bien préparé, il se présente sous la forme de petits cristaux brillants d'un gris-brunâtre, qui paraissent transparents lorsqu'on les place sur un verre de montre et qu'on les humecte de quelques gouttes d'eau; ils se dissolvent sans résidu dans 430 parties d'eau bouillante, et se précipitent de nouveau à l'état cristallin par le refroidissement.

En suivant le procédé que nous venons de décrire, et qui est celui qui a été adopté en Angleterre à la suite des recherches du docteur Ure, faites en 1834 au nom de la commission d'enquête, instituée lors du remplacement, dans l'armée anglaise, des fusils à pierre pour les fusils à piston, et qui est celui qui donne la plus forte proportion de fulminate, on obtient de 400 parties en poids de mercure, 430 p. de fulminate; or, comme 400 p. de mercure correspondent à 442 de fulminate, la

FULMINATES.

perte en mercure est de 8 1/2 p. 100 du mercure employé.

Le fulminate de mercure se décompose avec flamme et explosion, soit par le choc, soit lorsqu'on le chauffe à la température de 188°; il se dégage de l'azote, de l'acide carbonique et des vapeurs d'eau et de mercure. Il est nécessaire pour que le choc donne lieu à une explosion, que les corps choqués possèdent une certaine dureté, ainsi : le choc du bois contre du bois, ou même du fer contre du bois, ne détermine pas l'explosion. Elle n'arrive que très rarement entre le fer et le plomb; plus facilement, quoiqu'avec difficulté, entre le verre et le verre, le marbre et le marbre. Elle se produit toujours entre le fer et le fer, un peu moins facilement entre le fer et le bronze, le fer et le cuivre; par le frottement, on la détermine aisément entre deux plaques de bois, un peu moins facilement entre deux plaques de marbre ou de fer, ou entre le fer et le marbre ou le bois. Les cristaux les plus gros sont ceux qui détonnent le plus facilement. Lorsqu'on humecte le fulminate de 5 p. 100 de son poids d'eau, la partie la plus violemment choquée détonne seule; l'inflammation ne se propage pas. Lorsqu'on l'humecte avec 30 p. 100 d'eau, on peut sans danger le broyer sur une table de marbre avec une molette en bois. Lorsqu'on le recouvre d'une traînée de poudre ordinaire, celle-ci est projetée par l'explosion sans s'enflammer; mais si la poudre est renfermée dans une cartouche, elle s'enflamme à coup sûr. Aussi on pourrait n'employer que du fulminate pur pour la confection des capsules fulminantes, mais il vaut mieux le mélanger, dans le but d'assurer complètement l'inflammation de la charge, avec une petite quantité de poudre ordinaire ou de toute autre matière combustible analogue, qui s'enflamme infailliblement par son mélange intime avec le fulminate, et qui, projetée violemment entre les grains de poudre qui composent la charge, en détermine à son tour l'inflammation. L'expérience, du reste, a montré que dans les nouveaux fusils à percussion, on obtenait la même portée que dans les anciens fusils à pierre, en réduisant la charge de poudre aux 85 centièmes de ce qu'elle était primitivement.

En France on calcule que, en moyenne, 1^k de mercure produit 4^k 1/4 de fulminate, qui suffit pour préparer 40,000 capsules. A cet effet on broie le fulminate avec 30 p. 100 de son poids d'eau, sur une table en marbre, avec une molette en bois, et on y incorpore 6/10^{mes} de son poids de poudre ordinaire. On introduit ensuite cette pâte dans les capsules. Pour prévenir l'action de l'humidité, on recouvre la pâte ou on la broie avec de la teinture de benjoin, ou mieux, suivant les essais faits par la commission d'enquête que nous avons déjà citée, avec une dissolution de mastic dans de l'huile essentielle de térébenthine.

Les capsules se font en cuivre mince embouti à la mécanique; pour empêcher le crachement, on refend ordinairement les bords en quatre jusqu'à la moitié de leur hauteur, et on pratique dans le piston une échancrure dirigée en avant du côté du canon du fusil.

L'expérience a montré que lorsque, par un choc ou au moyen d'une tige de fer rouge, on fait détonner une ou plusieurs capsules au milieu d'une caisse qui en est remplie, les capsules touchées détonnent seules et l'inflammation ne se propage pas, à moins que l'on n'ait jeté de la poudre à tirer entre les capsules.

FULMINATE D'ARGENT (*angl.* fulminating silver, *all.* Knallsilber). Le fulminate d'argent se prépare absolument de la même manière que le fulminate de mercure, à cette différence près, que l'on remplace le mercure par de l'argent fin, et que l'on laisse refroidir la dissolution d'argent dans l'acide nitrique avant de la verser dans l'alcool. Une autre méthode très simple de le préparer, est la suivante : On prend du nitrate d'argent réduit en poudre fine que l'on introduit dans un

FUMÉE.

matras avec de l'alcool concentré, on agite, et on y ajoute une quantité d'acide nitrique fumant égale à celle de l'alcool. La liqueur se met à bouillonner, le nitrate d'argent se dissout d'abord, puis il se décompose, et il se sépare un précipité floconneux formé d'une agglomération de petites aiguilles de fulminate d'argent. Lorsqu'il ne se forme plus de précipité, on étend d'eau, on filtre, on lave jusqu'à ce que les eaux de lavage n'aient plus de réaction acide, et on dessèche le précipité avec précaution.

Le fulminate d'argent est encore beaucoup plus explosif que celui de mercure, et n'est pas par suite employé dans la confection des capsules et amorces fulminantes; sa préparation exige les plus grandes précautions, et on ne doit opérer à la fois que sur des quantités extrêmement minimes; elle a donné lieu à beaucoup d'accidents; le plus récent est celui du chimiste anglais *Hennel*, qui, en en préparant 1/2 kilogr. à la fois, y trouva la mort. L'explosion de cette masse le mit en pièces et ses membres séparés furent projetés à des distances considérables les uns des autres.

On n'emploie guère le fulminate d'argent que pour la préparation des pois fulminants et autres objets analogues; pour préparer les pois fulminants, on prend de petites perles en verre creux de la grosseur d'un petit pois, on y introduit un peu de fulminate d'argent humide, et on enveloppe la perle d'un morceau de papier brouillard, puis on laisse sécher; lorsqu'on jette ce pois par terre avec force ou qu'on le brise de tout autre manière le frottement des esquilles de verre sur le fulminate en détermine l'explosion.

ACIDE FULMINIQUE. Cet acide isomère avec l'acide cyanique n'a pu encore être obtenu à l'état libre; on ne connaît que ses combinaisons avec les bases; à cet état, il est représenté par la formule $C^4 Az^4 O^2$, et ses sels par la formule $C^4 Az^4 O^2 + 2 MO$; les fulminates renferment, tantôt 2 atomes de base fixe, et ils sont alors neutres au papier, tantôt 4 atome de base fixe et 4 atome d'eau; dans ce dernier cas, ils possèdent une réaction acide.

FUMÉE (*moyens de prévenir la*). On sait que la plupart des foyers alimentés à la houille rejettent dans l'atmosphère une proportion considérable de charbon très divisé sous la forme d'une fumée plus ou moins épaisse, dont les inconvénients sont bien connus, et qui donnent lieu à de vives oppositions de la part des voisins toutes les fois qu'il s'agit d'établir, dans l'intérieur des villes, des chaudières à vapeur. Pour éviter autant que possible la dépréciation de la propriété, l'administration supérieure s'était contentée jusqu'ici d'obliger les fabricants à construire des cheminées d'une hauteur considérable et supérieure à celle des constructions environnantes, afin d'entraîner au loin la fumée et d'en diminuer les inconvénients en la répartissant ainsi sur une plus grande surface. Ce moyen devenant de plus en plus insuffisant à mesure que le nombre des établissements à vapeur établis dans l'intérieur des villes augmentait dans une proportion rapide, l'administration a dû se préoccuper de l'intérêt des particuliers, tout en continuant à protéger l'industrie, et par conséquent chercher si, par des moyens simples, des appareils peu onéreux et non brevetés, il était possible de prévenir la production de la fumée dans les foyers des chaudières à vapeur, sans augmenter la consommation en combustible ou la rapidité avec laquelle les chaudières se brûlent; à cet effet, une commission fut nommée l'année dernière, et son travail est assez avancé pour qu'on puisse déjà affirmer qu'elle a atteint le but qu'elle s'était proposé. Le rapport qu'elle a adressé à ce sujet au sous-secrétaire des travaux publics, n'ayant pas encore été publié, et devant, sous peu, après l'achèvement des travaux de la commission, servir de base à la rédaction d'un projet d'ordonnance interdisant à l'avenir aux propriétaires de

chaudières à vapeur de produire une fumée qui puisse être incommode ou nuisible au voisinage, et d'une instruction ministérielle indiquant d'une manière numérique et précise les modifications qu'il convient d'apporter aux appareils existant pour arriver à ce résultat (il va sans dire que les industriels seront libres d'employer tel autre procédé qui leur conviendra, pourvu qu'ils arrivent au même but), nous regrettons de ne pouvoir en donner ici un extrait, et nous nous contenterons d'indiquer d'une manière générale quels sont les principaux procédés qui ont été essayés, soit en France, soit en Angleterre, pour prévenir les inconvénients qui résultent du déversement de la fumée dans l'atmosphère. Ces procédés se distinguent en deux classes tout à fait distinctes : dans la première, on condense la fumée tenue en suspension dans les gaz qui s'échappent par la cheminée; dans la seconde, on brûle la fumée dans l'intérieur même du fourneau.

Plusieurs personnes, nous citerons par ordre chronologique MM. Ward, Vivian, etc., se sont occupées des moyens de condenser la fumée au moyen d'eau lancée sous forme de pluie dans les canaux où circulent les produits de la combustion avant de se rendre à la cheminée; mais elles faisaient indistinctement arriver de l'eau dans toute l'étendue de ces canaux, ce qui diminuait considérablement le tirage, qu'il fallait rétablir au moyen d'immenses cheminées d'appel d'une construction très coûteuse. M. Hedley, maître de forges à Newcastle-sur-Tyne (Angleterre), a résolu cette difficulté d'une manière fort ingénieuse qui consiste à faire circuler la fumée dans une conduite repliée sur elle-même de manière à former une série de petites cheminées verticales accolées dans lesquelles les gaz circulent successivement du haut en bas et de bas en haut. On fait tomber de l'eau divisée en pluie, par une plaque percée d'une multitude de petits trous, dans les parties de la conduite où la fumée circule en descendant. La fumée est obligée de traverser une couche mince d'eau pour passer d'une partie de la conduite où elle a circulé en descendant, à la partie suivante où elle circule en montant. De cette manière, l'eau et la fumée circulant toujours dans le même sens, il en résulte, pour le fourneau, une augmentation considérable du tirage, qui devient très actif, sans qu'il soit nécessaire d'avoir des cheminées de plus de 3 à 4 mètres de hauteur. L'eau dissout les sels ammoniacaux et retient le noir de fumée, qui surnage, qui peut être recueilli et qui est de très bonne qualité. Ce procédé a été appliqué avec le plus grand succès à une chaudière de machine à vapeur fixe établie sur la ligne du chemin de fer allant de Sunderland à Durham. Ce procédé n'est pas seulement restreint aux foyers alimentés avec la houille, mais il s'applique encore plus particulièrement à la condensation de fumées bien autrement nuisibles que celles que produisent les combustibles minéraux ou végétaux, telles que celles des fourneaux de grillage dans les usines métallurgiques, celles des fours à réverbère pour la fabrication du sulfate de soude qui vomissent dans l'atmosphère des torrents d'acide hydrochlorique gazeux, et autres du même genre, dont les effets se font souvent sentir à des distances considérables. C'est ainsi qu'il commence à se répandre en Angleterre dans les usines à cuivre et dans les fabriques de soude. On peut aussi utiliser ce procédé pour la condensation des fumées métalliques ou cadmiques qui donnent lieu à une perte très notable dans certaines industries, puisque pour le plomb, par exemple, les chambres de condensation ordinaires retiennent au plus 6 à 8 p. 100 du plomb volatilisé ou entraîné par le courant gazeux; aussi s'est-il rapidement introduit dans une grande partie des usines à plomb et à zinc de l'Angleterre.

Avant de parler de la seconde classe de procédés relatifs à la destruction de la fumée, il est nécessaire d'in-

diquer la manière dont celle-ci se forme. Lorsqu'on vient de charger du combustible frais sur la grille, celle-ci se trouve presque complètement obstruée, et, comme l'ont montré des expériences directes et multipliées faites par la commission centrale des machines à vapeur avec l'anémomètre de M. Combes (voyez *aéragé des MINES*), ne laisse passer qu'une quantité d'air presque insignifiante; le combustible éprouve alors une véritable distillation en vase clos et très brusque; il se forme des produits pyrogénés riches en carbone et en hydrogène qui, en passant sur la sole où la température est assez élevée, se décomposent en donnant lieu à de la vapeur d'eau, à un peu d'oxyde de carbone et d'hydrogène libre, à de l'acide carbonique venant en partie de la faible quantité d'air qui est passée à travers les barreaux de la grille, et à un dépôt de charbon en particules très ténues qui sont entraînées par le courant gazeux et qui, suivant leur plus ou moins d'abondance, constituent la fumée noire opaque et la fumée légère translucide et jaunâtre. A mesure que l'on s'éloigne du moment de la charge, et que par suite la distillation avance, la quantité d'oxygène et d'hydrogène diminue dans le combustible ainsi que la fumée; d'un autre côté, comme la grille se dégage, il passe de plus en plus d'air entre les barreaux, et cet air, en déterminant la combustion d'une partie de plus en plus considérable des produits de la distillation, tend aussi à diminuer la proportion de fumée. Enfin, il arrive un point où, par ces deux causes réunies, on n'aperçoit plus de fumée au sommet de la cheminée, et cet état de choses durera jusqu'à la fin de la charge : nous ne parlons ici que des fourneaux desservis chacun par une cheminée spéciale. Pour donner une idée de ce qui se passe pendant la durée d'une charge, nous rappellerons que, d'après les expériences précitées de la commission centrale des machines à vapeur, la quantité d'air qui passe à travers les barreaux de la grille d'un foyer alimenté avec de la houille de Mons, varie dans le rapport de 4 à 4, depuis le commencement jusqu'à la fin d'une charge, 2 représentant la quantité moyenne d'air qui serait nécessaire pour opérer la combustion complète du charbon dépensé, en supposant cette dépense proportionnelle au temps. On voit donc que la quantité d'air qui traverse la grille aussitôt après une charge est tout à fait insuffisante pour opérer la combustion complète des produits de la distillation.

Tous les procédés employés pour rendre cette combustion complète peuvent se ranger en trois classes :

1^o Ceux dans lesquels, sans rien changer d'ailleurs au fourneau, on brûle la fumée par un ou plusieurs jets d'air arrivant, par des ouvertures ménagées à diverses parties du fourneau, par l'appel de la cheminée;

2^o Ceux dans lesquels on fait usage de courants d'air forcé ou de jets de vapeur;

3^o Ceux où l'on fait usage de plusieurs grilles, ou d'une seule grille mobile avec trémie ou distributeur mécanique pour le chargement du combustible.

Les appareils de la première classe sont les plus simples, les moins coûteux, et peuvent donner des résultats très satisfaisants.

Nous nous contenterons de dire que la commission s'est assurée que dans les chaudières cylindriques à bouilleurs et foyer extérieur, telles qu'on les emploie ordinairement en France, il suffirait de faire arriver de l'air sur la sole par deux ouvertures placées à une faible distance au-delà de l'autel et au-dessus du niveau de ce dernier, et présentant une section telle qu'elle fût 1/6 à 1/4, de celle du vide entre les barreaux de la grille s'ils restaient constamment ouverts, et 1/2 à 1/3 si on les fermait au tiers ou à la moitié de l'intervalle qui sépare deux charges pour qu'il ne se produisit plus du tout de fumée noire et seulement, avec du charbon très fumeux, une faible quantité de fumée légère tout à fait

sans inconvénients pourvu que la cheminée dominât les maisons voisines, sans que la consommation en combustible fût augmentée; d'après la théorie, on devrait même réaliser une certaine économie sur le combustible, ce qui est arrivé dans certains cas, mais ce qui n'est pas ici le fait principal. Avec du charbon plus sec, on pourrait sans inconvénient diminuer les dimensions des ouvreaux : ceux-ci étaient pratiqués dans le massif même en briques du fourneau, et n'ont exigé qu'une journée de travail du maçon.

On peut également disséminer l'air par des plaques métalliques percées de trous, mais cela n'est pas nécessaire.

Nous ne parlerons pas ici de l'emploi d'un courant d'air forcé pour brûler la fumée, et nous renverrons à l'article COMBUSTIBLES, ou M. Ebelmen a traité ce sujet d'une manière aussi claire que précise et savante. Nous rappellerons seulement que, dans ce cas, il faut employer un générateur à courant d'air forcé et brûler les gaz combustibles résultants par un courant d'air également forcé; ce procédé est tout à fait fumivore et on peut employer des cheminées de 2 à 3^m seulement de hauteur, mais il exige une force motrice et ne peut, par suite, être appliqué dans beaucoup de cas; il faut d'ailleurs avoir soin de préserver les bouilleurs ou les chaudières, sur une partie de leur surface, au moyen d'un revêtement en briques réfractaires, afin de les préserver de la destruction rapide qui résulterait du contact des gaz et de l'air non encore brûlés à une température extrêmement élevée. On peut aussi, d'après M. Ebelmen, employer un générateur à combustion renversée et à grille inférieure, ce qui éviterait l'emploi d'une machine soufflante, tout en prévenant la production de la fumée; ces générateurs seraient analogues aux alandiers des fours à faïence et à porcelaine.

L'emploi de la vapeur d'eau indiqué d'abord par M. Fyfe, d'Édimbourg, pour brûler les houilles sèches et les anthracites, a été depuis appliqué avec succès sur les mines de houille du nord de la France; dans ce cas, on fait arriver au moyen d'une buse en tôle, dans le cendrier, qui est hermétiquement fermé, un filet de vapeur pris à la chaudière; il en résulte un courant d'air très actif affluant par la buse, et qui détermine une combustion très vive. Probablement aussi, une partie de la vapeur d'eau, en passant à travers le charbon incandescent, se décompose, et donne alors naissance à des gaz combustibles qui, en brûlant ensuite, produisent de la flamme : toujours est-il que celle-ci s'allonge considérablement et qu'il en résulte une économie très notable sur le combustible.

Ce système, tel que nous venons de le décrire, n'a aucun rapport avec la fumée, puisqu'il ne s'en produit pas avec les houilles sèches et anthraciteuses; mais, M. Jvison a imaginé de l'appliquer aux fourneaux alimentés avec des houilles grasses, comme moyen de prévenir la fumée, en faisant arriver un jet de vapeur non plus dans le cendrier, mais bien au-dessus de la grille. La vapeur est amenée dans le foyer par un petit tuyau adapté à la chaudière et qui se termine dans le foyer par une sorte d'éventail creux percé d'une dizaine de petits trous qui la disséminent au milieu du courant gazeux. La vapeur agit, comme dans le cas précédent, en déterminant un appel d'air, par des ouvertures ménagées exprès, suffisant pour produire la combustion de la fumée; l'effet de la vapeur est plutôt ici mécanique que chimique. D'après l'enquête anglaise on fait disparaître la fumée par l'emploi de ce procédé, selon les uns avec économie de combustible, selon les autres sans économie aucune, en tenant compte de la quantité de vapeur dépensée dans le foyer.

Parmi les procédés où l'on fait usage de plusieurs grilles, nous ne citerons que celui de M. Chanter, qui consiste essentiellement en ce qu'il fait usage de deux

grilles fixes distinctes placées à la suite l'une de l'autre, et dont la dernière est généralement à un niveau plus bas que la première. On charge la houille crue sur la première grille et lorsqu'elle est réduite à l'état de coke, en partie consommée, on la fait tomber sur la seconde; l'air passe aisément à travers cette dernière grille et sert à la combustion des gaz qui arrivent de la première grille; enfin, s'il n'arrive pas ainsi assez d'air, on en fait affluer une certaine quantité dans l'intérieur du fourneau par des ouvertures ménagées au-delà de la seconde grille. Ce procédé peut réussir, mais nous pensons que la seconde grille est superflue.

Il nous reste à dire quelques mots sur les distributeurs mécaniques et les grilles mobiles avec trémies.

La production de la fumée dans les fourneaux où la charge est intermittente tient, comme nous l'avons dit, à ce que la quantité d'air qui passe à travers les barreaux de la grille est un minimum immédiatement après la charge et pendant la période de distillation du combustible, précisément au moment où cette quantité devrait être un maximum; tandis qu'au contraire, à la fin de la charge, elle est un maximum et devrait être un minimum : un palliatif très simple consiste à alimenter la grille d'une manière continue au moyen de distributeurs mécaniques, qui n'ont d'autre inconvénient que d'être d'un prix élevé et d'exiger une certaine quantité de force motrice, et par suite la présence d'une machine, pour les mettre en mouvement. Ces distributeurs dus à M. Collier, et suivant les Anglais à M. Stanley, se composent essentiellement d'une trémie à débit continu, d'où la houille tombe entre deux cylindres broyeurs horizontaux, puis de là dans l'espace compris entre les deux axes de deux projecteurs circulaires contigus, placés dans le même plan horizontal, et qui, tournant en sens inverse l'un de l'autre, projettent continuellement la houille menue sur le foyer. La forme de ces projecteurs est ordinairement celle d'une roue composée d'une coquille conique droite et de six palettes trapézoïdales verticalement implantées autour de la coquille. Leur vitesse est considérable, de 200 tours environ par minute, plus ou moins, et on conçoit qu'ils doivent introduire une certaine quantité d'air au-dessus du combustible. En outre, chez M. Collier, on a remplacé le tissage du charbon par un mouvement oscillatoire de chacun des barreaux qui composent la grille. On fait varier la quantité de houille lancée sur la grille, en rapprochant ou éloignant l'un des cylindres broyeurs de l'autre.

Enfin, M. Juckes a imaginé d'employer une grille sans fin articulée, à peu près comme une large chaîne sans fin, de M. Galle, et qui passe sur deux lanternes mobiles sur leurs axes, et placées, l'une à l'avant en dehors du fourneau, et l'autre au-delà de l'extrémité du foyer. La grille est animée d'un mouvement de progression très lent de 2 à 3^m par heure environ. Le mouvement est communiqué par la machine à vapeur, que dessert la chaudière, ou par tout autre moteur, à l'aide de courroies, à l'axe de la lanterne de devant. Le combustible est chargé sur la partie antérieure de la grille au moyen d'une trémie fixe. La quantité de combustible entraînée par la grille est déterminée par la position de la porte du foyer, formant la paroi postérieure de la trémie, qui est mobile dans des coulisses verticales, et dont on règle la hauteur à volonté suivant l'épaisseur de combustible que l'on veut avoir sur la grille; l'air ne pénètre ainsi jamais dans le foyer qu'en passant entre les barreaux de la grille. Ceux-ci s'échauffent peu, il se forme peu de mâchefer, et celui-ci se détache, ainsi que les cendres, des barreaux de la grille, en passant sur la seconde lanterne; il faut que le mouvement soit assez lent pour que le combustible se consume entièrement en parcourant l'étendue de la grille, aussi est-il nécessaire d'augmenter les dimensions de la grille, d'en

FUMIGATION.

faire varier la vitesse de translation et l'écartement des barreaux, suivant les cas; le procédé est breveté en France et en Angleterre, mais les propriétaires de ce brevet ne l'ont pas encore assez étudié pour pouvoir agir sans tâtonnement, nous ne parlons pas sous le rapport de la fumée (nous nous sommes assurés que cet appareil est complètement fumivore dans tous les cas), mais bien sous celui de la production de vapeur; ainsi, sur deux appareils de ce genre, que nous connaissons à Paris, l'un a donné des résultats très satisfaisants, l'autre est fumivore, mais la chaudière ne peut plus produire qu'une quantité moitié moindre de vapeur environ, dans le même temps, avec une plus grande dépense en combustible, et pourtant cet appareil a été posé par le breveté lui-même.

Pour expliquer la fumivorité de cet appareil il suffit de se rappeler que l'adoption d'une grille animée d'un mouvement de rotation régulier et desservie par une trémie, produit une alimentation tout aussi régulière et continue que celle que donnent les distributeurs mécaniques, et que la couche de combustible qui recouvre la grille va sans cesse en diminuant du commencement à l'extrémité de la grille où elle est pour ainsi dire nulle; de telle sorte qu'il doit arriver dans le fourneau à travers la grille une quantité d'air considérable, et probablement bien plus que suffisante pour produire la combustion complète de la fumée. Quelques analyses des gaz résultant de cette combustion nous mettront à même de résoudre prochainement cette question.

Au lieu d'employer des grilles, comme celles que nous venons de décrire, M. Juckes emploie aussi des grilles circulaires animées d'un mouvement de rotation sur elles-mêmes.

Nous donnerons une idée de l'importance de la question que nous venons de traiter, en indiquant sommairement le nombre et la progression des chaudières à vapeur en France, d'après les derniers renseignements recueillis par l'administration. Nous diviserons les chaudières à vapeur en deux catégories, les chaudières calorifères et les chaudières motrices, c'est-à-dire qui alimentent des machines à vapeur.

Chaudières à vapeur fixes établies sur terre.

ANNÉES.	CHAUDIÈRES CALORIFÈRES.		CHAUDIÈRES MOTRICES.		MACHINES À VAPEUR.	
	Nombre.	Force ch. v.	Nombre.	Force ch. v.	Nombre.	Force ch. v.
1842	4,619	4,292	3,053	39,009		
1843	4,698	4,652	3,369	42,514		
1844	4,882	5,055	3,645	45,780		
1845	2,020	5,674	4,444	50,488		
1846	4,784	6,239	4,395	54,468		

Bateaux à vapeur pour la navigation intérieure.

ANNÉES.	MACHINES À VAPEUR.	
	Nombre.	Force chevaux vapeur.
1836	422	4,148
1837	450	5,408
1838	207	7,493
1839	300	41,297
1840	263	44,422
1841	291	44,856
1842	337	44,794
1843	392	42,748
1844	382	42,789
1845	446	48,050
1846	513	49,774

Locomotives.

ANNÉE.	A 4 ROUES.		TOTAL.
	57	404	
1846			461

P. DEBETTE.

FUSIBILITE.

FUMIGATIONS. Dans un grand nombre de circonstances, telles que la décomposition des matières organiques ou l'accumulation d'un grand nombre d'individus dans un lieu resserré, l'atmosphère devient plus ou moins impropre à la respiration, et il est alors nécessaire, soit de recourir à l'effet d'une ventilation énergique, ce qui est encore ce qu'il y a de mieux, soit d'employer des fumigations, qui décomposent les miasmes répandus dans l'air.

Le chlore est sans contredit le meilleur moyen pour parvenir à ce dernier effet, mais répandu en trop grande quantité dans l'atmosphère, il peut devenir nuisible par l'action irritante qu'il exerce sur l'économie animale; il vaut beaucoup mieux, sous ce rapport, se servir de chlorures alcalins, (voyez CHLORURES DÉCOLORANTS), du chlorure de chaux, par exemple, dont le prix est peu élevé, et que l'on peut aisément se procurer; l'emploi des chlorures alcalins présente cet avantage que le chlore ne se dégage que lentement et au fur et à mesure qu'il est déplacé par l'acide carbonique existant dans l'air ou provenant de la décomposition des miasmes. On dissout ordinairement le chlorure de chaux dans environ cent fois son poids d'eau.

FUSÉE A LA CONGREVE. Voyez ARTIFICES DE GUERRE.

FUSÉE VOLANTE. Voyez (feux d'ARTIFICE).

FUSIBILITÉ (angl. fusibility, all. schmelzbarkeit). La difficulté d'apprécier exactement les hautes températures, ne permet pas d'indiquer d'une manière précise la température de fusion de la plupart des métaux; nous allons cependant donner ces températures, en degrés du thermomètre centigrade, telles qu'elles sont généralement admises, en indiquant à la suite le nom de l'observateur.

Mercure.	— 39°	Gay-Lussac.
Potassium.	+ 58	Gay-Lussac.
Sodium.	90	Gay-Lussac.
Étain.	230	Kupfer.
Dito.	239	Daniell.
Bismuth.	246	Daniell.
Plomb.	312	Guyton-Morveau.
Dito.	322	Dalton et Crighton.
Dito.	354,5	Daniell.
Tellure.	entre le plomb et l'antimoine.	
Arsenic.	fusible et volatil au-dessous du rouge.	
Cadmium.	360	
Zinc.	370	Brongniart.
Dito.	444	Daniell.
Antimoine.	432	Daniell.
Argent.	1022	Daniell.
Cuivre.	1092	Daniell.
Or.	1102	Daniell.
Fonte grise.	1587	Daniell.
Acier.	entre la fonte et le fer.	
Manganèse.	entre la fonte et le fer.	
Nickel.	entre la fonte et le fer.	
Fer forgé.	2118	Clément-Désormes.
Palladium,	} presque infusibles et s'agglomérant seulement en petits globules fondus, au feu de forge le plus violent.	
Molybdène,		
Urane,		
Tungstène,		
Chromé,		
Titane,		
Cérium,		
Osmium,		} infusibles au feu de forge le plus violent; fusibles au chalumeau à gaz oxygène et hydrogène.
Iridium,		
Rhodium,		
Platine,		

FUSIL. Voyez ARMES A FEU.